

# UCUENCA

## Universidad de Cuenca

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Carrera de Agronomía

**Evaluación de enmiendas cálcicas y distancias de siembra en la producción de *Solanum tuberosum* L. (Super Chola) en Nabón**


Trabajo de titulación previo a la  
obtención del título de Ingeniero  
Agrónomo

**Autor:**

Jessica Alexandra Ramón Jaya

**Director:**

Fernando Gerardo Bermúdez

ORCID:  0000-0002-6998-8083

**Cuenca, Ecuador**

2024-08-06

### Resumen

En la provincia del Azuay, Cantón Nabón- Belén a 2675 m.s.n.m, en un Andosol, con textura arcillo-limosa, un pH de 5.6, con N-P-K (bajo-bajo-medio), se llevó a cabo este ensayo, con el propósito de observar si las enmiendas cálcicas en el suelo afectaban sus características físico-químicas, y el desarrollo del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L. var *Superchola*). Se desarrolló un diseño bifactorial siendo las enmiendas cálcicas en diferentes dosis de  $\text{CaCO}_3$ , 40  $\text{ml m}^{-2}$  y 60  $\text{ml m}^{-2}$  de sacarato de calcio, con dos distancias de siembra (0,30 m \* 1 m y 0,50 \* 1 m), lo cual resultó en 12 tratamientos bifactoriales, 4 repeticiones, 48 UE. El suelo se caracterizó al inicio y fin del cultivo. Para analizar los datos se utilizó el Infostat. El pH del suelo presentó ds entre los tratamientos. La CE al final del cultivo si hubo ds. Los Macronutrientes (NPK), se incrementaron, el Ca se incrementó notablemente con excepción del T2, el Cu solo el T5, T7 y T11 no incrementó su valor, el Mn no tuvo un comportamiento regular, solamente el Fe sufrió un decremento en todas las factoriales con excepción del T2. Las variables fenológicas analizadas, aunque presentaron (ds), no influyeron en los resultados de productividad. El peso de tubérculos por planta (ns), el número de tubérculos por planta si presentó ds. El rendimiento presentó (ds), se obtuvo mayor productividad en la T1 (1  $\text{kg m}^{-2}$   $\text{CaCO}_3$  por la distancia de 1m x 0,30 m) con 23,50  $\text{t ha}^{-1}$ .

*Palabras clave del autor:* enmiendas cálcicas, sacarato de calcio, acidez, papa



El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Cuenca ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por la propiedad intelectual y los derechos de autor.

**Repositorio Institucional:** <https://dspace.ucuenca.edu.ec/>

### Abstract

In the province of Azuay, Cantón Nabón- Belén at 2675 meters above sea level, in an Andosol, with a clay-silt texture, a pH of 5.6, with N-P-K (low-low-medium), this test was carried out, with the purpose of to observe if calcium amendments in the soil affected its physical-chemical characteristics, and the development of the potato crop (*Solanum tuberosum* L. var Superchola). A two-factor design was developed with calcium amendments in different doses of CaCO<sub>3</sub>, 40 ml m<sup>-2</sup> and 60 ml m<sup>-2</sup> of calcium saccharate, with two planting distances (0.30 m \* 1 m and 0.50 \* 1 m ), which resulted in 12 bifactorial treatments, 4 repetitions, 48 EU. The soil was characterized at the beginning and end of the crop. Infostat was used to analyze the data. The soil pH showed ds between the treatments. The EC at the end of the crop if there were ds. Macronutrients (NPK) increased, Ca increased notably with the exception of T2, Cu only T5, T7 and T11 did not increase its value, Mn did not have a regular behavior, only Fe suffered a decrease in all the factorials with the exception of T2. The phenological variables analyzed, although they presented (ds), did not influence the productivity results. The weight of tubers per plant (ns), the number of tubers per plant if it presented ds. The yield presented (ds), higher productivity was obtained in T1 (1 kg m<sup>-2</sup> CaCO<sub>3</sub> for the distance of 1 m x 0.30 m) with 23.50 t ha<sup>-1</sup>.

*Author keywords: calcium amendments, calcium saccharate, acidity, potato.*



The content of this work corresponds to the right of expression of the authors and does not compromise the institutional thinking of the University of Cuenca, nor does it release its responsibility before third parties. The authors assume responsibility for the intellectual property and copyrights.

**Institutional Repository:** <https://dspace.ucuenca.edu.ec/>

## Índice de contenido

Agradecimientos .....	8
Dedicatorias .....	9
1. Introducción .....	10
2. Objetivos: .....	11
2.1 Objetivo General: .....	11
2.2 Objetivos Específicos: .....	11
3. Revisión Bibliográfica .....	12
3.1 Origen de la Papa .....	12
3.2 Distribución geográfica .....	12
3.2.2 Requerimientos Climáticos .....	12
3.3 Variedades .....	13
3.4 Morfología de la papa .....	14
3.5 Suelos aptos para el cultivo de Papa .....	15
3.5.1 Preparación del suelo .....	15
3.5.2 Arado .....	15
3.5.3 Surcado .....	15
3.6 Semilla .....	16
3.7 Fertilización y abonadora .....	16
3.8 Cosecha: .....	16
3.9 Comercialización .....	17
3.10 Absorción de nutrientes de la papa ( <i>Solanum Tuberosum</i> ) var. Super Chola. ....	17
3.11 Importancia del pH en cultivos .....	18
3.12 Enmiendas cálcicas .....	18
3.12.1 Tipos de Enmiendas Cálcicas para corrección de pH .....	18
Óxido de Calcio (CaO) .....	19
Hidróxido de Calcio (Ca (OH) <sub>2</sub> ) .....	19
Selección del Material Encalante .....	19
Grano de finura .....	19
Valor de Neutralización .....	20
3.12.2 Efectos de las Enmiendas Cálcicas en el Suelo .....	21
4.1 Materiales .....	22
4.2 Características del Lugar .....	22

4.2.1 Área de estudio:.....	22
4.3 Metodología.....	23
4.3.1 Especificaciones de la Unidad Experimental .....	23
4.4 Diseño Experimental: .....	24
Diseño de las parcelas Experimentales. ....	25
4.5 Metodología para el objetivo 1: .....	25
4.6 Metodología para el objetivo 2: .....	26
4.7 Metodología para el objetivo 3: .....	27
5. Resultados y Discusión .....	28
5.1. Resultados Obtenidos para el Objetivo 1 .....	28
5.2 Resultados para el Objetivo 2 .....	30
5.2.1 Porcentaje de emergencia .....	30
5.2.2 Altura de la planta (cm).....	31
5.2.3 Número de Inflorescencias por planta .....	32
5.2.5 Número de Tubérculos por planta. ....	34
5.2.7 % Mortalidad.....	36
5.3 Resultados para el Objetivo 3 .....	36
5.3.1 pH del suelo .....	37
5.3.2 Conductividad Eléctrica .....	39
5.3.3 Macro y micro elementos .....	40
Nitrógeno (N) .....	42
Fosforo (P).....	42
Potasio (K).....	44
Calcio (Ca) .....	45
Magnesio .....	46
Zinc (Zn) .....	47
Cobre (Cu) .....	48
Hierro (Fe).....	49
Manganeso (Mn).....	50
6. Conclusiones: .....	51
7. Referencias: .....	54

## Índice de figuras

Figura 1: Morfología de la papa (Cuesta et al. 2022). .....	14
Figura 2: Eficiencia relativa de Calcitas y Dolomitas según el grano de finura (Campillo & Sadzawka, 2015) .....	20
Figura 3: Características y valor neutralizante relativo de diferentes tipos de materiales encalantes (Campillo & Sadzawka, 2015). .....	20
Figura 4: Ubicación del Predio para el proyecto de investigación. ....	23
Figura 5: Ubicación de unidades experimentales .....	25
Figura 6: Porcentaje de emergencia de la papa <i>Solanum tuberosum</i> L. var. Superchola.....	31
Figura 7: Altura (cm), datos recolectados a 3 fechas diferentes para analizar el comportamiento del crecimiento de la planta de <i>Solanum tuberosum</i> L. var Superchola.....	31
Figura 8: Número de inflorescencias por planta obtenidas de la aplicación de las diferentes enmiendas cálcicas y distancias de siembra a los 81 días después de haber sido sembradas. ....	33
Figura 9: Peso de tubérculo por planta para cada uno de los tratamientos factoriales. ....	34
Figura 10: Número de tubérculos por planta bajo el efecto de diferentes enmiendas cálcicas. ....	34
<i>Figura 11: Resultados obtenidos para la variable toneladas/ ha.....</i>	<i>35</i>
Figura 12: Porcentaje de mortalidad presente en el cultivo de papa ( <i>Solanum tuberosum</i> L. var Superchola).....	36
<i>Figura 13: Comportamiento de pH a lo largo de la experimentación al aplicar dosis crecientes de enmiendas cálcicas con diferentes distancias de siembra. ....</i>	<i>38</i>
Figura 14: Comportamiento de CE durante el periodo de experimentación de la aplicación de diferentes enmiendas cálcicas. ....	40
Figura 15: Comportamiento del N a lo largo de la experimentación .....	42
Figura 16: Comportamiento del P a lo largo de la experimentación.....	43
Figura 17: Incremento de Potasio con la aplicación de enmiendas cálcicas .....	44
Figura 18: Incremento de Ca luego de la aplicación de diferentes enmiendas cálcicas .....	45
Figura 19: Comparación del comportamiento del Mg tras la aplicación de enmiendas cálcicas. ....	46
Figura 20: Comportamiento del Zinc luego de las aplicaciones de enmiendas cálcicas.....	47
Figura 21: Comportamiento del cobre debido a la aplicación de enmiendas cálcicas. ....	48
Figura 22: Comportamiento del hierro tras haber aplicado enmiendas cálcicas .....	49
Figura 23: Comparación del Mn inicial con los valores obtenidos al final de la experimentación.....	50

### Índice de tablas

Tabla 1: “Requerimientos edafoclimáticos para el cultivo de papa” (Toledo, A et al., 2008).	13
Tabla 2: Variedades más cultivadas en diferentes zonas de la sierra (Cuesta Xavier et al., 2022) .....	13
Tabla 3: Tratamientos Factoriales aplicados en el cultivo de papa ( <i>Solanum tuberosum</i> L. var. Super Chola).....	24
<i>Tabla 4: Caracterización del suelo al inicio de la investigación.....</i>	<i>29</i>
Tabla 5: Características químicas del suelo al final de la experimentación. ....	37
Tabla 6: Características químicas (macroelementos y microelementos) presentes al final de la experimentación.....	41

**Agradecimientos**

A mis papás, Jorge Emiliano Ramón y Martha Cecilia Jaya por haber sido mi pilar fundamental a lo largo de esta profesión, por su amor, trabajo y sacrificio puesto en cada periodo académico. Gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí. Es un orgullo y privilegio formar parte de sus vidas.

Con profunda estima, gracias de corazón a mi tutor el Ing. Agr. Fernando Gerardo Bermúdez PhD, por su paciencia, motivación, apoyo, con su dedicación docente y su inestimable guía ha hecho fácil lo difícil, para mí ha sido un privilegio contar con su apoyo durante este largo trayecto.

Expreso mi agradecimiento para los revisores de mi proyecto de investigación, el Ing. Agr. Pedro Zea MSc y Econ. Carlos Torres Inga MSc, sus perspicaces observaciones y recomendaciones han sido cruciales para la consolidación de este trabajo.

Gracias a todos los docentes de la Universidad de Cuenca, facultad de Agronomía por haberme compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación para llegar a ser Ingeniera Agrónoma.

Agradezco de corazón a todas las personas que han hecho lo posible para apoyarme incondicionalmente durante mi formación académica.



**Dedicatorias**

Este proyecto de investigación va dedicado a mis papás Jorge Emiliano Ramón y Martha Cecilia Jaya, quienes con su amor, paciencia y dedicación me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo del esfuerzo y la valentía.

A mis querido/as abuelito/as por siempre creer en mí, en mi capacidad de lograr cumplir un sueño más, por siempre estar pendientes de que me encuentre bien y feliz. Gracias por esas palabras de aliento para que pueda lograr ser una persona de bien a pesar de las adversidades.

A todos mis tíos y tías por siempre estar motivándome a seguir siempre adelante demostrándome que con amor, trabajo y sacrificio se puede obtener todo lo que deseamos. Gracias en especial a Blanca Jaya y Rosa Jaya por haberme apoyado incondicionalmente durante esta larga travesía demostrándome su cariño y su entusiasmo para que yo pueda culminar mis estudios.

A mis hermanos, por ser motivo de fortaleza y admiración, por siempre alegrar cada uno de mis días y por ser un motivo a seguir adelante día a día.

A todas las personas que me han apoyado y han hecho posible que esta travesía sea mucho más fácil, a quienes me han acompañado y me han brindado su apoyo moral todo este tiempo.

## 1. Introducción

La papa (*Solanum tuberosum*) es el cuarto cultivo más importante del mundo con 17 millones de hectáreas cultivadas, en Ecuador 88130 productores cultivan este tubérculo (Cuesta et al., 2022). En el año 2023, para la provincia del Azuay la producción del cultivo de papa fue de 14,24 t/ha (SIPA, 2023).

En nuestro país, el manejo del cultivo de "*Solanum tuberosum* L" se realiza de manera empírica por los productores sin poseer sistemas de monitoreo de variables climáticas ni análisis de suelo. Según Almeida et al. (2015), mencionaron que de los resultados obtenidos en su investigación denominada "Principales problemáticas que afectan el desarrollo del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.)", se encontró que el rendimiento de *Solanum tuberosum* L se ve afectado por la acidez del suelo, tamaño de la semilla, distancia de plantación, uso de fertilizantes, e inadecuadas condiciones edáficas (Almeida et al., 2015). Según Molina et al. (2004), los suelos aptos para la producción de papa (*Solanum tuberosum*), deben tener un pH del suelo entre 6,5 a 7 (Molina et al., 2004). Un estudio realizado por Tuncay (2018), señaló que el calcio es un nutriente esencial para el crecimiento y desarrollo de las plantas y su deficiencia puede afectar negativamente la calidad del producto final. El mismo estudio demostró que la adición de enmiendas cálcicas al suelo puede mejorar la calidad y cantidad del cultivo de papa (Tuncay, 2018).

En Chapingo, México para corregir el pH del suelo se mencionó que la aplicación de productos a base de calcio es uno de los tratamientos químicos básicos usados para inactivar el aluminio (Al) intercambiable. Aguilar-Acuña et al. (2003), recomiendan la aplicación de carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) en la papa, en dosis de 2 t/ ha, mejorando la disponibilidad de P en el suelo (Aguilar-Acuña et al., 2003).

Para que un cultivo de papa se desarrolle de manera óptima aprovechando el suelo al máximo se considera que la distancia de siembra y el peso del tubérculo es primordial para lograr un mejor rendimiento (Pacheco, 2017). La distancia de siembra depende de la variedad, condiciones de crecimiento y fertilidad del suelo. Se menciona también que, si se incrementa la densidad de tallos para lograr una tasa de multiplicación mayor, se cosechará mayor número de tubérculos (Paz, 2010). En un estudio realizado por Pacheco (2017), demostró que la densidad de siembra puede afectar el rendimiento y calidad del cultivo de papa. Los resultados del estudio indicaron que una mayor densidad de siembra puede incrementar el rendimiento, pero también puede disminuir el tamaño de los tubérculos (Pacheco, 2017).

Para el Cantón Nabón, a partir de los años 60 al darse la revolución verde, dio inicio a experimentar un auge en la producción agrícola produciendo trigo, cebada, maíz y papas, pero se menciona que después de los años 70s, se observó el deterioro de los suelos y a su vez la producción se redujo (Lang. M, 2018). Hoy en día se cultiva papa (*Solanum tuberosum* L) con fines de sustento familiar mas no de comercialización debido a que los rendimientos de producción han disminuido considerablemente, es por ello que al poder usar enmiendas cálcicas para la aplicación del suelo podría brindar una mayor disponibilidad de nutrientes normalizando el pH y garantizando que los cultivos de papa sean un éxito y a su vez mejoraría la situación económica de las familias del cantón Narbonense y sus alrededores.

## **2. Objetivos:**

### **2.1 Objetivo General:**

Evaluar dosis de enmiendas cálcicas y distancia de siembra en la producción de *Solanum tuberosum* L. (Superchola) en Nabón.

### **2.2 Objetivos Específicos:**

1. Determinar las características iniciales físico- químicas del suelo de la zona de estudio en el cantón Nabón.
2. Evaluar variables fenológicas en un cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L. var *Superchola*) con la aplicación de dosis crecientes de enmiendas cálcicas a dos distancias siembra.
3. Evaluar las características del suelo al final de la experimentación.

### 3. Revisión Bibliográfica.

#### 3.1 Origen de la Papa

La papa silvestre crece desde el sur de Chile hasta el suroccidente de EEUU. La mayoría de variedades cultivadas se agrupan dentro de la especie *Solanum tuberosum* L, presenta estolones largos donde se forman tubérculos. Las personas que cultivaban la papa abarcaron grandes variedades con diferentes colores de piel y carne a comparación de las especies silvestres, siendo así que también se estableció en ciertas poblaciones la selección de poblaciones por el tiempo de madurez, periodo de dormancia, tipos de estrés, la resistencia a plagas y enfermedades tratando siempre de buscar la mejor variedad para cada sector (Rodríguez, 2010).

La domesticación de la papa pudo haber sido realizada por los Incas o civilización Preinca, los datos antropológicos consistentes en hallazgos de tazas y vasijas de barro semejando al tubérculo pertenecen a 2500 a 5000 años antes de Cristo. Los primeros europeos que conocieron estas plantas, fueron un grupo de conquistadores españoles pertenecientes al ejército de Pizarro bajo el mando de Gonzalo Jiménez de Quesada, siendo quien subiría hacia los andes a través del Río Magdalena en Colombia. Después de varios años la papa permaneció en Europa como una curiosidad botánica, pero para pasar a ser un alimento ha tardado muchos años (Monreal Pinal, 2001).

#### 3.2 Distribución geográfica

La papa ha sido uno de los cultivos que se ha explotado a gran escala ocupando el quinto lugar por el alto consumo ya que es un alimento completo y muy nutritivo al momento de consumirla, es una gran fuente de energía y contiene proteínas que son indispensables para el cuerpo humano. La mayor producción se concentra en Europa en los dos últimos siglos, a nivel mundial la producción ha disminuido hasta en un 0,5 % desde la segunda guerra mundial mientras que únicamente en América del Norte, Oceanía y Latinoamérica han aumentado hasta un 3 % (Monreal Pinal, 2001).

##### 3.2.2 Requerimientos Climáticos

Para un adecuado desarrollo del cultivo de papa se requiere de ciertas condiciones bióticas y abióticas, que se requieren en el sistema de regulación y estímulo de la planta. Por lo cual, intervienen factores para establecer el cultivo como la radiación lumínica, temperatura, agua, nutrientes, interactúan con receptores de la más amplia gama de la naturaleza (Toledo, A et al., 2008).

*Tabla 1: "Requerimientos edafoclimáticos para el cultivo de papa" (Toledo, A et al., 2008)*

<b>Altitud</b>	2600-3600 msnm
<b>Temperatura</b>	15-20°C
<b>Precipitación</b>	600-1500mm
<b>Suelo</b>	Francos, profundo y buen contenido de materia orgánica
<b>Ph</b>	6-7

### 3.3 Variedades

En la Sierra Ecuatoriana existen tres zonas principales productoras de papa las cuales se cultivan diferentes variedades de acuerdo a los gustos del mercado local.

*Tabla 2: Variedades más cultivadas en diferentes zonas de la sierra.*

<b>Zona de cultivo</b>	<b>Variedades</b>	<b>Preferencias</b>
Norte (Carchi)	Violeta, Chola, INIAP-Esperanza, INIAP-Gabriela	Piel clara, carne crema, y alto contenido de materia seca.
Central (Pichincha, Cotopaxi, Tungurahua)	INIAP-Sta. Catalina, Chola, Super Chola, Uvilla, Bolona, INIAP-Gabriela, INIAP-Sta. Catalina	Piel rosada, rosado crema, carne amarilla y alto contenido de materia seca.
Sur (Bolívar, Chimborazo, Cañar, Azuay)	Uvilla, Bolona, INIAP-Maria, INIAP-Sta. Catlina, Chauchas	Piel clara, forma esferica, carne amarillo crema, alto contenido de materia seca.

La papa *Solanum Tuberosum* var. Super Chola fue obtenido por el Sr. German Bastidas de la provincia del Carchi tras realizar combinaciones genéticas entre: (Rosita x Curipamba) x S. phureja] x Chola normal) x Chola 1,2,3), se caracteriza por tener un rendimiento de 20-30 t/ha., una de las ventajas es que se puede producir sobre los 2800 a 3400 m.s.n.m, se considera una variedad de maduración tardía que oscila entre los 180-210 días, puede ser susceptible a la lancha (*Phytophthora infestans* Mont. de Bary), algo resistente a roya (*Puccinia piittieriana* P. Hennings) y resistente al nemátodo del quiste (*Globodera pallida* Stone Behrens) (Cuesta et al., 2022).

### 3.4 Morfología de la papa

**Planta:** Es de naturaleza herbácea, hábito de crecimiento erecto, presenta tallos pigmentados y alas onduladas (Cuesta et al., 2022).

**Hoja:** Son de tipo compuestas, presentan 4 pares de folíolos laterales, un folíolo terminal, dos a tres pares inter hojuelas, estas tiene la función de realizar la fotosíntesis, son diseccionadas con un color verde intenso (Cuesta et al., 2022).

**Inflorescencia:** Nace en el extremo terminal del tallo, el número de flores va entre 4-25, su flor es morada con forma de corola estrellada y como color secundario se presenta el blanco (Cuesta et al., 2022).

**Tubérculo:** Es la parte comestible de la planta, su forma es ovalada, su color es rosado combinado con blanco o crema, su pulpa es de color amarillo intenso mientras que después del periodo de dormancia sus brotes son de color blanco con base violeta (Cuesta et al., 2022).

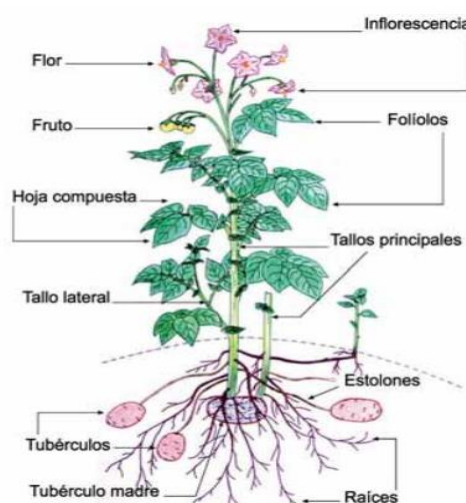


Figura 1: Morfología de la papa (Cuesta et al. 2022).

### **3.5 Suelos aptos para el cultivo de Papa**

Para el cultivo de papa, se recomienda los francos, francos arenosos, francos limosos y francos arcillosos, con un buen drenaje de color oscuro, profundidad efectiva mayor a 0.50 m, debe tener un contenido de materia orgánica (MO) mayor a 3.5 % y con una topografía plana, semiplana o con una pendiente de 4 hasta 8 %. Dentro de las propiedades químicas se recomienda cultivar en suelos que cuenten con un pH de 5,5 a 6, N variable, P mayor a 28 mg kg<sup>-1</sup>, K mayor al 5 % y con una conductividad eléctrica menor a 4 dSm<sup>-1</sup>,. mientras que en propiedades biológicas debe existir gran presencia de microorganismos beneficiosos para garantizar la fertilidad del suelo (Pallais, 2004).

#### **3.5.1 Preparación del suelo**

Se recomienda hacer con una gran anticipación para favorecer la descomposición de los residuos obtenidos de la cosecha del cultivo anterior y a su vez garantizaría una germinación anticipada de malezas para poder aplicar un control a tiempo. Se debe considerar que el sistema radicular de la papa es muy débil y corto con una profundidad de 30 cm y debe estar bien mullido. En suelos con condiciones de ladera se debe realizar esta preparación de forma manual realizando surcos a curvas de nivel e implementando obras de conservación para evitar el deslizamiento del suelo, mientras que en zonas planas o con poca pendiente las actividades de labranza se pueden hacer de forma mecánica o con tracción animal (Pallais, 2004).

#### **3.5.2 Arado**

La papa se puede acoplar a casi todos los suelos, pero se prefiere suelos profundos, fértiles, porosos y bien drenados. La preparación del suelo se realiza con el fin de obtener una buena cama de siembra y para eliminar malezas, el número de labores necesarias dependen de la forma de rotación del suelo. Se realiza un arado denominado Barbecho que consiste en romper el suelo para enterrar algún tipo de resto del cultivo anterior. Luego procede el proceso de Cruza que consiste en labrar la tierra nuevamente con la finalidad de reducir el tamaño de las partículas del suelo y posteriormente se realiza el trazado de los surcos ya sea con ayuda de una maquinaria agrícola o a su vez de una yunta que consiste en tracción animal (Santos & Accatino, s.f.).

#### **3.5.3 Surcado**

El surcado va depender de la variedad de la papa a cultivar, se deben hacer surcos a distancias de 1 a 1,20 m de separación en sentido opuesto a la pendiente, se debe considerar que mientras más grande sea el grado de inclinación pues mayor será la distancia entre surcos. Esta práctica puede realizarse de manera manual o mecánica (Lucero, 2011).

### 3.6 Semilla

La semilla de papa debe proceder de plantas madres sanas, libre de virus, plagas y enfermedades, en lo posible certificada o mínimamente seleccionada (F. Bermúdez, 2024). La reproducción de la papa es de forma asexual, debe ser semilla de buena calidad, sin heridas y de la misma variedad presentando brotes cortos y vigorosos, lo recomendable es usar una semilla de 60 gramos o a su vez dos semillas de 30 gramos por sitio para la siembra, siendo desinfectada días antes de la siembra a base de Iprodione y Sulfato de cobre pentahidratado Phytol en dosis de 100 gramos y 200 cm cúbicos colocado en 100 litros de agua sumergiéndole por 5 minutos en el desinfectante preparado (Lucero, 2011).

### 3.7 Fertilización y abonadora

La fertilización se debe realizar en base al análisis de suelos del lugar a ser establecido el cultivo de papa (F. Bermúdez, 2024). Autores como Lucero (2011), recomiendan que cuando la semilla ya este colocada en el surco se debe colocar a chorro continuo gallinaza (200 sacos por ha) previamente descompuesto, se debería adicionar sacos de 50 kg de Muriato de Potasio más dos sacos de Urea por hectárea a los 45 o 60 días después de la siembra de preferencia que coincida con el rascadillo o medio aporque.

Según Morales Hernández et al. (2013), mencionó que la fertilización del cultivo de papa permite mantener e incrementar el rendimiento y la calidad de los tubérculos, se basa en analizar los requerimientos nutricionales que permitan estimar la dosis necesaria para el cultivo de diferentes formas matemáticas y de formas gráficas. Cabe reconocer que esta actividad representa alrededor del 20 % de los costos totales de producción (Morales Hernández et al., 2013).

Se debe reconocer que no existe una dosis única que el productor pueda usar en el cultivo, sino esto varía de acuerdo al clima y suelo, variedad y manejo agronómico, del conocimiento y nivel tecnológico y de las características propias que presenta el agricultor. La dosis de Fertilización es igual a la demanda del nutriente menos el suministro del nutriente dividido para la eficiencia de fertilización (Sandaña, 2014).

### 3.8 Cosecha:

La cosecha corresponde al fin de la etapa del cultivo, se efectúa cuando los tubérculos de la planta alcanzan su madurez caracterizándole cuando las plantas se ponen amarillentas y flácidas. La cosecha corresponde a la separación de los tubérculos de la planta madre, por ello, se remueve el suelo para recolectar los tubérculos de sus estolones. Se considera una actividad de alto riesgo dado que los tubérculos pueden sufrir daños al momento de ser cosechados y mucho más si se usa algún medio mecánico (Lucero, 2011).



### 3.9 Comercialización

La papa es uno de los productos cultivados en el Ecuador, es más comercial y la demanda en los mercados aumentó debido al crecimiento económico y poblacional del país. Además, es uno de los principales cultivos tradicionales, orientado al consumo interno de los habitantes. En el año 2005, existen datos que indican que la superficie cosechada de papa en el país fue de 42,558 Ha, lo que originó una producción de 431 mil toneladas métricas (t). Las provincias de Carchi, Pichincha, Cotopaxi, Tungurahua y Chimborazo concentraron el 80% de la producción de papa, las mayores extensiones de cultivo son: Carchi (18.2%) Chimborazo (18%), Cotopaxi (15.8%), Tungurahua (13.9%) y Pichincha (10.2%). Los grandes productores de papa en la provincia del Carchi, tienen un rendimiento de 34 t/ha, esto es comercializado directamente a empresas procesadoras de la provincia de Pichincha como Supermercados, Chips, Snack's, acortando la cadena de comercio y generando mayor rentabilidad (Chávez, 2007). Los mercados mayoristas de Carchi e Imbabura abastecen de producto a los minoristas y la transporta hasta destinos como Guayaquil, Ambato y Quito, en el segundo caso el mercado de Imbabura es un mercado que distribuye la papa a los mercados minoristas y detallistas. En ciertos casos los intermediarios se encargan de vender en mercados de destinos como Quito, Cotopaxi y Tungurahua (Basantes et al., 2019). El costo del quintal de papa puede llegar a costar 10 USD como mínimo, en época de escasez puede subir el valor a 33 USD hasta más, esto va variando en cuanto a la disponibilidad o demanda del producto.

### 3.10 Absorción de nutrientes de la papa (*Solanum Tuberosum*) var. Super Chola.

La nutrición mineral es aquel factor que contribuye a mejorar el rendimiento y calidad de la papa por lo que debe ser aplicado en función de las cantidades y épocas que se requiere, por lo que el conocimiento de la absorción de nutrientes se debe vincular directamente con la eficiencia de la recuperación de fertilizante, época de siembra, condiciones de clima, manejo del cultivo, sistemas de irrigación, y con gran importancia el pH del suelo. La utilización de la semilla también es un factor de calidad para la obtención de buenos rendimientos (Arteaga et al., 2022).

Según Sifuentes Ibarra et al., (2013), mencionó que el cultivo de papa absorbe 220, 20, 240, 60 y 20 kg ha<sup>-1</sup> de N, P, K, Ca y Mg para lograr una producción de 20 t/ha evidenciando altos requerimientos nutricionales (Sifuentes Ibarra et al., 2013).

### 3.11 Importancia del pH en cultivos

Alrededor del 40 % de las tierras del mundo son suelos ácidos con un pH menor a 5,5, provocados por las reacciones del agua con  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$  y  $\text{NO}_3$ , que liberan  $\text{H}^+$  a la solución. De esta forma ocurre una alta proporción de sitios de intercambio saturado por  $\text{Al}^{3+}$  generando problemas de toxicidad y baja disponibilidad de nutrientes afectando la absorción de  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  (Rosas et al., 2017).

El pH óptimo de los suelos agrícolas debería variar entre 6.7 y 7 con el fin de obtener buenos rendimientos del cultivo, y depende también de los requerimientos de cada cultivo, altura (msnm), o si están en la zona tórrida o ecuatorial (F. G. Bermúdez, 2007). El pH de un suelo influye en la disponibilidad de los nutrientes de las plantas, puede ser el principal motivo para que se presente deficiencia, toxicidad o niveles inadecuados en la disponibilidad de nutrimentos (Ibarra Castillo et al., 2009).

Los suelos con acidez elevada tienen la característica de presentar menor agregación determinando menor permeabilidad y aireación debido a que los cationes divalentes actúan a través de puentes catiónicos como vínculos entre cristales de arcilla. Existen cultivos que destacan su mayor productividad en suelos ácidos como el arándano, pero en el cultivo de papa ocurre lo contrario, por ello cada especie y variedad cuenta con un rango de pH óptimo (Magra & Ausillo, 2020).

### 3.12 Enmiendas cálcicas

Existen algunos métodos para determinar las necesidades de enmiendas cálcicas en el suelo por lo que se considera problemas de acidificación a suelos con pH menor a 6. Las enmiendas cálcicas al ser incorporadas al suelo modifican propiedades físicas y químicas. La corrección de la acidez se basa en la neutralización de los hidrogeniones de la solución del suelo desplazando a aquellos ubicados en sitios de intercambio del complejo de bases metálicas como el Calcio (Magra & Ausillo, 2020).

#### 3.12.1 Tipos de Enmiendas Cálcicas para corrección de pH

Los tipos de enmiendas cálcicas más usados como correctivos del suelo son los carbonatos, hidróxidos y óxidos de Ca o Mg, presentan diferente capacidad de neutralización. El encalado constituye el manejo más convencional para contrarrestar el efecto de la acidez con la aplicación de sales básicas de forma preferencial como carbonato de calcio (Magra & Ausillo, 2020).

**Óxido de Calcio (CaO)**

Generalmente conocido como cal viva, es muy desagradable de manejar y se caracteriza por ser un polvo blanco. Se obtiene de la piedra caliza al momento de calcinarle y la pureza depende de su origen, es muy útil cuando se requieren resultados rápidos debido a que al ser aplicada al suelo reacciona de inmediato, pero una de las desventajas es que si no se mezcla rápido con el suelo esta viene a endurecerse rápidamente haciéndose inefectivo (Campillo & Sadzawka, 2015).

**Hidróxido de Calcio (Ca (OH)<sub>2</sub>)**

Es conocida como cal apagada o cal hidratada, sustancia blanca polvorienta, difícil de manejar. Tiene la característica de prepararse hidratando la cal viva y generalmente no se le usa debido a su alto costo y por la presencia de riesgos que implica la manipulación en actividades productivas (Campillo & Sadzawka, 2015).

Los productos más utilizados son los carbonatos debido a que son productos más accesibles y económicos, estos se dividen en dos categorías.

**Cales Calcitas:** Carbonato de calcio (CaCO<sub>3</sub>).

Se caracterizan por ser de origen minero, de residuos industriales, de molindas de conchas marinas, entre otras.

**Cales Dolomitas:** Carbonato doble de calcio y magnesio (CaCO<sub>3</sub> \* MgCO<sub>3</sub>).

Su característica es que presentan altos contenidos de magnesio alcanzando hasta un 21 %, el cual debería ser siempre valorado. Se recomienda aplicar en suelos que presenten deficiencias de magnesio para lograr incrementos de rendimiento (Campillo & Sadzawka, 2015).

**Selección del Material Encalante**

Para determinar la calidad de los materiales encalantes depende de los siguientes factores:

- Grado de finura
- Valor de neutralización
- Contenido de otros nutrientes

**Grano de finura**

La fineza de las partículas de la cal determina la velocidad de reacción dado que, si se reduce el tamaño de cualquier material de encalado, este entrará en una mayor área de contacto por

lo que si mayor superficie tiene el material con el suelo pues mayor será la velocidad de reaccionar (Díaz- Marín et al., 2008).

Las partículas más gruesas reaccionarán más lentamente mientras que las más finas lo hacen rápidamente, las partículas mayores a 2 mm son totalmente inefectivas mientras que las de 0,25 mm a 2 mm se consideran como 50 % efectivas y aquellas menores a 0,25 mm son completamente efectivas (Campillo & Sadzawka, 2015).

Finura (Mallaje ASTM)	Eficiencia relativa ----- % -----	
	Calcitas	Dolomitas
20 - 60	19	11
60 - 100	50	25
100 - 200	85	39
>200	100	60

Figura 2: Eficiencia relativa de Calcitas y Dolomitas según el grano de finura (Campillo & Sadzawka, 2015)

### Valor de Neutralización

Es aquella capacidad para neutralizar ácidos que tiene el producto agrícola, el valor de neutralización de carbonato de calcio puro es de 100 % y sirve como base para calificar el valor de neutralización de los diferentes tipos de cal. La cal obtenida de las calcitas tiene un valor neutralizante del 100 %, la cal viva alcanza un 179 % (generalmente no es muy usada por los altos costos que representa) (Campillo & Sadzawka, 2015).

Fuente	Nombre común	Valor neutralizante (%)	Equivalencia $\text{CaCO}_3$ kg/ha
Carbonato de calcio	cal calcítica	100	1000
Carbonato de calcio y magnesio	dolomita	109	917
Hidróxido de calcio	cal apagada	136	735
Óxido de calcio	cal viva	179	559

Figura 3: Características y valor neutralizante relativo de diferentes tipos de materiales encalantes (Campillo & Sadzawka, 2015).

### Sacarato de Calcio aplicado como enmienda cálcica.

Se considera un fertilizante a base de calcio que permite neutralizar el pH del suelo, actuando complementariamente como enraizador de las plantas. Presenta sacarosa que solubiliza el carbonato de calcio permitiendo aportar carbohidratos al microbiota del suelo para potenciar la proliferación de los microorganismos y el equilibrio del CIC en el suelo. Este producto está diseñado para ser aplicado mediante drench o riego. La recomendación óptima debe ser

inferior o igual a 60 g de SACARATO DE CALCIO 35 ° por litro de agua en suelos que presenten características ligeramente ácidos o ácidos (Patiño, 2022).

El SACARATO DE CALCIO 35 ° (Nombre comercial), su fabricante menciona que debe ser mezclado con HUMIC- FUL PLUS, (15 g/litro) para obtener un producto bio- orgánico mineral tanto como enmienda y acondicionador de tercera generación (Patiño, 2022).

### **3.12.2 Efectos de las Enmiendas Cálcicas en el Suelo**

La fertilidad del suelo involucra propiedades físicas, químicas y biológicas. Dentro de las propiedades químicas, la acidez del suelo se considera un elemento importante para la disponibilidad de nutrientes, por ello el aumento de la concentración de bases disponibles, productos del encalado o del uso de fertilizantes cálcicos permiten reducir la disponibilidad de Al e H y con ello provocar una disminución de la acidez del suelo e incrementar el pH para mejorar la disponibilidad de nutrientes para el cultivo (Calva & Espinosa, 2017). Sin embargo, los estudios del uso de enmiendas calcáreas y fertilizantes cálcicos reportan resultados positivos para mediano y largo plazo siendo de 1 a 2 años sobre las propiedades del suelo, pero no se mencionan efectos inmediatos y corto plazo sea dentro de unos pocos días o pocos meses después de haber aplicado las fuentes cálcicas (Hirzel et al., 2016).

Los efectos a corto plazo analizados son que contribuyen a una mayor disponibilidad de calcio, mejor condición química y nutricional asociándole con un mayor crecimiento inicial de las raíces generando un mejor establecimiento del cultivo y con mayor rendimiento potencial (Hirzel et al., 2016).

### **3.13 Importancia de la distancia de siembra en papa *Solanum Tuberosum* L. var. *Super Chola*.**

Una buena producción depende de una buena explotación del espacio empleado para ciertos cultivos, si la densidad de siembra es muy baja debido a la distancia de siembra incorrecta traerá consecuencias como que el follaje cubra muy tarde el suelo provocando el crecimiento de malezas (Pacheco, 2017), pocas probabilidades de crecimiento secundario y deformaciones conocido como “Corazón hueco”. Es importante la distancia entre plantas y entre surcos para lograr una adecuada población de plantas por superficie, cabe señalar que esto depende de la variedad a sembrar (Malte Mora, 2022).

La densidad de plantas a utilizar depende del fin productivo, esto incide directamente en el número de tubérculos que se van a producir en una unidad de superficie determinada. Si se incrementa la densidad de siembra, se incrementan los tallos por hectárea y en consecuencia aumentará el número de tubérculos por hectárea (Malte Mora, 2022).

## 4. Materiales y Métodos

### 4.1 Materiales

#### ➤ Materiales físicos

- **Equipos de Campo:** Estacas, motocultor, palas, azadillas, sacos, bomba de fumigar, regla, balanza, cuaderno de campo.
- **Equipos de Oficina:** Etiquetas, computadora, esferos, bolsas de plástico, cuaderno de campo, marcadores

#### ➤ Materiales Químicos:

- Enmiendas cálcicas: Carbonato de Calcio ( $\text{CaCO}_3$ ), Sacarato de Calcio.
- Fertilizantes: 10-30-10 según recomendaciones del INIAP y análisis de suelos.
- Plaguicidas y fungicidas: Deltrametrina (Decis), Cyhalothrin y Thiamathoxan (Shambda), Acephate, Ac-tiv, Helmtiofan, Metalaxilo (Redomil).

- #### ➤ Materiales Biológicos:
- Semilla de papa "*Solanum tuberosum L*" var. Superchola (semilla certificada INIAP- Santa Catalina), Abono orgánico.

### 4.2 Características del Lugar

#### 4.2.1 Área de estudio:

La presente investigación se realizó en la provincia del Azuay, Cantón Nabón comunidad Belén a una altura de 2675 m.s.n.m con coordenadas 3°23'03.1"S 79°03'29.4"W.

#### 4.2.2 Características climáticas del lugar

- Temperatura media anual: 14 °C.
- Humedad relativa promedio anual: 84 %.
- Precipitación anual: 1045 mm

Esta localidad cuenta con suelos altos en arcilla que oscilan a un pH de 4,5 a 5 siendo demasiado bajos para el desarrollo de cualquier cultivo, es por ello que se puede aplicar enmiendas cálcicas en diferentes dosis aplicado 15 días antes de realizar la siembra de "*Solanum Tuberosum L*".

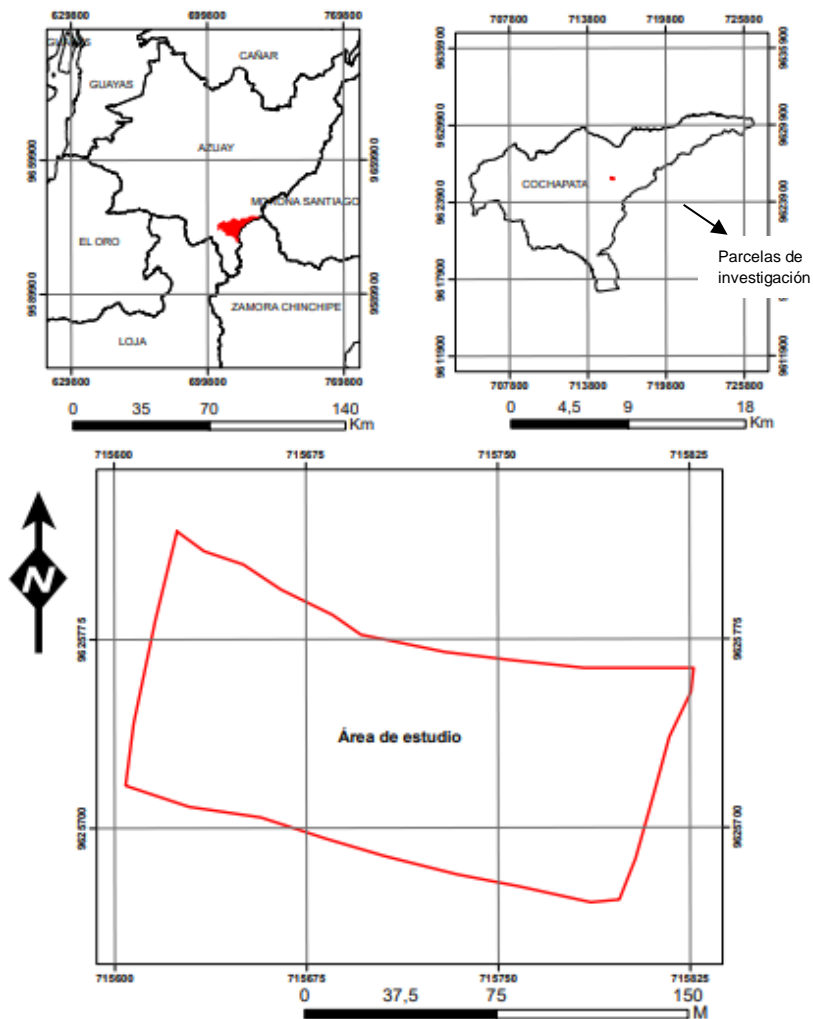


Figura 4: Ubicación del Predio para el proyecto de investigación.

Fuente: IGM

Elaborado: (Ramon,2024).

### 4.3 Metodología

#### 4.3.1 Especificaciones de la Unidad Experimental

- Numero de Tratamientos Factoriales: 12 tratamientos.
- Numero de Repeticiones: 4 repeticiones.
- Número de unidades experimentales: 48 unidades experimentales.
- Distancia entre surcos: 1 m.
- Distancia entre golpe de siembra: 30 cm y 50 cm.
- Área de la unidad experimental: 16 m<sup>2</sup>
- Parcelas netas: 6,40 m<sup>2</sup> y 7,00 m<sup>2</sup>.
- Numero de surcos por tratamiento: 4 surcos.
- Tamaño total del experimento: (27\*34) =918 m<sup>2</sup>

La aplicación de enmiendas cálcicas se efectuó en dosis crecientes, siendo las siguientes:

*Tabla 3: Tratamientos Factoriales aplicados en el cultivo de papa (Solanum tuberosum L. var. Super Chola).*

Tratamiento Factorial	Dosis de Producto	Distancia de siembra cm.
T1	1 kg de Carbonato de Calcio por m <sup>2</sup>	30
T2	1 kg de Carbonato de Calcio por m <sup>2</sup>	50
T3	2 kg de Carbonato de Calcio por m <sup>2</sup>	30
T4	2 kg de Carbonato de Calcio por m <sup>2</sup>	50
T5	3 kg de Carbonato de Calcio por m <sup>2</sup> .	30
T6	3 kg de Carbonato de Calcio por m <sup>2</sup> .	50
T7	40 ml de Sacarato de Calcio por m <sup>2</sup> .	30
T8	40 ml de Sacarato de Calcio por m <sup>2</sup> .	50
T9	60 ml de Sacarato de Calcio por m <sup>2</sup>	30
T10	60 ml de Sacarato de Calcio por m <sup>2</sup>	50
T11	Control (No será aplicado ninguna enmienda cálcica).	30
T12	Control (No será aplicado ninguna enmienda cálcica).	50

#### 4.4 Diseño Experimental:

Se aplicó en un Arreglo bifactorial de 6\*2 en un DBCA (Diseño de bloques completamente al azar) con 4 repeticiones.

La parcela consta de 27 m de ancho\* 34 m de largo donde se aplicó las enmiendas cálcicas, cada unidad experimental que cuente con una distancia de siembra de 30 cm consta de 52 plantas y cada unidad experimental que cuente con una distancia de siembra de 50 cm consta de 32 plantas. Cada parcela se dividió en 2 secciones de 4 m\* 4m para los dos casos de distancia de siembra. Obteniéndose 48 unidades experimentales.

Para el análisis estadístico de los datos, en primer lugar, se realizó una prueba de Normalidad (Shapiro- Wilk) para determinar si los datos presentan distribución normal, según este resultado de ser no paramétrico se realizaron los análisis con Kruskal-Wallis, y si son los datos normales se aplicó el ANOVA, y la prueba de significancia de Tukey al 5%.



### Diseño de las parcelas Experimentales.

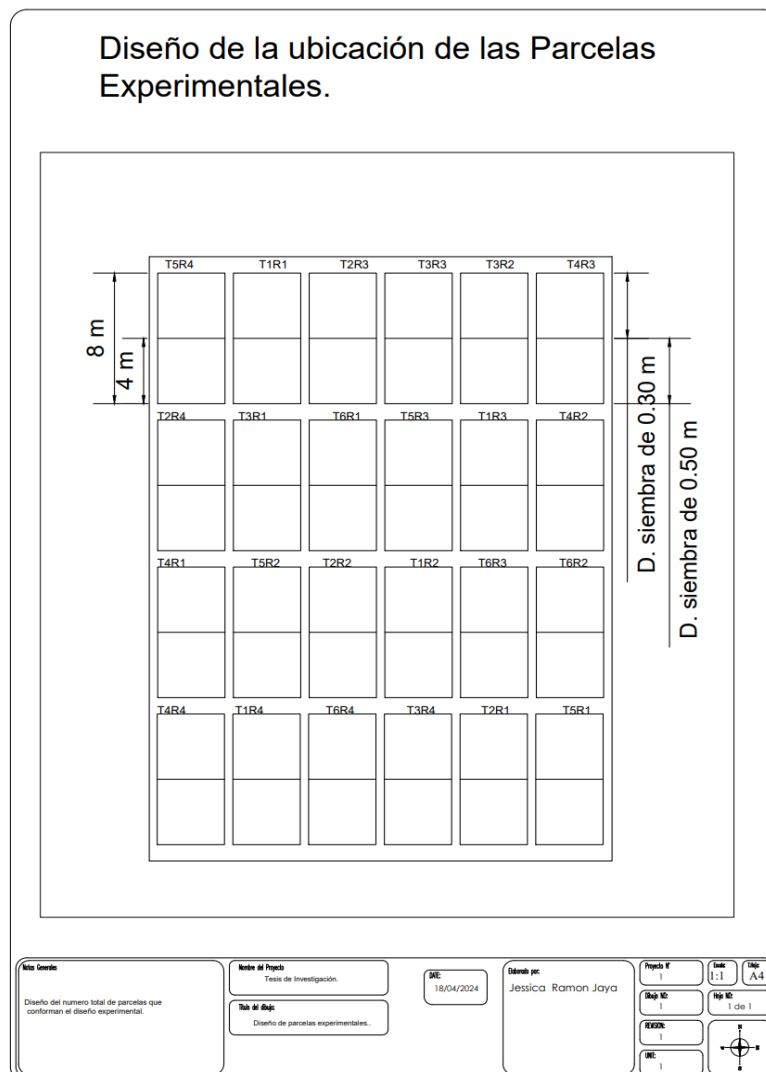


Figura 5: Ubicación de unidades experimentales

### 4.5 Metodología para el objetivo 1:

- Determinar las características iniciales físico- químicas del suelo de la zona de estudio en el cantón Nabón.

El objetivo 1 se basó en analizar las características del suelo al inicio de la preparación del suelo tanto en variables físicas como en químicas dentro de la zona de estudio para determinar si hay cambios significativos o no al realizar los análisis respectivos una vez culminado el proyecto de investigación.

Las variables a medir en el suelo son:

**Físicas:**

Densidad aparente (da), densidad real (dr), textura

**Químicas.**

Conductividad eléctrica (CE), pH, materia orgánica (MO), Nitrógeno(N), Fósforo (P), Potasio (K), Calcio (Ca), Magnesio (Mg) y microelementos Zinc (Zn), Cobre (Cu), Hierro (Fe), Manganese (Mn).

Se tomaron 6 muestras inalteradas tomadas de 0 a 20 cm para determinar da y 16 submuestras tomadas a una profundidad de 20 cm para análisis de nutrientes, se seleccionaron aleatoriamente en la zona de experimentación, para formar cuatro muestras donde se determinaron dr, textura, pH, y CE en el laboratorio de suelos de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Cuenca, luego se formó dos muestras de 1 kg de suelo seco y fue enviado a laboratorio de la Estación Experimental de Gualaceo (INIAP) para determinar parámetros químicos del suelo (línea base o de partida de las unidades experimentales) pH, MO, N, P, K, Ca, Mg y microelementos (Zn, Cu, Fe, Mn).

**4.6 Metodología para el objetivo 2:**

- Evaluar variables fenológicas en un cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L) con la aplicación de dosis crecientes de enmiendas cálcicas a dos distancias de siembra.

El objetivo dos tuvo la finalidad de evaluar las variables fenológicas de la papa (*Solanum tuberosum* L var. Superchola), a partir de la aplicación de las enmiendas cálcicas y dos distancias de siembra, es por ello que para cumplir con el objetivo 2 se registraron las siguientes variables:

- Porcentaje de emergencia.
- Altura de planta.
- Número de inflorescencias por planta.
- Número de tubérculos por planta.
- Peso de tubérculos por planta.
- Rendimiento total.

**Porcentaje de Emergencia (%):** Se midió en tres ocasiones, cada 15 días después de la siembra para determinar si la aplicación de enmiendas cálcicas afecta de alguna manera en

la emergencia de las plantas de papa. Esta medición consiste en determinar si la semilla ya presentó emergencia o no, el cual al final fue expresado como porcentaje.

**Altura de la planta (cm):** Fue medido a lo largo del crecimiento aéreo cada 15 días con el fin de evaluar en qué periodo existen diferencias significativas para contrarrestar si las enmiendas cálcicas permiten la liberación de nutrientes según la etapa fenológica del cultivo, la altura se midió en cm.

**Número de inflorescencias:** Las inflorescencias se contabilizaron por plantas 15 días después de la última toma de datos de altura, se cuenta con una sola fecha de registro debido a que el cultivo no contó con una segunda floración causado por el ataque de Tizón tardío de la papa (*Phytophthora infestans*).

**Número de tubérculos por planta:** A la cosecha (transcurrido 125 días desde la siembra), se contabilizó el número de tubérculos por planta según cada tratamiento y distancia de siembra.

**Peso de tubérculos por planta:** Se tomaron datos del peso de tubérculos por planta según cada tratamiento y distancia de siembra para poder obtener valores que nos indiquen que enmienda cálcica, en que dosis y en que distancia de siembra se pueden obtener mayores valores de productividad por planta, se usó una balanza de reloj.

**Rendimiento:** Los valores obtenidos en número y peso de tubérculos por planta fueron analizados para determinar si las distancias de siembra influyen o no en el rendimiento final obtenido. Se constituyó el peso total de tubérculos cosechados por cada tratamiento usando una balanza de reloj.

Se tenía considerado cosechar la papa hasta cuando esta haya cumplido su ciclo fenológico y este madura (140 días para la variedad super chola INIAP), pero por motivos (académicos) de cronograma de tiempo para terminar la investigación, se realizó la cosecha los 125 días desde el primer día de siembra.

#### 4.7 Metodología para el objetivo 3:

- Evaluar las características del suelo al final de la experimentación.

El objetivo 3 se basó en determinar las características finales del suelo a la cosecha (125 días) para verificar que cambios se pudieron haber producido a lo largo de la investigación.

Para los análisis de suelos, se tomó una submuestra por cada unidad experimental para analizar nuevamente características químicas mientras que para las características físicas no desarrollaremos ningún análisis nuevamente debido a que no se incorporó ningún material estructurante en la investigación que hubiera podido afectar la  $d_a$  y la  $d_r$ . Por otra parte, al ser un periodo corto de estudio las características físicas no se verían afectadas. Las submuestras obtenidas de las 4 repeticiones se agruparon por tratamientos factoriales obteniendo un total de 12 muestras que fueron enviadas al INIAP para los análisis de laboratorio en las que se determinaron pH, CE, MO, N, P, K, Ca, Mg, Zn, Cu, Fe, Mn.

Con estos resultados se pudo observar el efecto de las enmiendas cálcicas en las características químicas en el suelo, frente a la línea base (determinada en el Objetivo 1), y verificar el comportamiento de la papa *Solanum tuberosum* L var. Superchola frente al arreglo factorial propuesto (Factor 1: Enmiendas cálcicas, Factor 2: Dos distancias de siembra).

## 5. Resultados y Discusión

### 5.1. Resultados Obtenidos para el Objetivo 1

Antes de dar inicio a la experimentación en campo se realizó la caracterización del suelo, analizando sus características físicas y químicas mediante determinaciones de laboratorio. Para el efecto se tomaron 16 submuestras del suelo y se conformaron 2 muestras que fueron enviadas a laboratorio del INIAP (Determinaciones químicas) y 4 muestras al laboratorio de física de Suelos de la Facultad de Ciencias Agropecuarias (Determinaciones físicas), obteniendo los resultados que se pueden observar en la tabla N° 4.

Vale resaltar que el suelo presentó un pH medianamente ácido (5,6), no presentó problemas de salinización (CE: 0,08 dS/cm. Valor admitido 0,20 dS/cm). En lo que respecta al contenido de materia orgánica presentó un 12,71 % (Alto), con una relación C/N del 11,73 (Rango de 8-12). En lo que respecta a los nutrientes del suelo se evidenció el contenido de macronutrientes (N-P) bajo y el K medio. El contenido de micronutrientes fue medio (Ca, Mg, Cu, Mn), Fe alto y tan solo el Zn bajo.

En lo que respecta a las características físicas se obtuvo una densidad aparente ( $d_a$ ) de 0,99 g/cm<sup>3</sup> y una densidad real ( $d_r$ ) de 2,38 g/cm<sup>3</sup>. Las características Físicas del suelo presentadas en la (Tabla 4) son aceptables para realizar agricultura sin restricción.

Tabla 4: Caracterización del suelo al inicio de la investigación

Parámetros de suelos analizados	Unidades	Símbolo	Cantidad/ha	Nivel
Densidad aparente	g cm	Da	0,99	g cm <sup>-3</sup>
Densidad real	g cm	Dr	2,38	g cm <sup>-3</sup>
Porosidad	%	P	58,4	Muy Bueno
Textura	%	Textura	-	Arcillo- Limoso
pH			5,60	Me-Ac
CE	dS/cm		0,08	
Materia Orgánica	%	MO	12,71	Alto
Carbono	%	C	7,39	
C/N		no aplica	11,73	Rango (8-12)
Nitrógeno	ppm	N	6,15	Bajo
Fosforo	ppm	P	7,00	Bajo
Potasio	meq/100 ml	K	0,34	Medio
Calcio	meq/100 ml	Ca	4,73	Medio
Magnesio	meq/100 ml	Mg	1,13	Medio
Zinc	ppm	Zn	1,80	Bajo
Cobre	ppm	Cu	5,30	Medio
Hierro	ppm	Fe	299,50	Alto
Manganeso	ppm	Mn	6,65	Medio

Fuente: Informe de análisis de suelos del Laboratorio de Física de suelos de la Facultad de CCAA y de la Estación Experimental INIAP-Bulcay.

Elaborado: Ramon, 2024

Según Porta, J. et al. (2019), una baja densidad aparente (< a 1 g cm<sup>-3</sup>.) del suelo puede indicar una buena estructura del suelo con suficiente espacio poroso para la circulación de aire (porosidad 58,4%), el crecimiento de raíces y la infiltración de agua. La densidad real (dr), presentó en la línea base 2,38 g cm<sup>-3</sup>. Bermúdez FG (2009) señala que una dr entre 2.0 y 2.6 g/cm<sup>3</sup>, es una densidad dr moderada es común en suelos agrícolas y proporciona un equilibrio entre la porosidad del suelo y la capacidad de retención de agua y nutrientes. Por

otra parte, la Textura Arcillo-Limoso, que se determinó en el laboratorio de la Facultad de Ciencias agropecuarias, Según Weil y Brady (2017), la textura arcillo-limosa se refiere a un tipo de suelo que contiene una proporción significativa de arcilla y limo, con una menor cantidad de arena. La presencia de arcilla en el suelo proporciona una buena capacidad de retención de agua y nutrientes, así como una estructura estable, mientras que el limo contribuye a una buena aireación y permeabilidad del suelo. La combinación de arcilla y limo en la textura del suelo puede ofrecer un equilibrio adecuado entre la retención de agua y la aireación, lo que puede ser beneficioso para el crecimiento de las plantas.

Con estas características podemos decir que el suelo a ser utilizado en esta experimentación, presentó en general una fertilidad media en lo que respecta al contenido de macro y micronutrientes. El pH Medianamente ácido (Me-Ac), típico de estos suelos en el Cantón Nabón, que cabalmente han sido seleccionados para evaluar las enmiendas cálcicas en esta investigación (F. Bermúdez, 2024).

## **5.2 Resultados para el Objetivo 2**

Para dar inicio al análisis estadístico de los datos obtenidos se realizó la prueba de normalidad de Shapiro Wilks con el programa estadístico Infostat, encontrándose que las variables a analizarse no tienen una distribución normal (Anexo M), por ello se aplicó una prueba no paramétrica de Kruskal Wallis con un nivel de significancia del 5 %.

### **5.2.1 Porcentaje de emergencia**

Los datos de registro de emergencia se contabilizaron en 3 fechas diferentes (15 días, 30 días, 45 días). Al aplicar la prueba de normalidad (Shapiro Wilks) fueron normales (Anexo M).

A los 15 días de haber sembrado los tubérculos, el ANOVA registró un  $p\text{-value} = 0,0611$ ,  $CV = 56,84 \%$ , sin presentar diferencias significativas en los tratamientos.

En la Figura 6, se puede observar que el tratamiento T6 (12,5 %) y T7 (8,8 %) y T10 (12,5 %) presentaron los menores porcentajes de emergencia a los 15 días después de la siembra y los tratamientos que mejor porcentaje presentaron fueron el T2 (37,5 %), T5 (28,75 %), T3 (25 %), y los testigos T11 (26,35%) y T12 (27,08 %) (Figura 6).

A los 30 días, el porcentaje de emergencia si presentó diferencias significativas ( $p\text{-value} = 0,0289$ ,  $CV = 24,51\%$ ). La prueba de Tukey señaló que T5 (70 %) fue significativamente diferente frente a T6 con un 35,42 %. Los demás tratamientos no presentaron diferencias significativas.

A los 45 días el análisis no paramétrico no presentó diferencias significativas ( $p=0,0793$ ) (Anexo N), entre las medianas. Todos los tratamientos alcanzaron el 100 % de emergencia con excepción del T2 que registró el 87,5 %

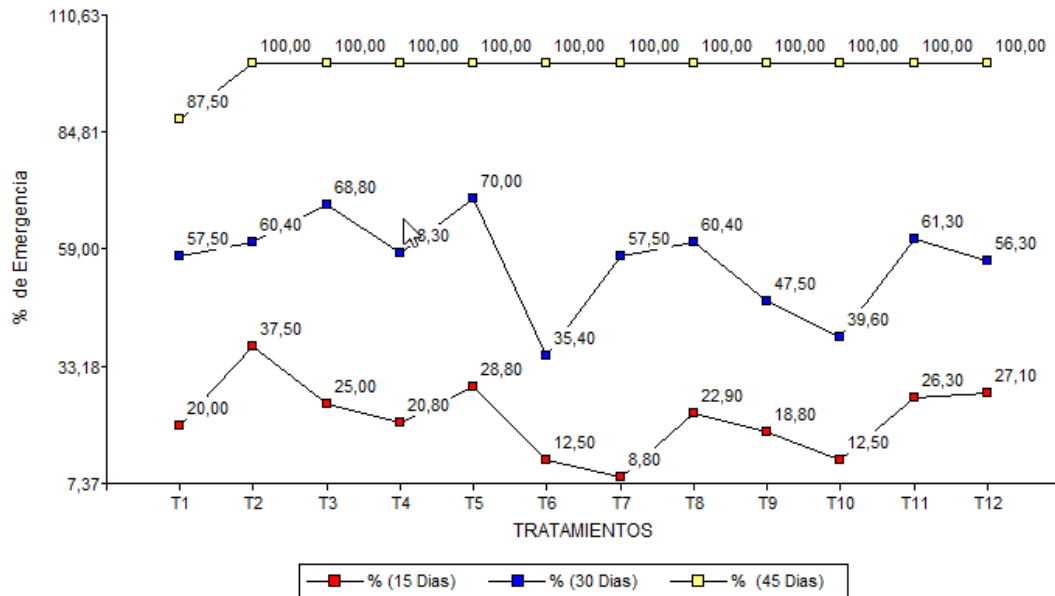


Figura 6: Porcentaje de emergencia de la papa *Solanum tuberosum* L. var. Superchola

Según Bermúdez et al. (2009), se pudo presentar esta emergencia sin un hilo conductor en los primeros 30 días debido a que las enmiendas cálcicas se estaban estabilizando recientemente después de la aplicación.

### 5.2.2 Altura de la planta (cm)

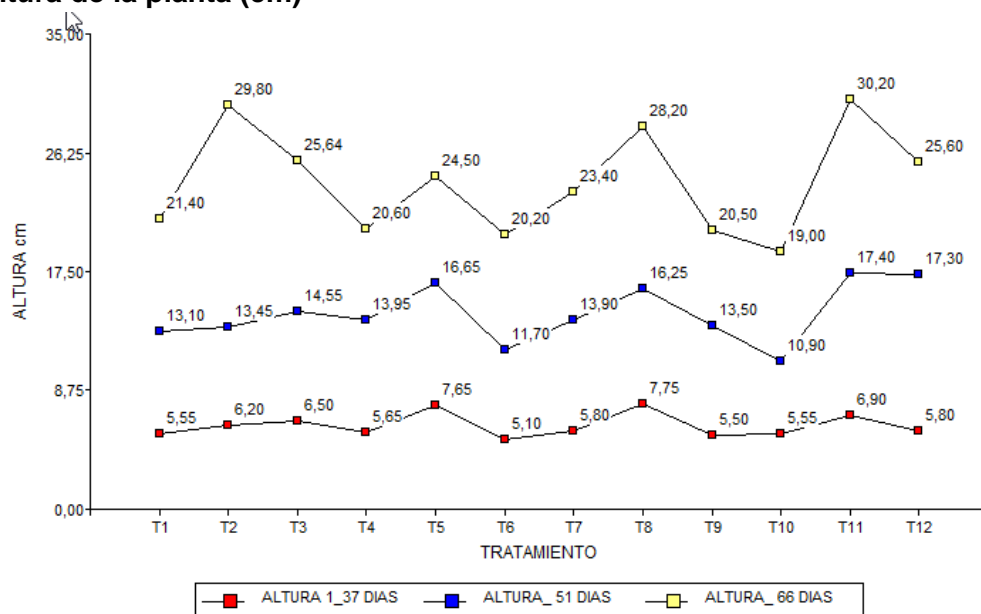


Figura 7: Altura (cm), datos recolectados a 3 fechas diferentes para analizar el comportamiento del crecimiento de la planta de *Solanum tuberosum* L. var Superchola.

Para la variable altura se registraron datos a los 37, 51 y 66 días después de la siembra, para observar el comportamiento fenológico de la papa (*Solanum tuberosum* L. var. *Superchola*). Los resultados obtenidos se presentan a continuación:

Según el análisis de Kruskal Wallis (prueba no paramétrica) con un nivel de significancia del 5 % se presentan diferencias significativas  $p < 0,0001$  (Anexo O).

A los 37 días después de la siembra de la papa, la mayor altura registrada fue de 7,75 cm por el T8 (E), (60 ml/m<sup>2</sup> sacarato de calcio a una distancia de siembra de 0,50 m), y la menor altura fue el T6 (A), (1 kg/m<sup>2</sup> de carbonato de calcio a una distancia de 0,30 m) con 5,10 cm. El Testigo T12 (ABC) a una distancia de 0.50 m registró un valor de 5,80 cm, aunque T12 no fue significativamente diferente frente a T1 (Figura 7). Se presentó diferencias significativas entre T8 con T1, T6, T10, T9, T12, T7, T2, T11, no se registró con T3 y T5, el Testigo T12 presentó diferencias significativas con T5 y T8. Entre los testigos T11 y T12 no hubo diferencias significativas (Anexo O).

A los 51 días, los testigos T11 (E) y T12 (DE) presentaron la mayor altura (17,40 cm y 17,30 cm respectivamente) aunque entre ellos no hubo diferencias significativas. La menor altura registró el tratamiento T1 (AB) (13,10 cm) presentando diferencias significativas frente a los testigos. En este caso T11 (E) presentó diferencias significativas frente a T2 (BCD), T6 (ABC), T7 (ABC), T9 (ABC) y T1 (AB), no presentó diferencias significativas con T4 (CDE), T3 (CDE), T8 (DE) y T5 (DE). El Tratamiento T12 (DE) tan solo presentó diferencias significativas con T9 (ABC), T7 (ABC) y T1 (AB) (Anexo O).

A la tercera toma de datos (66 días), vale señalar que el comportamiento de la altura se mantiene, el tratamiento T11 (C) presentó diferencias significativas frente a T7 (AB), T1 (AB), T4 (AB), T9 (A), T6 (A) y T10 (A), no presentó diferencias significativas frente a T12 (BC), T2 (BC), T8(BC), T3 (BC) y T5 (ABC). El tratamiento factorial T12 (BC) solamente presentó diferencias significativas con T6 (A), T9 (A) y T10 (A) (Anexo O).

### 5.2.3 Número de Inflorescencias por planta

El número de inflorescencias por planta fue evaluado a los 81 días después de haber realizado la siembra y la aplicación de las diferentes dosis de enmiendas cálcicas. Para identificar si existen diferencias significativas se aplicó una prueba no paramétrica con nivel de significancia al 5 % obteniendo un  $p < 0,0001$  (Anexo P).



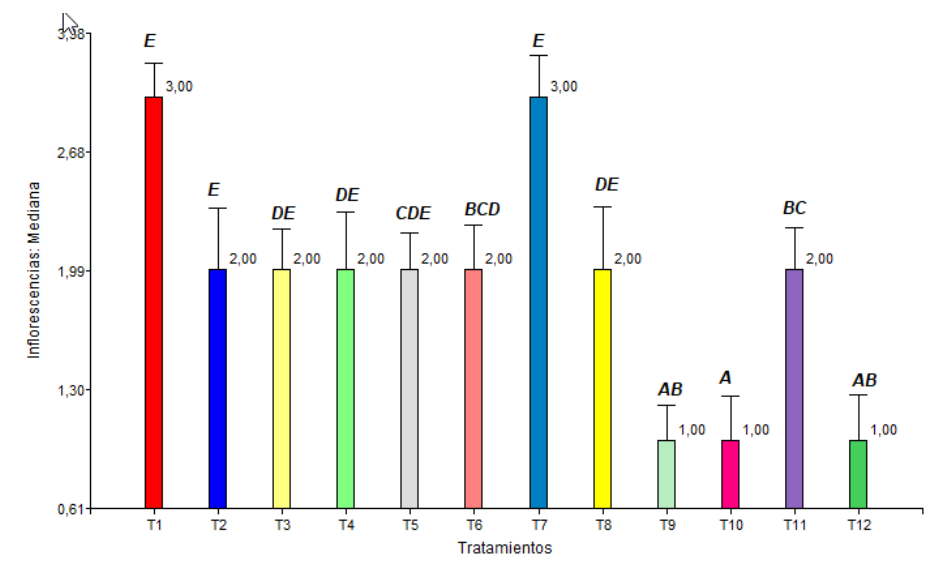


Figura 8: Número de inflorescencias por planta obtenidas de la aplicación de las diferentes enmiendas cálcicas y distancias de siembra a los 81 días después de haber sido sembradas.

Los tratamientos factoriales presentaron medianas en un rango de 1,25 hasta valores de 3. Los mejores resultados se encuentran en T7 (60 ml/m<sup>2</sup> de sacarato de calcio a una distancia de siembra de 0,30 m), presenta altas diferencias significativas frente a T6, T9, T10, T11 Y T12. No hubo diferencias significativas del Tratamiento T7 con T1, T2, T3, T4, T5, y T8 (Figura 8).

## DATOS RECOLECTADOS A LA COSECHA DEL CULTIVO DE PAPA

Para iniciar el análisis de las variables: peso de tubérculos por planta, número de tubérculos por planta, rendimiento en toneladas por hectárea, y mortalidad, se procedió a verificar la normalidad de los datos mediante el test de Shapiro-Wilks (Anexo Q), concluyendo que no tiene una distribución normal a excepción de la variable peso por tubérculo, por consiguiente para el análisis estadístico se aplicó la prueba de Kruskal-Wallis 5%, que es una prueba no paramétrica utilizada para determinar si existen diferencias significativas entre tres o más grupos independientes. Para la variable peso por tubérculo se aplicó la prueba de Tukey al 5%.

### 5.2.4 Peso de Tubérculo por planta.

El análisis estadístico no presentó diferencias significativas entre los factores analizados (dosis de carbonato cálcico por distancias de siembra y dosis de sacarato de calcio por distancias de siembra) con un  $p=0,4115$  (Anexo R). El mayor peso por tubérculo alcanzó el T5 (2 kg/m<sup>2</sup> de carbonato cálcico \* distancia de siembra 0,50\*1,00 m.), y el menor peso por

tubérculo registro el tratamiento T2 (1 kg/m<sup>2</sup> de carbonato cálcico \* distancia de siembra 0,50\*1,00 m.) (Figura 9).

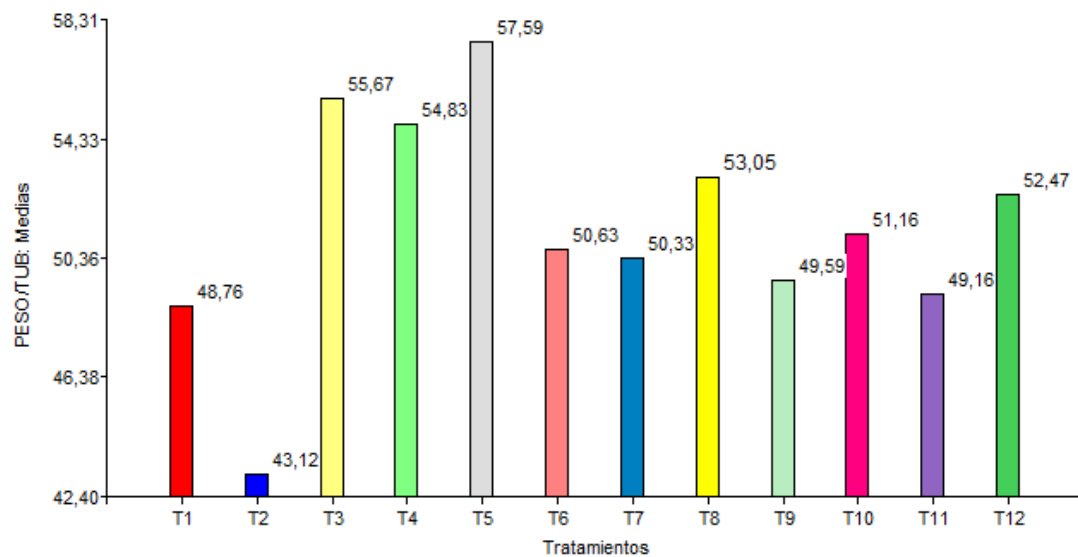


Figura 9: Peso de tubérculo por planta para cada uno de los tratamientos factoriales.

### 5.2.5 Número de Tubérculos por planta.

Para la variable número de tubérculos por planta, frente a los diferentes tratamientos, si presentaron diferencias significativas con  $p=0,0010$  (Anexo S). El Tratamiento T1 alcanzó el mayor número de tubérculos por planta con una mediana de 19,10, y el Testigo (T11) registro el menor número, con una mediana de 8,65 tubérculos (Figura 10).

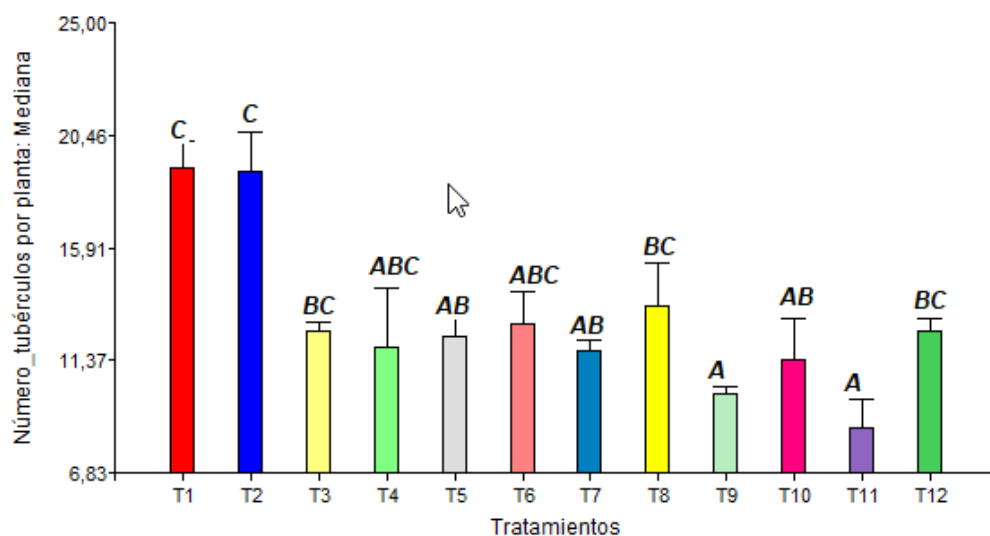


Figura 10: Número de tubérculos por planta bajo el efecto de diferentes enmiendas cálcicas.

### 5.2.6 Rendimiento en toneladas métricas por hectárea (t/ha) de papa Superchola

El rendimiento total por hectárea obtenido de los tratamientos factoriales, si presentó diferencias significativas, con un valor de  $p=0,0013$  (Anexo T), el mayor valor se obtuvo en el tratamiento factorial T1 con 23,25 t/ha., y las menores productividades en los testigos T11 (9,36 t/ha) y T12 (10,85 t/ha).

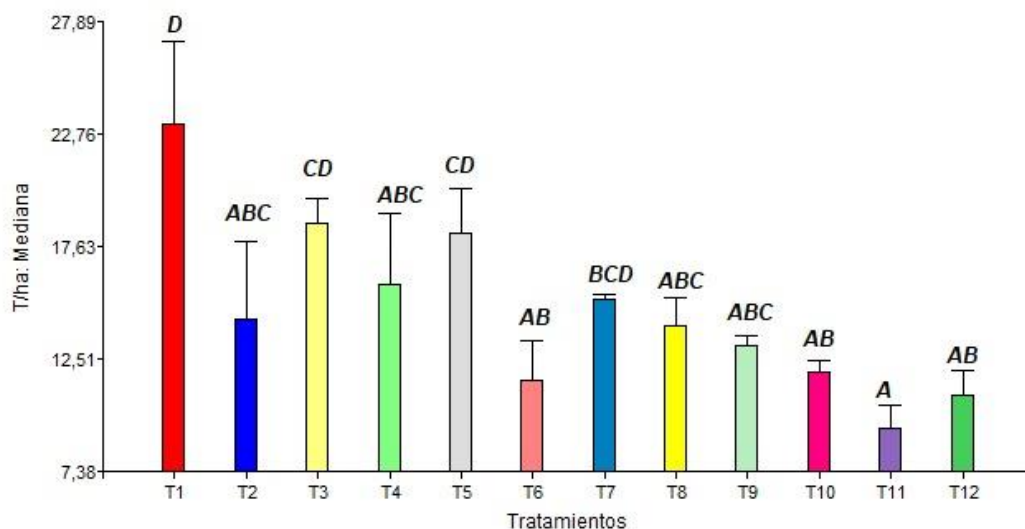


Figura 11: Resultados obtenidos para la variable toneladas/ ha

El T1 (D) (23,25 t/ha) presentó diferencias significativas (ds) frente a los tratamientos T11 (A) y T12 (AB) (testigos), así como con T2 (ABC), T4 (ABC), T6 (AB), T8 (ABC), T9 (ABC) y T10 (AB). No presenta significancia (ns) con los tratamientos T3 (CD), T5 (CD) y T7 (BCD) (Figura 11).

Según la empresa La Colina (2021), han obtenido los mejores resultados de rendimiento en papa, aplicando enmiendas cálcicas (carbonato de calcio) en una dosis de  $0,925 \text{ kg ha}^{-1}$  dosis similar al aplicada en esta investigación. La productividad por hectárea va depender de la variedad de papa, condiciones climáticas de la fertilidad de los suelos (F. Bermúdez, 2024), así como el efecto de la interacción genotipo por ambiente (GEI). Según Rivadeneira et al. (2021) describieron en la Ficha técnica de la variedad Superchola INIAP que la productividad está en una media de 25,56 t/ha., a una altura media de 3046 msnm (provincias: Carchi, Chimborazo, Cotopaxi, Pichincha y Tungurahua), similar a lo alcanzado en el tratamiento factorial T1 (23,50 t/ha) en la provincia del Azuay, Cantón Nabón comunidad Belén a una altura de 2675 m.s.n.m.

### 5.2.7 % Mortalidad

El registro de mortalidad por tratamientos no presentó diferencias significativas con un valor de  $p = 0,6945$  (Anexo U). En la figura 12, se puede observar que en los Tratamientos factoriales T1 y T6, el porcentaje de mortalidad fue menor, no así en los tratamientos T5, T9 y T11 que presentaron el mayor porcentaje (12,5 %) (Figura 12).

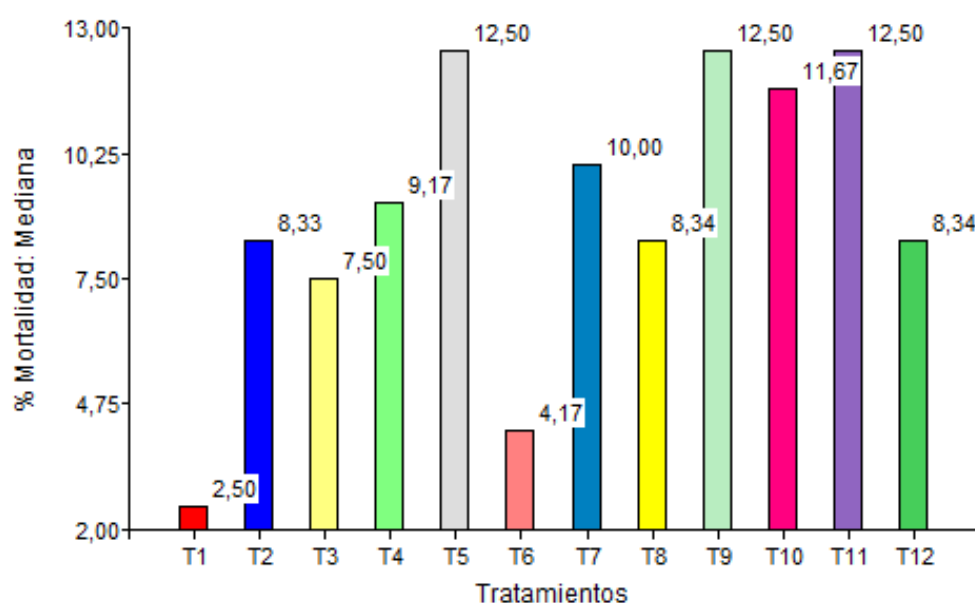


Figura 12: Porcentaje de mortalidad presente en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L. var *Superchola*).

En general, se presentó una mortalidad promedio del 8,54 %. Según Labrador & Altieri (2018) Cita que en investigaciones en papa ha obtenido una mortalidad entre el 3-5%. Lamentablemente no se cuenta con información específica de % de mortalidad en la variedad Superchola al inicio del cultivo.

### 5.3 Resultados para el Objetivo 3

Luego de haber transcurrido 125 días del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L. var *Superchola*), se tomó las muestras del suelo por unidades experimentales para realizar los análisis químicos de fertilidad del suelo, con el propósito de evidenciar el comportamiento de estos elementos. (Tabla 5).

*Tabla 5: Características químicas del suelo al final de la experimentación.*

TRATA	pH metro			dS/cm			%	
	pH_inc	pH_2	pH_3	CE_inc	CE_2	CE_3	MO_inc	MO_2
T1	5,6	6,25	6,95	0,075	0,39	0,17	12,71	14,41
T2	5,6	5,88	6,34	0,075	0,16	0,20	12,71	13,41
T3	5,6	6,79	6,24	0,075	0,31	0,23	12,71	13,18
T4	5,6	5,69	7,03	0,075	0,56	0,22	12,71	13,61
T5	5,6	6,98	7,40	0,075	0,31	0,31	12,71	12,56
T6	5,6	5,95	6,46	0,075	0,30	0,21	12,71	12,66
T7	5,6	6,08	5,90	0,075	0,17	0,19	12,71	13,71
T8	5,6	5,80	6,23	0,075	0,39	0,32	12,71	13,50
T9	5,6	6,49	6,44	0,075	0,37	0,16	12,71	13,76
T10	5,6	5,86	6,57	0,075	0,30	0,32	12,71	13,15
T11	5,6	7,00	7,22	0,075	0,37	0,24	12,71	12,87
T12	5,6	6,12	6,57	0,075	0,38	0,22	12,71	12,46

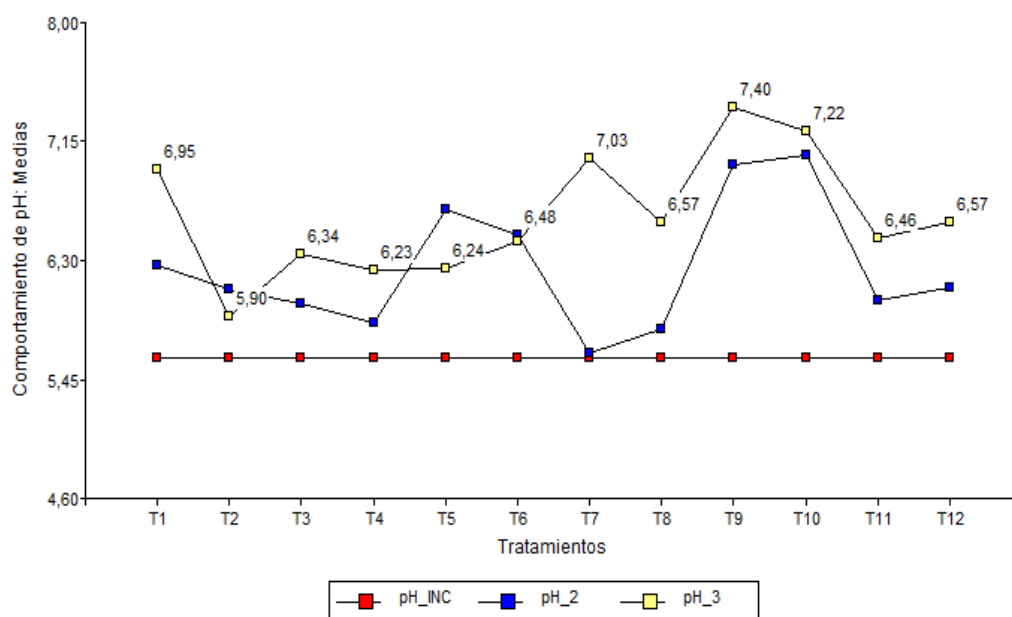
pH\_inc= pH al inicio del experimento. pH\_2= pH a los 63 días. pH\_3= pH a los 125 días. CE\_inc = conductividad eléctrica al inicio del experimento. CE\_2= a los 63 y CE\_3= a los 125 días. MO = Materia orgánica al inicio y a los 63 días del inicio experimento.

Fuente: Registros de datos de la investigación en el laboratorio INIAP-LFS F. CCAA.

Elaborado: (Ramon, 2024).

### 5.3.1 pH del suelo

El pH del suelo se determinó al inicio (pH inc), a los 63 días (pH\_2) y a los 125 días (pH\_3) cuando se realizó la cosecha. Con los resultados de laboratorio se pudo evidenciar un incremento de este parámetro a los 63 días (Figura 13) con relación al pH inicial de la investigación, siendo más evidente en los tratamientos factoriales que recibieron la aplicación de carbonato cálcico en dosis crecientes (T1 y T2: 1 kg/m<sup>2</sup>, T5 y T6: 2 kg/m<sup>2</sup>, T9 y T10: 3 kg/m<sup>2</sup>), con diferente distancia de siembra (0,30 y 0,50 m) respectivamente. Los tratamientos que recibieron la aplicación de sacarato de calcio (T3 y T4: 40 ml/m<sup>2</sup>, T7 y T8: 60 ml/m<sup>2</sup>) con diferente distancia de siembra (0,30 y 0,50 m), si bien presentan un pequeño incremento, este fue inferior a los tratamientos antes mencionados. El Testigo (T11 y T12) si presentaron incremento del valor del pH, pero este fue inferior a los que contenían la aplicación de enmiendas cálcicas. Situación que se presentó por la actividad agrícola del cultivo (Calva & Espinosa, 2017).



pH\_inc: pH al inicio de la experimentación. pH\_2: pH a los dos meses (63 días) de inicio de la experimentación.

pH\_3: pH a fin de la experimentación (125 días).

Figura 13: Comportamiento de pH a lo largo de la experimentación al aplicar dosis crecientes de enmiendas cálcicas con diferentes distancias de siembra.

En general el pH\_3 a la cosecha (125 días), presentó mayores valores que los registrados al inicio de la experimentación y a los 63 días (Figura 14). Los datos registrados para el pH\_3 a la cosecha del cultivo de papa, presentaron una distribución normal. El ANOVA presentó diferencias significativas  $p=0,0003$ , con  $CV= 2,97$  (Anexo W). En la prueba de Tukey al 5%, T9 presentó diferencias significativas frente al testigo (T11 y T12), así como frente a (T2, T3, T4, T5, T6 y T8). No se registró diferencias significativas con los tratamientos T1, T7 y T10.

Ibarra Castillo et al. (2009), mencionaron que para obtener los mejores rendimientos de un cultivo el pH debería variar entre 6,5 y 7, al contar con valores inferiores a este pH se van considerando medianamente ácidos hasta ácidos pudiendo ser la causa principal de presencia de deficiencia, toxicidad o que los elementos no se encuentren en niveles adecuados tal como se obtuvo los resultados para nuestro proyecto de investigación. Por ende, estos autores recomiendan corregir el pH del suelo mediante encalados (Ibarra Castillo et al., 2009).

En nuestra investigación, se obtuvo incrementos de pH por la aplicación de enmiendas de calcio en diferentes dosis (T1= 1 kg/m<sup>2</sup>, T3 = 2 kg/m<sup>2</sup> y T5 = 3 kg/m<sup>2</sup>), los valores de pH obtenidos ascendieron a un valor de 7 para la dosis de 3 kg/m<sup>2</sup> de carbonato de calcio, situación similar mencionaron Rosas et al (2017) que al aplicar enmiendas cálcicas en un entisol de la Amazonía colombiana, obtuvieron un incremento de pH luego de 60 días

después del encalado subiendo de un pH inicial de 4,36 a un pH final de 5,91 (Rosas et al., 2017).

### 5.3.2 Conductividad Eléctrica

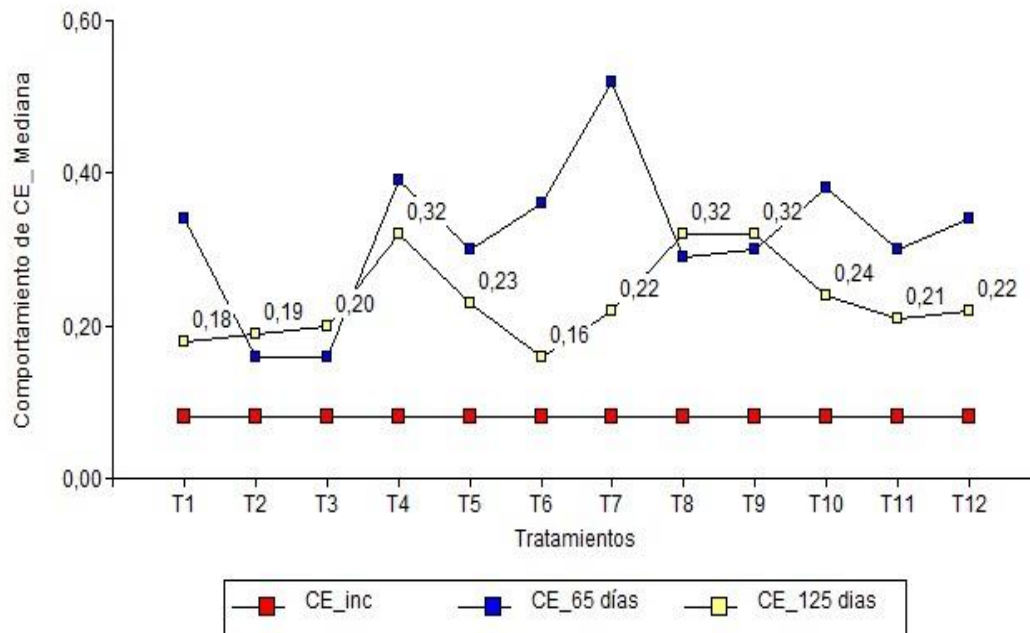
La conductividad eléctrica (CE) al inicio de la investigación fue de 0,075 ds/cm. Se pudo observar un incremento a los 65 días después de la siembra, aunque estadísticamente presentó una distribución no paramétrica y no hubo diferencias significativas entre los 12 tratamientos factoriales.

A los 125 días después de la siembra (CE\_125 días), disminuyó frente a la CE\_65 días presentando diferencias significativas (ds) entre los factores analizados ( $p = 0,0311$ ) (Anexo X). Los tratamientos T4 y T8, registraron el mayor valor de CE (0,32 dS/cm), presentando diferencias significativas con T1, T2, T3 y T6 (0.18, 0.19, 0.20 y 0.16 ds/cm) respectivamente. Con los tratamientos T5, T7, T9, T10 y con los testigos (T11 y T12) no se evidenció diferencias significativas (ns).

Este comportamiento de disminución de los valores de CE registrados a los 65 días, frente a los registrados a la cosecha, puede deberse a la dilución de las enmiendas cálcicas en el proceso de cultivo de la papa (125 días) (F. Bermúdez, 2024).

Porta, J. et al, (2019). Señala que, la conductividad eléctrica del suelo (CE) es un parámetro importante a considerar en los cultivos en general, ya que puede proporcionar información valiosa sobre la salinidad del suelo y la disponibilidad de nutrientes para las plantas. El mismo autor indica que, la CE del suelo está relacionada con la cantidad de sales disueltas en el suelo. Niveles altos de CE pueden indicar una alta salinidad, lo que puede afectar negativamente el crecimiento y desarrollo de las plantas de papa, ya que un exceso de sales puede dificultar la absorción de agua y nutrientes. La CE del suelo puede influir en la disponibilidad de nutrientes para las plantas de papa.

Niveles altos de CE pueden afectar la capacidad de las raíces para absorber nutrientes, lo que puede resultar en deficiencias nutricionales y un menor rendimiento del cultivo. Rowell, D.L (2014), en su Libro, Soil Science: Methods and Applications señala que la medición de la CE del suelo puede ser útil para monitorear la salinidad del suelo a lo largo del ciclo de los cultivos, esto puede ayudar a tomar decisiones adecuadas sobre la aplicación de agua y fertilizantes para mantener condiciones óptimas para el crecimiento de las plantas.



CE\_inc: Conductividad eléctrica al inicio de la experimentación. CE\_65 días: Conductividad eléctrica a los dos meses. CE\_125 días: Conductividad eléctrica a fin de la experimentación.

*Figura 14: Comportamiento de CE durante el periodo de experimentación de la aplicación de diferentes enmiendas cálcicas.*

### 5.3.3 Macro y micro elementos

Los microelementos del suelo, también conocidos como micronutrientes o elementos traza, son nutrientes esenciales para el desarrollo de las plantas, sin embargo, se requieren en cantidades mínimas en comparación con los macronutrientes. Dentro de los principales microelementos encontramos el hierro (Fe), manganeso (Mn), zinc (Zn), cobre (Cu), y níquel (Ni). Estos nutrientes son fundamentales para el desarrollo saludable de las plantas y su deficiencia puede afectar negativamente su crecimiento y rendimiento. El calcio (Ca) y el magnesio (Mg) son considerados macronutrientes secundarios en el suelo, ya que las plantas los requieren en cantidades relativamente grandes para su crecimiento y desarrollo saludable (F. G. Bermúdez, 2007). El nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) denominados macronutrientes, son elementos que las plantas requieren en grandes cantidades para su desarrollo producción, la deficiencia de estos elementos afectaría notablemente la productividad de los cultivos (Calva & Espinosa, 2017).



*Tabla 6: Características químicas (macroelementos y microelementos) presentes al final de la experimentación.*

TRAT.	ppm			meq/100 ml				ppm		
	N	P	K	Ca	Mg	Zn	Cu	Fe	Mn	
T1	16,00	25,00	0,90	11,00	1,40	3,80	6,30	173,00	5,20	
T2	15,00	35,00	0,50	4,00	1,10	3,00	5,70	306,00	10,30	
T3	14,00	53,00	0,80	6,00	1,50	4,10	5,80	222,00	12,80	
T4	15,00	49,00	0,60	16,00	1,30	5,70	5,70	114,00	5,30	
T5	12,00	37,00	0,60	20,00	1,00	2,10	3,60	62,00	2,80	
T6	13,00	40,00	0,80	6,00	1,50	3,80	5,40	164,00	13,40	
T7	15,00	22,00	0,70	9,00	1,20	2,80	5,00	169,00	5,10	
T8	16,00	53,00	1,00	5,00	1,40	4,20	6,20	245,00	12,30	
T9	15,00	20,00	0,50	5,00	1,30	2,90	5,10	248,00	10,70	
T10	15,00	53,00	0,70	18,00	1,00	4,00	5,00	98,00	4,20	
T11	13,00	82,00	0,80	20,00	0,90	2,70	3,30	52,00	4,00	
T12	14,00	51,00	0,80	5,00	1,70	6,40	6,90	175,00	13,20	

Fuente: Registros de datos de la investigación en el laboratorio INIAP.

Elaborado: (Ramon, 2024).

En la tabla 4, podemos observar la línea base del contenido de nutrientes en el suelo al inicio de la experimentación. Por otro lado, en la Tabla 6 se observa el resultado del comportamiento de estos elementos por tratamiento factorial al final de la experimentación.

Como ya se indicó en Materiales y Métodos, para el análisis de suelos a la cosecha del cultivo de papa Superchola, se tomaron submuestras obtenidas de las 4 repeticiones que se agruparon por tratamientos factoriales, obteniendo un total de 12 muestras que fueron enviadas al laboratorio de suelos del INIAP para realizar los análisis, donde se determinaron pH, CE, MO, N, P, K, Ca, Mg, Zn, Cu, Fe, Mn.

Lamentablemente no se analizaron por separado las réplicas (por factores económicos) por lo que estos no fueron comparados estadísticamente. Se presentan los datos obtenidos comparando la línea base de los nutrientes que estaban en el suelo, frente a los valores obtenidos de los mismos parámetros a la cosecha por tratamiento factorial.

## Nitrógeno (N)

En la tabla 4, al inicio de la experimentación, el N presentó un contenido medio de 6,15 ppm (valorado como bajo), este parámetro al final del experimento se vio incrementado en todos los tratamientos destacándose el T1, T2, T8, T9 y T10 (entre 15 y 16 ppm), y el menor rango se obtuvo en los Tratamiento Testigo (T11, T12), así como en él T5, T6.

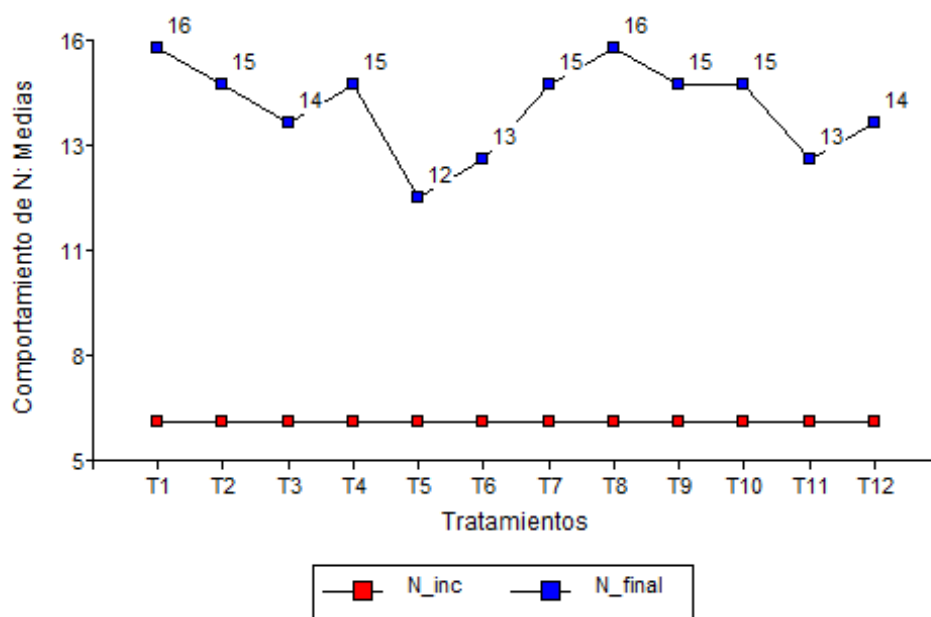


Figura 15: Comportamiento del N a lo largo de la experimentación

El comportamiento de este parámetro (N) es debido al incremento del pH y la mineralización de la materia orgánica (MO), por la aplicación de enmiendas cálcicas (Calva & Espinosa, 2017).

## Fosforo (P)

El macronutriente P, al inicio del experimento registró un nivel bajo de fertilización (7 ppm). A la cosecha del cultivo, se observó en los 12 tratamientos un incremento en un rango de 20 a 82 ppm, equivalente a un nivel alto de fertilizante en el suelo (Padilla, 1979). Vale señalar que el T9, T7 y T1 registraron los menores niveles de fosforo, y el T11 presentó el mayor nivel (Figura 16). Estos valores obtenidos obedecen al incremento del valor del pH y a la mineralización de la materia orgánica (MO) incorporada al suelo. Según el INIA (2022), el

fósforo es un nutriente esencial para el crecimiento y desarrollo del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.).

Otros autores como Weil & Brady (2017) señalan que cuando el pH del suelo se eleva, es decir, se vuelve más alcalino, puede afectar la disponibilidad de fósforo de varias formas, en suelos alcalinos tiende a reaccionar con los minerales del suelo (calcio, hierro y aluminio), formando compuestos insolubles que no están disponibles para las plantas provocando la fijación de fósforo. A medida que el pH del suelo se incrementa, la disponibilidad de fósforo para las plantas disminuye provocando la reducción de la disponibilidad.

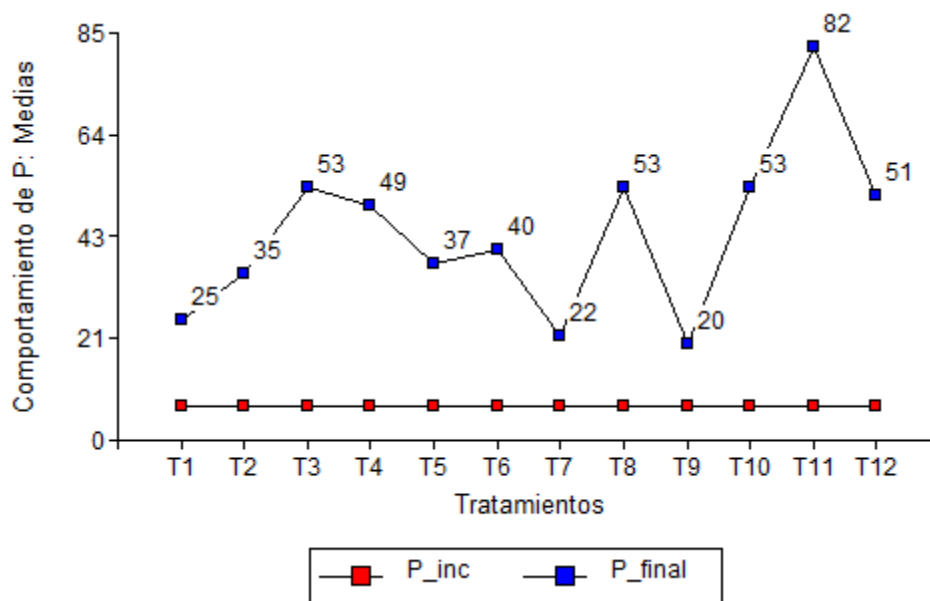


Figura 16: Comportamiento del P a lo largo de la experimentación

Un pH del suelo elevado puede interferir con la capacidad de las plantas para absorber fósforo, ya que las raíces pueden tener dificultades para tomar este nutriente en formas no disponibles denominándose interferencia con la absorción de fósforo (Weil & Brady, 2017).

En nuestro caso, en los mismos tratamientos factoriales T9, T7 y T1, el pH del suelo fue más alto (7.40, 7.03, y 6.95 respectivamente, Figura 13). Por lo tanto, un pH del suelo alto puede llevar a una menor disponibilidad de fósforo para las plantas, lo que puede afectar su crecimiento y desarrollo. Es importante monitorear y ajustar el pH del suelo para garantizar que los nutrientes, incluido el fósforo, estén disponibles en forma adecuada para las plantas.

### Potasio (K)

En la línea base (tabla 4), el contenido de potasio en el suelo registró un nivel medio (0,34 meq/100 ml). Al final de la experimentación, el reporte de los análisis de suelos en todos los tratamientos presentó un incremento de este macroelemento, destacándose los tratamientos factoriales T1 y T8 (con 0,90 y 1,00 meq/100 ml respectivamente (Figura 17) como consecuencia de la aplicación de enmiendas cálcicas. Los tratamientos factoriales que menor nivel alcanzaron fueron T2 y T9 (Figura 17).

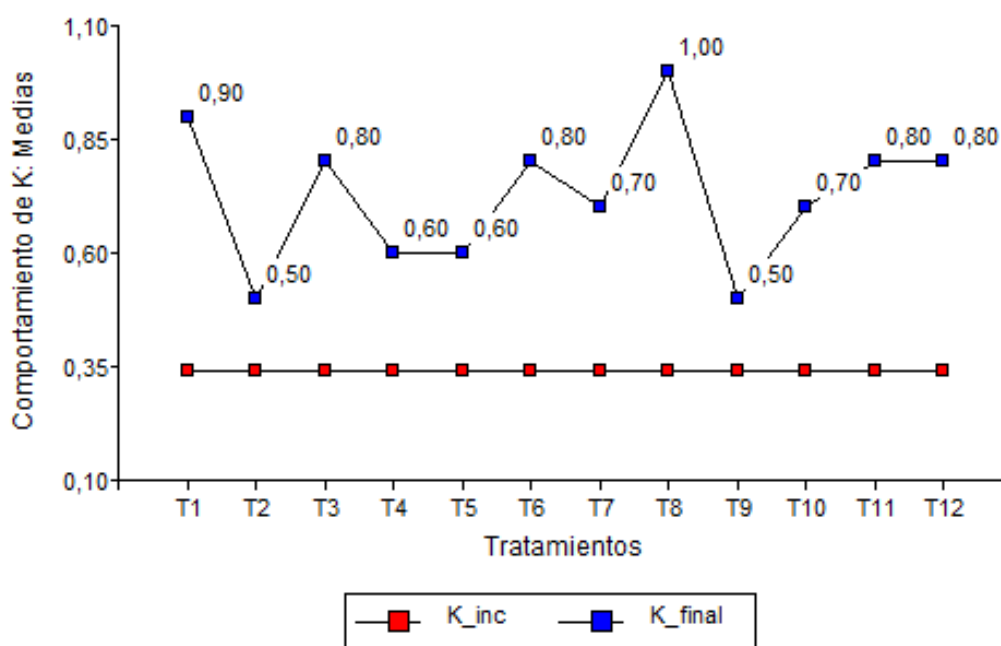


Figura 17: Incremento de Potasio con la aplicación de enmiendas cálcicas

Conocemos que el potasio influye en la tuberización de la papa, situación que se observa en el rendimiento en t/ha cosechadas en los diferentes tratamientos (Figura 11). En las factoriales testigos, también alcanzó un nivel alto de potasio que no se vio reflejado en la productividad del cultivo (Figura 11) debido a otras interacciones principalmente con el pH.

Piraneque, G. et al. (2007), señala que cuando el pH del suelo se eleva, la disponibilidad de potasio para las plantas tiende a disminuir. Esta disminución se debe a que, a pH alcalinos, el potasio tiende a fijarse en formas menos disponibles para las plantas. Esta información es respaldada por autores como Marschner. P (2012) en su libro "Mineral Nutrition of Higher Plants" donde se aborda cómo el pH del suelo afecta la disponibilidad de nutrientes para las plantas, incluido el potasio. En nuestro caso este comportamiento no se dio en todos los

tratamientos (Figura 17), en relación con el pH (Tabla 5, Figura 13). El potasio en el suelo juega un papel crucial en la tuberización de las plantas de papa (Marschner, 2012).

Según Marschner. P (2012), el potasio es fundamental para el desarrollo de tubérculos en las plantas de papa, estimulando su crecimiento, desarrollo y acumulación de almidón. Además, el potasio contribuye a mejorar la calidad de los tubérculos al influir en su tamaño, forma y contenido de almidón, lo que puede resultar en una producción de tubérculos más abundante y de mejor calidad, situación que, si se registró en nuestro estudio, el tratamiento Factorial con mayor contenido de K (T1 0,90 meq/100 ml), registro una productividad de 23,25 t/ha.

### Calcio (Ca)

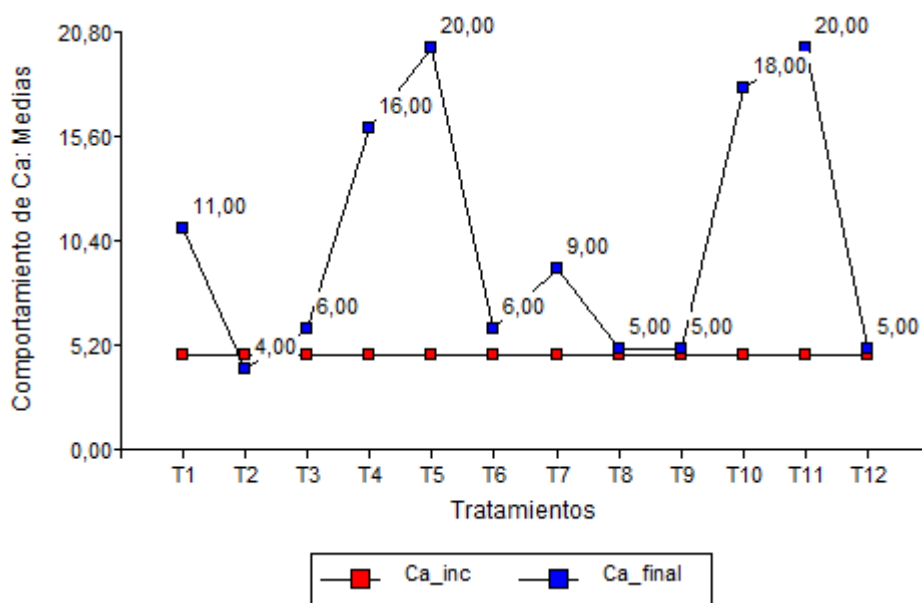


Figura 18: Incremento de Ca luego de la aplicación de diferentes enmiendas cálcicas

El Calcio es considerado como un macronutriente secundario en la producción de cultivos. Este elemento al inicio de la experimentación presentó un valor de 4,73 meq/ 100 ml (medio) (Tabla 4). Luego de la aplicación de las enmiendas cálcicas llegó a registrar en algunos tratamientos entre 11 y 20 meq /100 ml (T1, T4, T5, T10 y T11) y de 4 a 9 meq/100 ml de solución (T2, T3, T6, T7, T8, T9 y T12) (Figura 18).

Analizado este comportamiento, podemos decir que está íntimamente relacionado con los valores de pH que se determinaron en el transcurso de esta investigación (Tabla 5), ya que a pH bajos tiende a disminuir considerablemente el calcio (F. Bermúdez & Lazo. Once, 2009). Según Bohn, H.L. et al. (2002), el pH del suelo afecta la disponibilidad y movilidad del calcio,

detallando cómo la acidez o alcalinidad del suelo, que puede influir en la forma en que el calcio interactúa con otros elementos del suelo y con las plantas.

En esta experimentación se pudo observar que los suelos con enmiendas cálcicas (carbonato de calcio en dosis crecientes) en (T1, T5, y T10) presentaron un incremento de Ca (nivel alto), no así el tratamiento T9 y T6, que solo registraron un contenido medio de este nutriente. En resumen, el comportamiento del calcio en el suelo frente al pH está influenciado por la acidez o alcalinidad del suelo. En suelos ácidos, el calcio puede volverse más disponible, mientras que en suelos alcalinos tiende a precipitar y volverse menos disponible para las plantas.

## Magnesio

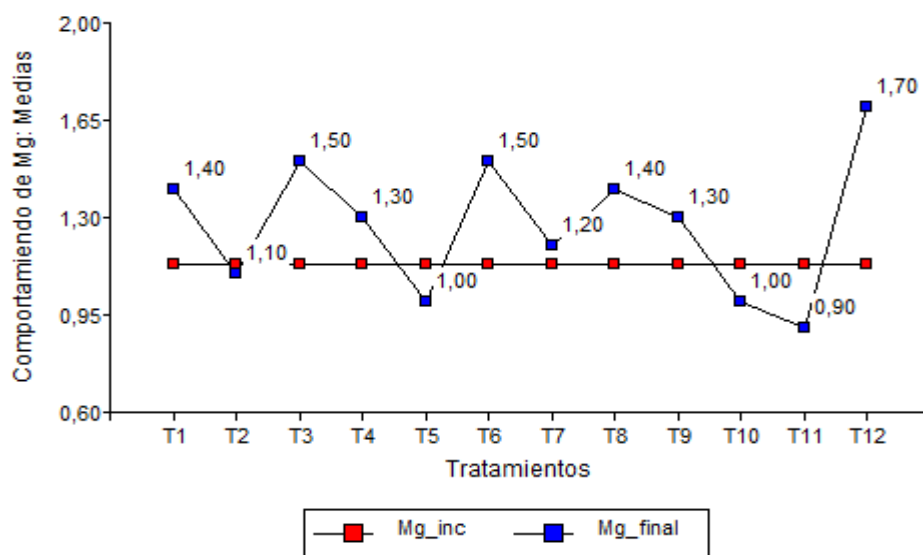


Figura 19: Comparación del comportamiento del Mg tras la aplicación de enmiendas cálcicas.

El magnesio, considerado también un macroelemento secundario, al inicio de la experimentación (Tabla 4), presentó un contenido medio en el suelo (1,13 meq/100 ml de solución). En la Figura 19, se puede observar que al final de la experimentación se registró un incremento en los tratamientos factoriales estudiados, a excepción de T2, T5, T10 y T11 (1,1- 1- 1-0,9 meq/100 ml, respectivamente) que presentaron valores un tanto menores a los iniciales (Tabla 4, Figura 19).

Este comportamiento en *Solanum tuberosum* L. cita Coraspe-León, H. et al (2009) que, en suelos ligeramente alcalinos y alcalinos, el magnesio puede volverse menos disponible para las plantas de papa, ya que a pH altos tiende a precipitar y formar compuestos insolubles. Un

pH alto puede limitar la absorción de magnesio por las plantas de papa, lo que puede afectar su crecimiento y desarrollo si no hay suficiente magnesio disponible en forma asimilable (Figura 13). En suelos ácidos, según Araya, M et al. (2015), indica que el magnesio tiende a estar más disponible, ya que a pH bajos se reduce la competencia con otros cationes como el Al y el Fe, lo que facilita su absorción por las raíces de las plantas de papa.

### Zinc (Zn)

El microelemento Zinc al inicio de la experimentación registró en el suelo un nivel de 1,8 ppm (bajo) (Tabla 4), luego de la aplicación de las enmiendas cálcicas todos los tratamientos factoriales presentaron en el análisis de suelos un incremento en este elemento. El que menor valor presentó fue T5 (2,10 ppm) y los mayores valores registraron T4 (5,70 ppm) y T12 (6,40 ppm), alcanzando un nivel medio de este nutriente en el suelo (Figura 20).

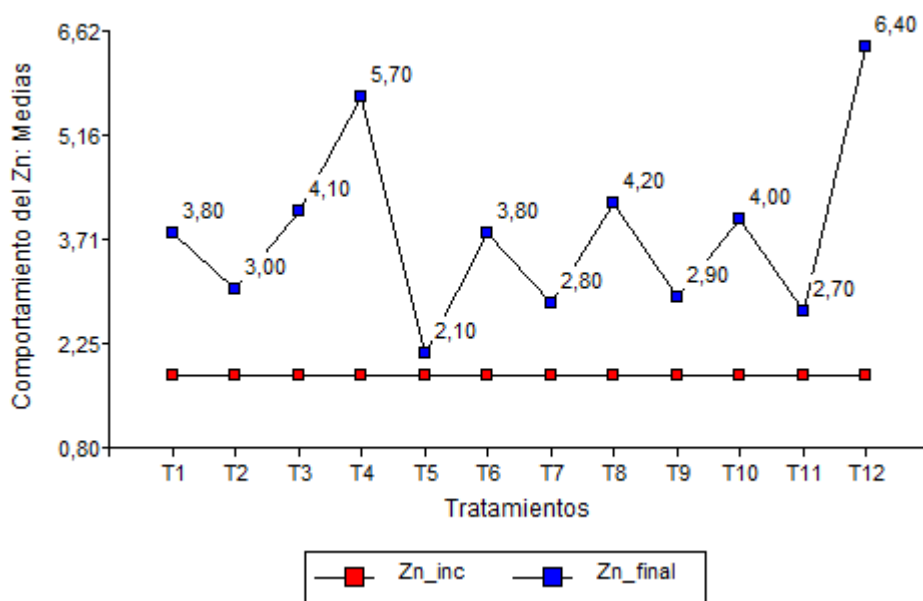


Figura 20: Comportamiento del Zinc luego de las aplicaciones de enmiendas cálcicas

Choverri & Bornemisza (1979), en estudios con zinc en la producción de papa comprobaron que el comportamiento era similar a lo descrito anteriormente, ya que el cultivo requiere de este nutriente para cumplir funciones metabólicas. Essington (2003), en su libro "Soil and Water Chemistry: An Integrative Approach" señala que, en suelos alcalinos, el zinc tiende a volverse menos disponible para las plantas, ya que a pH altos puede precipitar y formar compuestos insolubles. Un pH alto puede limitar la disponibilidad de zinc para las plantas, lo que puede afectar su crecimiento y desarrollo si no hay suficiente zinc disponible en forma

asimilable. Así también, en suelos ácidos, el zinc tiende a estar más disponible para las plantas, ya que a pH bajos se reduce la fijación de zinc en formas menos disponibles. Un pH bajo puede favorecer la solubilidad y disponibilidad de zinc en el suelo, lo que facilita su absorción por las raíces de las plantas.

### Cobre (Cu)

Según Alloway (2013), mencionó que el cobre es un micronutriente esencial para las plantas, está presente en procesos biológicos, como la fotosíntesis y la formación de enzimas. Sin embargo, niveles excesivos de cobre en el suelo pueden resultar tóxicos para las plantas y otros organismos del suelo. En la línea base del estudio el Cu registró un nivel medio de 5,3 ppm (Tabla 4). A la cosecha del cultivo de papa se registró un incremento de la presencia de este micro nutriente en T1, T2, T3, T4, T6, T8 y T12, siendo el mayor en T1 y T8 con 6,30 y 6,20 ppm respectivamente. Los valores de Cu menores registrados fueron de T5 (3,60 ppm) y T11 (3,30 ppm) (Figura 21).

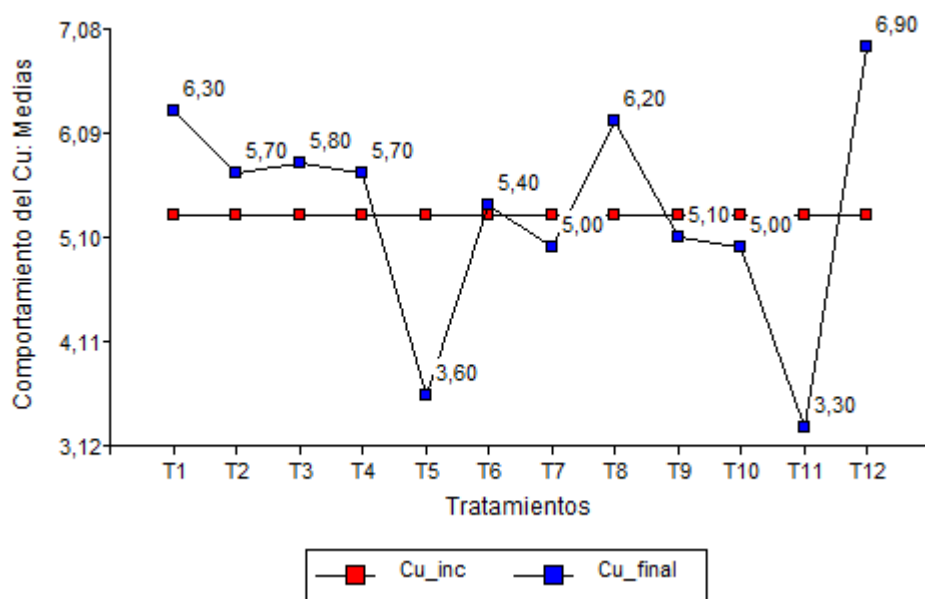


Figura 21: Comportamiento del cobre debido a la aplicación de enmiendas cálcicas.

Kim H (2010), en su libro "Principles of Soil Chemistry" señala que, en suelos ácidos, el Cu tiende a estar más disponible para las plantas, ya que a pH bajos se reduce la fijación de Cu en formas menos disponibles. En suelos ligeramente alcalinos y alcalinos, el Cu tiende a volverse menos disponible, ya que a pH altos puede precipitar y formar compuestos insolubles (Kim H, 2010). Un pH alto puede limitar la disponibilidad de este micronutriente, que, aunque



se requiera en poca cantidad para las plantas, puede afectar su crecimiento y desarrollo si no hay suficiente Cu disponible en forma asimilable.

### Hierro (Fe)

Al determinar las características iniciales físico- químicas del suelo del lugar donde se aplicó la experimentación se obtuvo un valor de pH medianamente ácido (5,6) presentando valores altos en Fe (299,50) (Tabla 4), se indica que cuando se llega a alcanzar valores cercanos o superiores de los 300 ppm se considera tóxico para la mayoría de cultivos llevando a modificar la disponibilidad de nutrientes o a su vez generando cambios en la microbiota del suelo tal como lo indica Connorton et al (2017) en su publicación de “Homeostasis del hierro en las plantas”. Onyango et al (2018) mencionó que al tener exceso de Fe en el suelo disminuye la elongación y crecimiento celular de la raíz principal deteniendo el crecimiento de las plantas lo que afecta el rendimiento de los cultivos afectando directamente al cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L. var *Superchola*) (Onyango et al., 2018).

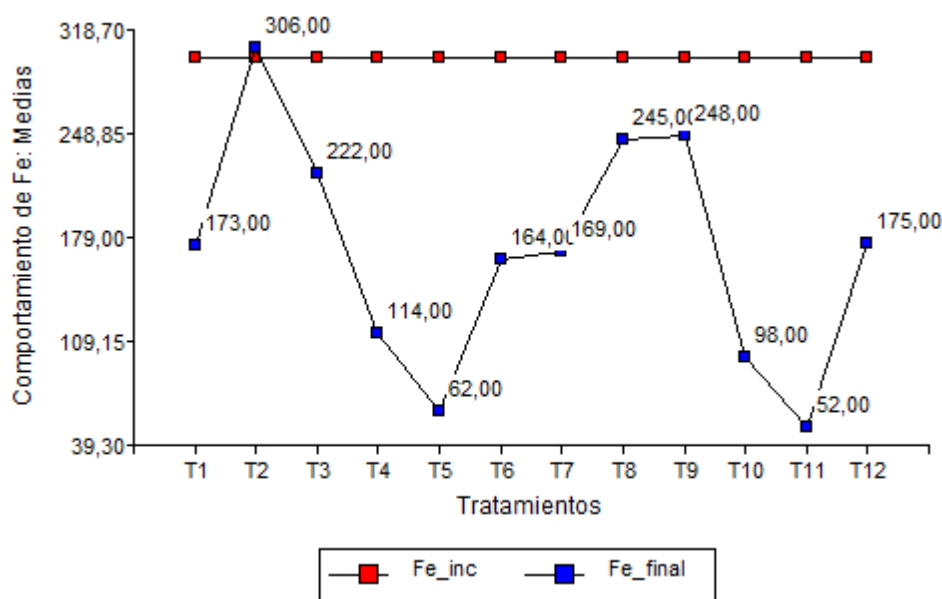


Figura 22: Comportamiento del hierro tras haber aplicado enmiendas cálcicas

Este micronutriente presentó un comportamiento diferente a mayoría de nutrientes descritos anteriormente, no registró incremento, sino más bien disminución de su valor por el efecto de la aplicación de enmiendas cálcicas (F. Bermúdez & Lazo. Once, 2009) ya que al inicio en la línea base de la experimentación se determinó alrededor de 300 ppm (alto) de hierro (Fe) en el suelo. Al final de la experimentación, este micronutriente disminuyó notablemente en todos los tratamientos analizados siendo los valores más bajos en T1 (173 ppm), T5 (62 ppm), T10 (98 ppm) y T11 (52 ppm) (Figura 22). Tanto Calva & Espinosa (2017) y Bermúdez, FG (2007),

señalan que la disminución ppm de Fe, está íntimamente relacionado con el incremento del pH y el incremento de los niveles de Ca en el suelo.

Los valores de Fe disminuyeron para los tratamientos que se aplicó carbonato de calcio hasta un valor menor de 62 ppm, situación similar ocurrió con lo mencionado por Rosas et al (2017). Álvarez et al (2012), indicaron que en suelos con pH >5,5 los valores de Al y Fe son casi imperceptibles.

### Manganeso (Mn)

Al inicio de la experimentación presentó un valor medio en el suelo de 6,65 ppm. Al final de la experimentación se registró un incremento importante de este micronutriente en la mitad de los tratamientos (T2, T3, T6, T8, T9 y T12), siendo el mayor el T6 con un valor de 13,4 ppm (alto) y el menor valor en T5 con 2,8 ppm (bajo) (Figura 23).

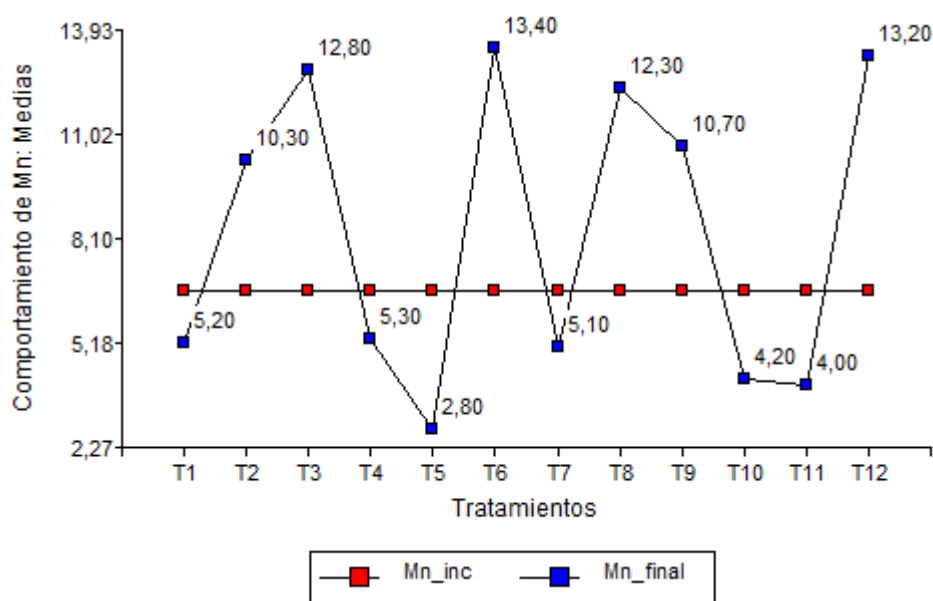


Figura 23: Comparación del Mn inicial con los valores obtenidos al final de la experimentación.

El comportamiento de este nutriente no presenta un patrón en relación a las enmiendas cálcicas aplicadas lo que podríamos decir que el exceso de manganeso en el suelo puede influir en la absorción del Fe pudiendo presentar deficiencias de este elemento. Según Gómez, M, et al 2006, la dosis de al alrededor de 25-30 g de Mn por tonelada producida de papa, y una eficiencia de entre 10% y 20% de incremento en la cosecha, dependiendo del pH del suelo. Cabe anotar que el Mn es, después del hierro ( $80 \text{ g} \cdot \text{t}^{-1}$ ), el micronutriente más requerido por el cultivo (Bertsch, 2003).

## 6. Conclusiones:

La experimentación duro 125 días, transcurrido este tiempo se realizó la cosecha y análisis de suelos al final de la experimentación. Los resultados de esta investigación en el cultivo de papa Superchola con la incorporación de enmiendas cálcicas (carbonato de calcio y sacarato de calcio en dosis creciente), permite concluir lo siguiente:

**Objetivo 1:** Determinar las características iniciales físico- químicas del suelo de la zona de estudio en el cantón Nabón.

Al caracterizar el suelo, se concluye que los suelos del área de estudio son medianamente ácidos, con un nivel de fertilidad: N (bajo) - P (bajo) – K (medio), el micronutriente que resalta es el hierro (Fe), con un nivel muy alto, típico de suelos ácidos, con el calcio (Ca) en nivel medio, por el mismo efecto del Fe., con una CE baja (ya que el suelo sobre el que se trabajo estuvo algunos años en barbecho). Las características físicas presentaron un suelo arcillo-limoso, típico de los suelos andosoles, con una densidad aparente Buena y una porosidad muy buena (permeable). Con estas características podemos decir que el suelo a ser utilizado en esta experimentación, presentó en general una fertilidad media en lo que respecta al contenido de macro y micronutrientes y un pH Medianamente acido (Me-Ac), con una CE por debajo del rango admisible (0,20 dS/m).

**Objetivo 2:** Evaluar variables fenológicas en un cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L. var *Superchola*) con la aplicación de dosis crecientes de enmiendas cálcicas a dos distancias siembra.

En el análisis de parámetros fenológicos (emergencia, altura de planta y numero de inflorescencias por planta) en algunos tratamientos factoriales se presentaron diferencias significativas que al final de la experimentación, a la cosecha de los tubérculos, no tuvieron una trascendencia que afectara al rendimiento por unidad de superficie ( $t\ ha^{-1}$ ).

En lo que respecta a la altura de la planta se pudo observar que en los primeros 45 días desde la siembra, el tratamiento Testigo (T6), registró mayores valores, pero al final de la experimentación, en la producción de tubérculos, este tratamiento fue el que menos toneladas por hectárea acumuló.

En la evaluación de Peso de tubérculos, esta no presentó diferencias significativas (ns) entre los tratamientos factoriales, más bien, el número de tubérculos por plantas si presentaron ds, siendo el T1 y T2 los valores más altos (mediana 19,10 y 19,00), y el testigo (T11, con 8,65) el más bajo. Esto se vio reflejado en el rendimiento por hectárea que, si presento ds, siendo

el T1( $1 \text{ kg m}^{-2}$ ) =  $23,25 \text{ t ha}^{-1}$  la factorial que mayor rendimiento registro. Los tratamientos factoriales con (carbonato cálcico en dosis crecientes) que alcanzaron rendimientos secundarios T5( $2 \text{ kg m}^{-2}$ ) =  $18,22 \text{ t ha}^{-1}$ , y T9( $3 \text{ kg m}^{-2}$ ) =  $13,10 \text{ t ha}^{-1}$ . Por otra parte, los rendimientos registrados para las enmiendas con sacarato de calcio ( $40 \text{ ml l}^{-1}$ ) con las factoriales T3 =  $18,70 \text{ t ha}^{-1}$ , y T4 =  $15,89 \text{ t ha}^{-1}$ . Así como las factoriales con sacarato calcio ( $60 \text{ ml l}^{-1}$ ) T7 =  $15,25 \text{ t ha}^{-1}$  y T8 =  $14,02 \text{ t ha}^{-1}$ . En cuanto a los testigos estos registraron las más bajas productividades

Podemos decir que las factoriales con las enmiendas de sacarato de calcio a la concentración de  $40 \text{ ml l}^{-1}$ , no fueron las mejores, pero nada despreciables, se podrían considerar para futuras investigaciones, no así las factoriales con la concentración de sacarato de calcio  $60 \text{ ml l}^{-1}$ .

En general las parcelas experimentales no presentaron mayor presencia de plagas y enfermedades, las dos últimas semanas se registró un ataque de lancha (*Phytophthora infestans*), la misma que fue controlada sin problema. La mortalidad media del cultivo fue de 8,53%, siendo la permitida hasta un 20% que podría afectar el umbral económico.

**Objetivo 3:** Evaluar las características del suelo al final de la experimentación.

El pH del suelo se incrementó en general en los tratamientos factoriales, frente al pH inicial, lo que ocasiono que los nutrientes del suelo se pongan a disposición de las raíces de las plantas. La CE eléctrica también se incrementos a la mitad del tiempo de cultivo, sin superar los límites admisibles; luego al final del cultivo esta disminuyo, lo que indica que el proceso de cultivo intervino al respecto.

Tanto los macronutrientes principales (N-P-K) registraron un incremento en todos los tratamientos con enmiendas cálcicas, frente a los valores obtenidos en la línea base, al inicio de la experimentación. Los macronutrientes secundarios (Ca-Mg) de igual manera presentaron un incremento en todos los tratamientos factoriales a excepción del T2 (Ca) que presento una pequeña disminución de este nutriente. En el caso del Mg, este presento decremento en las factoriales T2, T5, T10 y T11, pero que, según los resultados de productividad, este comportamiento no tuvo incidencia en la cosecha en  $\text{t ha}^{-1}$ . En el comportamiento de los micronutrientes del suelo. En el Zn, se presentó un incremento en todos los tratamientos. En el Cu, tan solo en las factoriales T5, T7 y T11 se determinó un pequeño decremento en sus valores. El Mn, en las factoriales T1, T4, T5, T7, T10 y T11, registro valores por debajo de la línea base. En el caso del Hierro, nutriente que como ya se analizado influye directamente en el pH del suelo y en la disponibilidad de nutrientes para el

cultivo, tan solo en T2 presentó un pequeño incremento, en el resto de tratamientos factoriales, el Fe disminuyó notablemente, lo que dio como consecuencia que la papa Superchola alcance productividades que están similares a las dictadas por el INIAP para esta variedad.

Ya en la práctica, la eficiencia de una u otra investigación en nuestro caso se mide en productividad, ya que a nuestros agricultores y productores así como a los profesionales de la agronomía, lo que nos interesa es obtener mejores cosechas por unidad superficie, sin causar impactos negativos al medio ambiente, en este caso la mejor respuesta ha sido la factorial T1 ((1 kg m<sup>-2</sup> carbonato de calcio) x (la distancia de siembra de 1,00 m entre filas x 0,30 m entre plantas)) con la ampliación de un kilogramo por metro cuadrado de suelo de cultivo.

### Recomendaciones

- Replicar la experiencia en otras latitudes, para observar el comportamiento de la variedad a diferentes alturas y dosis de carbonato cálcico.
- Cumplir con los días de cultivo, que recomienda el INIAP para esta variedad.
- Que la Facultad cuente con presupuesto destinado para apoyar a los estudiantes para realizar sus trabajos de titulación.
- Contar con los medios suficientes para realizar el número de los análisis de suelos que permita aplicar la estadística que es una herramienta crucial en la investigación para analizar datos, sacar conclusiones significativas, validar resultados y tomar decisiones fundamentadas sobre fenómenos estudiados.
- Profundizar el estudio de pH en relación a la asimilación de nutrientes por los diferentes cultivos en diferentes escenarios.

## 7. Referencias

- Aguilar-Acuña, J. L., López-Morgado, R., Núñez-Escobar, R., & Gardezi, A. K. (2003). *ENCALADO Y FERTILIZACIÓN FOSFATADA EN EL CULTIVO DE PAPA EN UN ANDOSOL DE LA SIERRA VERACRUZANA*.
- 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 nutrientes 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>
- Basantes, T., Aragón, J., Albuja, L., & Vázquez, L. (2019). *Diagnóstico de la situación actual de la producción y comercialización de la papa (Solanum tuberosum L.) en la Zona 1 del Ecuador | e-Agronegocios*. 6. <https://doi.org/10.18845/ea.v6i2.5103>
- Bermúdez, F. (2024). *Comunicación y análisis personal*.
- Bermúdez, F. G. (2007). *Estudios de Fertilidad de suelos (25.000 ha) de la provincia de Morona Santiago. Consultoría para el CREA/ Consejo Provincial de Morona Santiago, Ecuador*.
- Bermúdez, F., & Lazo. Once, F. (2009). Presencia de Hierro (Fe) y su relación con el Calcio (Ca) y el pH, en los suelos de la provincia de Morona Santiago. *Seminis de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Cuenca, Ecuador*, 10.
- Calva, C., & Espinosa, J. (2017). Efecto de la aplicación de cuatro materiales de encalado en control de la acidez de un suelo de Loreto, Orellana. *Siembra*, 4(1), 110-120. <https://doi.org/10.29166/siembra.v4i1.505>
- Campillo, R., & Sadzawka, A. (2015). LAS ENMIENDAS CALCÁREAS. UN INSUMO TECNOLÓGICO VITAL PARA LOS SUELOS ACIDIFICADOS DEL SUR DE CHILE. *INIA*, Serie Remehue(71). <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/39452/NR23975.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Chávez, J. V. (2007). *ESTUDIO DE MERCADO EN TRES VARIEDADES DE PAPA (Solanum tuberosum) EN LA PROVINCIA DE PICHINCHA*. <https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/724/1/84482.pdf>
- Cuesta, X., Monteros, C., Racines, M., & Rivadeneira, J. (2022). Catálogo de variedades de papa del Ecuador. mayo, 2022. <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5850/1/CATALOGO%20PAPA%202022.pdf>
- Almeida, F. M., Gonçalves Pereira, G. J., Arzuaga Sánchez, J., Torres de la Noval, W., Cabrera Rodríguez, J. A., & Hernández Jiménez, A. (2015). Principales problemáticas que afectan el desarrollo del cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.) en diferentes municipios de la provincia Huambo, Angola. *Cultivos Tropicales*, 36(4), 100-107.
- Díaz- Marín, C., Morales- Londoño, C. S., & Sadeghian-Khalajabadi, S. (2008). Cambios químicos ocasionados por enclamiento y uso de lombrinaza en la etapa de almácigo

- del café. *Cinecafé*. <https://www.cenicafe.org/es/publications/arc059%2804%29295-309.pdf>
- Essington, M. E. (2003). *Soil and Water Chemistry*. CRC PRESS. [https://slunik.slu.se/kursfiler/MV0218/20103.1920/Essington\\_1st\\_edition.pdf](https://slunik.slu.se/kursfiler/MV0218/20103.1920/Essington_1st_edition.pdf)
- Hirzel, J., Toloza, S., & Novoa, F. (2016). EVOLUCIÓN A CORTO PLAZO DE LAS PROPIEDADES QUÍMICAS EN DOS SUELOS DE LA ZONA CENTRO SUR DE CHILE FERTILIZADOS CON DIFERENTES FUENTES DE CALCIO. *Chilean journal of agricultural & animal sciences*, 32(3), 217-227. <https://doi.org/10.4067/S0719-38902016005000006>
- Ibarra Castillo, D., Ruiz Corral, J. A., González Eguarte, D. R., Flores Garnica, J. G., & Díaz Padilla, G. (2009). Distribución espacial del pH de los suelos agrícolas de Zapopan, Jalisco, México. *Agricultura técnica en México*, 35(3), 267-276.
- Kim H, T. (2010). *Principles of Soil Chemistry* (4th Edición). CRC PRESS. <https://www.routledge.com/Principles-of-Soil-Chemistry/Tan/p/book/9781439813928>
- Lucero, H. (2011). Manual de cultivo de papa para la Sierra Sur. *Estación Experimental del Austro, Manual N° 90*. <https://repositorio.iniap.gob.ec/jspui/bitstream/41000/2395/1/MANUAL%2090%20pdf.pdf>
- Magra, G., & Ausillo, A. (2020). *Corrección de la acidez de los suelos*. <https://www.profertil.com.ar/wp-content/uploads/2020/08/correccion-de-la-acidez-de-los-suelos.pdf>
- Malte Mora, G. (2022). "EFECTO DEL PESO Y DENSIDAD DE SIEMBRA EN LA PRODUCCIÓN DE SEMILLA BÁSICA DE PAPA (*Solanum tuberosum* L. var. *Superchola*) EN SUSTRATO, MONTÚFAR, CARCHI" [Universidad Técnica del Norte]. <https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/13407/1/03%20AGP%20348%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>
- Marschner, P. (2012). *Mineral Nutrition of Higher Plants*. <https://www.sciencedirect.com/book/9780123849052/marschners-mineral-nutrition-of-higher-plants#book-description>
- Miriam Lang. (2018). *Nabón: Construyendo el Sumak Kawsay desde abajo*.
- Molina, J., Santos, M., & Aguilar, L. (2004). *Guía MIP en el cultivo de la Papa*. <https://cenida.una.edu.ni/relectronicos/RENH10M722.pdf>
- Monreal Pinal. (2001). LA REGIÓN DE NAVIDAD, NUEVO LEÓN. *Mexico, Buenavista*.
- Morales Hernández, J. L., Hernández Martínez, J., & Rebollar Rebollar, S. (2013). Rendimiento de papa con fuentes de fertilización mineral en un Andosol del Estado de México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 4(6), 881-893.



- Onyango, D., Entila, F., Dida, M., & Ismail, A. (2018). *Mechanistic understanding of iron toxicity tolerance in contrasting rice varieties from Africa: 1. Morpho-physiological and biochemical responses*. <https://doi.org/10.1071/FP18129>.
- Pacheco, M. (2017). Efecto de la densidad de siembra sobre el rendimiento y calidad del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) en el valle del Mantaro, Perú. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 67-74.
- Padilla, W. (1979). Guía de recomendaciones de fertilización para los principales cultivos del Ecuador. Quito, Ecuador: INIAP, Estación Experimental Santa Catalina, Departamento de Suelos. (*Boletín Técnico no. 32*)., 32.
- Pallais, N. (2004). *Manejo Integrado de Plagas*. <https://cenida.una.edu.ni/relectronicos/RENH10M722.pdf>
- Patiño, J. (2022). *Elaboración y Formulación de Sacarato de Calcio- Datos no publicados*.
- Paz, F. I. C. (2010). *EVALUACIÓN DE LA DISTANCIA ENTRE MINITUBÉRCULOS Y NÚMERO DE TALLOS POR PLANTA EN LA PRODUCTIVIDAD DE SEMILLA DE PAPA*.
- Rivadeneira, J., Yumisaca, F., Monteros, C., Racines, M., & Cuesta, X. (2021). *FICHA TÉCNICA DE LA VARIEDAD DE PAPA INIAP-SuperFri*. <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5768/1/2.%20Ficha%20T%C3%A9cnica%20variedad%20INIAP%20SuperFri.pdf>
- Rodríguez, L. E. (2010). Origen y evolución de la papa cultivada. Una revisión. *Agronomía Colombiana*, 28(1), 9-17.
- Rosas, G., Puentes-Páramo, Y. J., Menjivar-Flores, J. C., Rosas-Patiño, G., Puentes-Páramo, Y. J., & Menjivar-Flores, J. C. (2017). Relación entre el pH y la disponibilidad de nutrientes para cacao en un entisol de la Amazonia colombiana. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 18(3), 529-541. [https://doi.org/10.21930/rcta.vol18\\_num3\\_art:742](https://doi.org/10.21930/rcta.vol18_num3_art:742)
- Sandaña, P. (2014). *FERTILIZACIÓN DEL CULTIVO DE PAPA*. 22, 2.
- Santos, J., & Accatino, L. (s. f.). *Siembra de Papas y Calidad de la Semilla*. 4.
- Sifuentes Ibarra, E., Ojeda Bustamante, W., Mendoza Pérez, C., Macías Cervantes, J., Rúelas Islas, J. del R., & Inzunza Ibarra, M. A. (2013). Nutrición del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) considerando variabilidad climática en el «Valle del Fuerte», Sinaloa, México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 4(4), 585-597.
- SIPA. (2023). Rendimientos objetivos de Papa. *El Nuevo Ecuador*. <https://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/rendimientos-de-papa-2023-cp>
- Toledo, A., Albuja, L., & Recto, J. (2008). *Manual de Cultivo de Papa (Solanum tuberosum)*. [https://quickagro.edifarm.com.ec/pdfs/manual\\_cultivos/PAPA.pdf](https://quickagro.edifarm.com.ec/pdfs/manual_cultivos/PAPA.pdf)
- Tuncay, O. (2018). The Effects of Calcium Nutrition on Growth and Yield of Potato (*Solanum tuberosum* L.). *Journal of Agricultural Sciences*, 24(1), 1-11.



Weil, R., & Brady, N. (2017). *The Nature and Properties of Soils. 15th edition.*  
[https://www.researchgate.net/publication/301200878\\_The\\_Nature\\_and\\_Properties\\_of\\_Soils\\_15th\\_edition/citation/download](https://www.researchgate.net/publication/301200878_The_Nature_and_Properties_of_Soils_15th_edition/citation/download)

**Anexos****Anexo A**

Abreviaturas	Descripción	Distancia de siembra
T1	1 kg de Carbonato de Calcio por m <sup>2</sup>	0.30 m * 1m
T2	1 kg de Carbonato de Calcio por m <sup>2</sup>	0.50 m * 1m
T3	40 ml de Sacarato de Calcio por m <sup>2</sup> .	0.30 m * 1m
T4	40 ml de Sacarato de Calcio por m <sup>2</sup> .	0.50 m * 1m
T5	2 kg de Carbonato de Calcio por m <sup>2</sup>	0.30 m * 1m
T6	2 kg de Carbonato de Calcio por m <sup>2</sup>	0.50 m * 1m
T7	60 ml de Sacarato de Calcio por m <sup>2</sup>	0.30 m * 1m
T8	60 ml de Sacarato de Calcio por m <sup>2</sup>	0.50 m * 1m
T9	3 kg de Carbonato de Calcio por m <sup>2</sup> .	0.30 m * 1m
T10	3 kg de Carbonato de Calcio por m <sup>2</sup> .	0.50 m * 1m
T11	Testigo (No será aplicado ninguna enmienda cálcica).	0.30 m * 1m
T12	Testigo (No será aplicado ninguna enmienda cálcica).	0.50 m * 1m

**Anexo B**

Aplicación de Enmiendas Cálcicas antes de la Siembra.

**Anexo C**

Siembra de la papa (*Solanum tuberosum* L. var *Superchola*) a diferentes distancias de siembra.



#### Anexo D

Emergencia de la papa (*Solanum tuberosum* L. var *Superchola*) a los 15 días después de la siembra.



#### Anexo E

Toma de datos de la altura de la planta de papa (*Solanum tuberosum* L. var *Superchola*).





## Anexo F

Cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L. var *Superchola*) a los 51 días después de la siembra.





## Anexo G

Aplicación de Humic Full Plus en las parcelas que cuentan con los tratamientos con diferentes dosis de Sacarato de Calcio.



## Anexo H

Fertilización aplicada al medio aporque y aporque completo del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L. var *Superchola*).



## Anexo I

Aporque realizado al cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L. var *Superchola*).



#### Anexo J

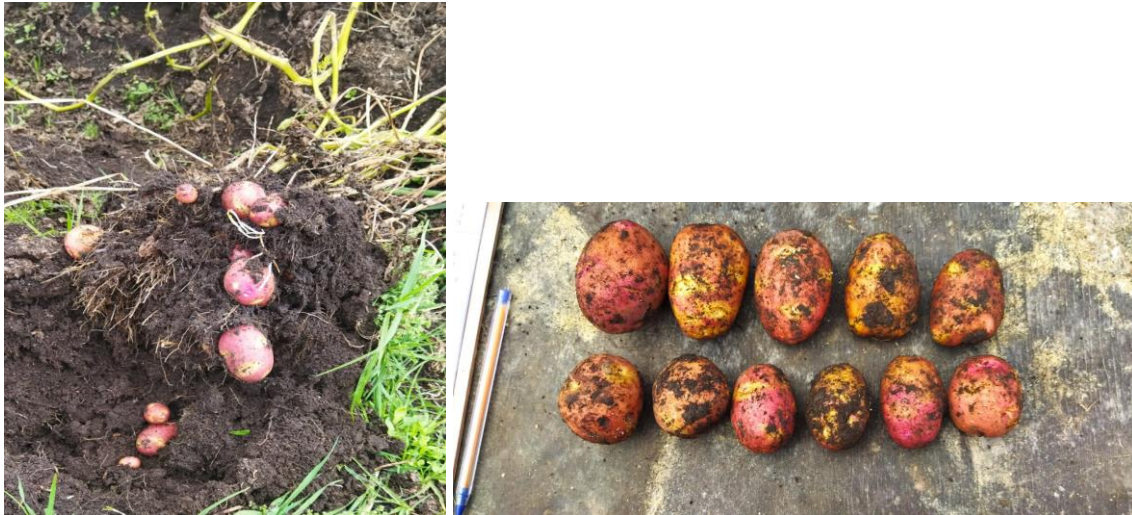
Floración de la papa (*Solanum tuberosum* L. var *Superchola*).



#### Anexo K

Cosecha del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L. var *Superchola*), cultivo que fue aplicado diferentes enmiendas cálcicas.





### Anexo L

Pesaje de tubérculos por planta



### Anexo M

Prueba de normalidad (Shapiro Wilks) para la variable emergencia de las plantas de papa.

**Shapiro-Wilks (modificado)**

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
----------	---	-------	------	----	-----------------

%SI_EM_1	48	21,39	13,48	0,90	0,0017
%SI_EM_2	48	56,08	15,71	0,94	0,0899
%SI_EM_3	48	98,54	5,74	0,28	<0,0001

Prueba de normalidad (Shapiro Wilks) para las variables altura e inflorescencia.

#### Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
Altura_1	768	6,61	3,11	0,96	<0,0001
Altura_2	750	15,48	7,38	0,96	<0,0001
Altura_3	721	25,38	13,24	0,85	<0,0001
Inflorescencias	766	2,19	1,71	0,89	<0,0001

## Anexo N

Resultados estadísticos para la variable emergencia de las plantas de papa *Solanum tuberosum* L var. Superchola.

**Emergencia\_1 (15 días) aplicando una prueba de Tukey al 5 %.**

#### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
%SI EM 1	48	0,38	0,19	56,84

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3214,37	11	292,22	1,98	0,0611
Tratamientos	3214,37	11	292,22	1,98	0,0611
Error	5320,71	36	147,80		
Total	8535,08	47			

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=30,00433**

Error: 147,7975 gl: 36

Tratamientos	Medias	n	E.E.
T10	8,33	4	6,08 A
T7	8,75	4	6,08 A
T6	12,50	4	6,08 A
T9	18,75	4	6,08 A
T1	20,00	4	6,08 A
T4	20,84	4	6,08 A
T8	22,92	4	6,08 A
T3	25,00	4	6,08 A
T11	26,25	4	6,08 A
T12	27,08	4	6,08 A
T5	28,75	4	6,08 A
T2	37,50	4	6,08 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

**Emergencia\_2 (30 días) aplicando una prueba de Tukey al 5 %.**



## Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
%SI EM 2	48	0,41	0,23	24,51

## Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	4802,00	11	436,55	2,31	0,0289
Tratamientos	4802,00	11	436,55	2,31	0,0289
Error	6800,81	36	188,91		
Total	11602,80	47			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=33,92184

Error: 188,9113 gl: 36

Tratamientos	Medias	n	E.E.
T6	35,42	4	6,87 A
T10	39,59	4	6,87 A B
T9	47,50	4	6,87 A B
T12	56,25	4	6,87 A B
T1	57,50	4	6,87 A B
T7	57,50	4	6,87 A B
T4	58,33	4	6,87 A B
T8	60,42	4	6,87 A B
T2	60,42	4	6,87 A B
T11	61,25	4	6,87 A B
T3	68,75	4	6,87 A B
T5	70,00	4	6,87 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

## Emergencia\_3 (45 días) aplicando una prueba no paramétrica (Kruskal Wallis).

## Prueba de Kruskal Wallis

Variable	Tratamientos	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
%SI_EM_3	T1	4	95,00	10,00	100,00	3,19	0,0793
%SI_EM_3	T10	4	100,00	0,00	100,00		
%SI_EM_3	T11	4	100,00	0,00	100,00		
%SI_EM_3	T12	4	100,00	0,00	100,00		
%SI_EM_3	T2	4	87,50	14,43	87,50		
%SI_EM_3	T3	4	100,00	0,00	100,00		
%SI_EM_3	T4	4	100,00	0,00	100,00		
%SI_EM_3	T5	4	100,00	0,00	100,00		
%SI_EM_3	T6	4	100,00	0,00	100,00		
%SI_EM_3	T7	4	100,00	0,00	100,00		
%SI_EM_3	T8	4	100,00	0,00	100,00		
%SI_EM_3	T9	4	100,00	0,00	100,00		

## Anexo O

Altura de la planta (cm), datos recolectados a los 37, 51 y 66 días después de la siembra.

TRATAMIENTO	ALTURA 1	ALTURA 2	ALTURA 3
	37 DIAS	51 DIAS	66 DIAS

T1	5,55	A	13,10	AB	21,40	AB
T2	6,20	ABC	13,45	BCD	29,80	BC
T3	6,50	CDE	14,55	CDE	25,64	BC
T4	5,65	BC	13,95	CDE	20,60	AB
T5	7,65	DE	16,65	DE	24,50	ABC
T6	5,10	AB	11,70	ADC	20,20	A
T7	5,80	ABC	13,90	ABC	23,40	AB
T8	7,75	E	16,25	DE	28,20	BC
T9	5,50	AB	13,50	ABC	20,50	A
T10	5,55	AB	10,90	A	19,00	A
T11	6,90	CD	17,40	E	30,20	C
T12	5,80	ABC	17,30	DE	25,60	BC

Resultados generales obtenidos aplicando la prueba de Kruskal Wallis.

#### Prueba de Kruskal Wallis

Variable	Tratamiento	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
Altura_1	T1	80	5,79	4,06	5,55	51,21	<0,0001
Altura_1	T10	48	6,00	3,32	5,55		
Altura_1	T11	80	6,96	2,79	6,90		
Altura_1	T12	48	5,97	2,47	5,80		
Altura_1	T2	48	6,65	4,52	6,20		
Altura_1	T3	80	7,12	2,72	6,50		
Altura_1	T4	48	6,99	3,19	5,65		
Altura_1	T5	80	7,73	2,67	7,65		
Altura_1	T6	48	5,79	2,68	5,10		
Altura_1	T7	80	6,09	2,08	5,80		
Altura_1	T8	48	7,99	2,95	7,75		
Altura_1	T9	80	6,14	2,79	5,50		

#### Trat. Medianas Ranks

Table: Headlines Rank						
T1	5,55	311,32	A			
T6	5,10	313,74	A	B		
T10	5,55	330,78	A	B		
T9	5,50	347,48	A	B		
T12	5,80	355,47	A	B	C	
T7	5,80	358,97	A	B	C	
T2	6,20	367,21	A	B	C	
T4	5,65	393,94		B	C	
T11	6,90	418,07			C	D
T3	6,50	425,39			C	D
T5	7,65	473,98				D
T8	7,75	498,86				E

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

Variable	Tratamiento	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
Altura_2	T1	80	13,60	8,77	13,10	46,47	<0,0001
Altura_2	T10	45	12,90	7,17	10,90		
Altura_2	T11	74	18,16	7,75	17,40		
Altura_2	T12	44	16,93	7,23	17,30		

Altura_2	T2	48	15,95	10,21	13,45
Altura_2	T3	80	16,05	6,77	14,55
Altura_2	T4	48	16,56	8,59	13,95
Altura_2	T5	80	17,17	6,40	16,65
Altura_2	T6	48	13,49	6,21	11,70
Altura_2	T7	79	13,81	4,41	13,90
Altura_2	T8	48	16,98	7,19	16,25
Altura_2	T9	76	14,26	5,98	13,50

#### Trat. Medianas Ranks

T10	10,90	278,99	A		
T1	13,10	309,59	A	B	
T6	11,70	316,09	A	B	C
T7	13,90	342,97	A	B	C
T9	13,50	343,63	A	B	C
T2	13,45	368,23		B	C D
T4	13,95	388,84		C	D E
T3	14,55	392,68		C	D E
T12	17,30	424,70			D E
T8	16,25	432,97			D E
T5	16,65	435,84			D E
T11	17,40	457,16			E

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

Variable	Tratamiento	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
Altura 3	T1	80	24,54	13,44	21,40	30,36	0,0014
Altura 3	T10	35	21,90	11,81	19,00		
Altura 3	T11	72	28,40	12,40	30,20		
Altura 3	T12	41	26,52	11,08	25,60		
Altura 3	T2	48	32,04	28,71	29,80		
Altura 3	T3	78	26,40	10,59	25,64		
Altura 3	T4	48	24,10	12,39	20,60		
Altura 3	T5	77	26,33	11,76	24,50		
Altura 3	T6	47	21,71	10,49	20,20		
Altura 3	T7	77	23,68	7,88	23,40		
Altura 3	T8	46	27,36	11,07	28,20		
Altura 3	T9	72	21,62	8,75	20,50		

#### Trat. Medianas Ranks

T10	19,00	295,91	A		
T6	20,20	296,55	A		
T9	20,50	303,04	A		
T4	20,60	334,75	A	B	
T1	21,40	336,46	A	B	
T7	23,40	346,18	A	B	
T5	24,50	377,13	A	B	C
T3	25,64	387,83		B	C
T12	25,60	392,32		B	C
T8	28,20	408,55		B	C
T2	29,80	417,49		B	C
T11	30,20	421,08			C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

## Anexo P

Resultados obtenidos para la variable inflorescencia al aplicar Kruskal Wallis.

## Prueba de Kruskal Wallis

Variable	Tratamiento	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
Inflorescencias	T1	80	2,66	1,45	3,00	78,24	<0,0001
Inflorescencias	T10	47	1,19	1,45	1,00		
Inflorescencias	T11	79	1,86	1,72	2,00		
Inflorescencias	T12	48	1,52	1,47	1,00		
Inflorescencias	T2	48	2,83	1,97	2,00		
Inflorescencias	T3	80	2,35	1,70	2,00		
Inflorescencias	T4	48	2,63	1,84	2,00		
Inflorescencias	T5	80	2,23	1,50	2,00		
Inflorescencias	T6	48	1,98	1,42	2,00		
Inflorescencias	T7	80	2,65	1,78	3,00		
Inflorescencias	T8	48	2,63	2,00	2,00		
Inflorescencias	T9	80	1,60	1,50	1,00		

## Trat. Medianas Ranks

T10	1,00	232,82	A			
T12	1,00	281,49	A	B		
T9	1,00	297,68	A	B		
T11	2,00	336,65	B	C		
T6	2,00	363,82	B	C	D	
T5	2,00	399,24	C	D	E	
T3	2,00	407,61		D	E	
T8	2,00	429,45		D	E	
T4	2,00	431,53		D	E	
T2	2,00	455,16			E	
T7	3,00	455,48			E	
T1	3,00	465,92			E	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

## Anexo Q

Prueba de normalidad para valores obtenidos a la cosecha.

## Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
PESO/TUB	48	51,36	7,38	0,96	0,4443
# TUBERC	48	13,42	3,62	0,88	<0,0001
Tm/ha	48	15,08	5,13	0,90	0,0007
MORT%	48	8,44	6,04	0,84	<0,0001

## Anexo R

Prueba de Tukey aplicado a la variable Peso de tubérculo por planta.

## Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
PESO/TUB	48	0,25	0,02	14,26

## Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	631,25	11	57,39	1,07	0,4115
TRATAM	631,25	11	57,39	1,07	0,4115
Error	1931,94	36	53,67		
Total	2563,19	47			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=18,07991

Error: 53,6651 gl: 36

TRATAM Medias n E.E.

T2	43,12	4	3,66	A
T1	48,76	4	3,66	A
T11	49,16	4	3,66	A
T9	49,59	4	3,66	A
T7	50,33	4	3,66	A
T6	50,63	4	3,66	A
T10	51,16	4	3,66	A
T12	52,47	4	3,66	A
T8	53,05	4	3,66	A
T4	54,83	4	3,66	A
T3	55,67	4	3,66	A
T5	57,59	4	3,66	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p &gt; 0,05)

## Anexo S

Valores obtenidos para la variable numero de tubérculos obtenidos a la cosecha de la papa  
*Solanum tuberosum* var *Superchola*

## Prueba de Kruskal Wallis

Variable	TRATAM	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
----------	--------	---	--------	------	----------	---	---

# TUBERC	T1	4	19,82	1,77	19,10	31,29	0,0010
# TUBERC	T10	4	11,94	2,65	11,41		
# TUBERC	T11	4	9,31	1,86	8,65		
# TUBERC	T12	4	12,63	0,80	12,55		
# TUBERC	T2	4	19,61	2,57	19,00		
# TUBERC	T3	4	12,66	0,54	12,57		
# TUBERC	T4	4	13,74	3,79	11,92		
# TUBERC	T5	4	12,21	1,18	12,31		
# TUBERC	T6	4	12,97	2,08	12,82		
# TUBERC	T7	4	11,67	0,79	11,72		
# TUBERC	T8	4	14,40	2,73	13,56		
# TUBERC	T9	4	10,03	0,55	9,99		

Trat. Medianas Ranks

T11	8,65	6,25	A
T9	9,99	6,63	A
T7	11,72	17,75	A B
T10	11,41	19,63	A B
T5	12,31	22,00	A B
T4	11,92	24,63	A B C
T6	12,82	24,75	A B C
T12	12,55	26,25	B C
T3	12,57	26,63	B C
T8	13,56	32,00	B C
T2	19,00	43,50	C
T1	19,10	44,00	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p &gt; 0,05)

## Anexo T

Rendimiento obtenido en cada uno de los tratamientos analizados con Kruskal Wallis.

#### Prueba de Kruskal Wallis

Variable	TRATAM	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
Tm/ha	T1	4	26,04	5,91	23,25	30,55	0,0013
Tm/ha	T10	4	12,01	0,88	11,89		
Tm/ha	T11	4	10,10	1,66	9,36		
Tm/ha	T12	4	10,69	1,82	10,85		
Tm/ha	T2	4	15,41	5,65	14,35		
Tm/ha	T3	4	18,85	1,84	18,70		
Tm/ha	T4	4	15,32	5,23	15,89		
Tm/ha	T5	4	18,15	3,31	18,22		
Tm/ha	T6	4	11,74	2,79	11,55		
Tm/ha	T7	4	15,24	0,36	15,25		
Tm/ha	T8	4	14,04	2,09	14,02		
Tm/ha	T9	4	13,35	0,70	13,10		

Trat.	Medianas	Ranks			
T11	9,36	8,50	A		
T12	10,85	10,50	A	B	
T6	11,55	13,25	A	B	
T10	11,89	14,88	A	B	
T9	13,10	22,38	A	B	C
T2	14,35	24,25	A	B	C
T8	14,02	24,38	A	B	C
T4	15,89	26,38	A	B	C
T7	15,25	29,13		B	C D
T5	18,22	35,75			C D
T3	18,70	38,13			C D
T1	23,25	46,50			D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

## Anexo U

Porcentaje de mortalidad presente durante el periodo de cultivo.

#### Prueba de Kruskal Wallis

Variable	TRATAM	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
MORT%	T1	4	2,50	2,89	2,50	7,92	0,6945
MORT%	T10	4	10,00	7,58	11,67		
MORT%	T11	4	10,00	7,07	12,50		
MORT%	T12	4	8,34	9,62	8,34		
MORT%	T2	4	8,33	0,00	8,33		
MORT%	T3	4	6,25	4,79	7,50		
MORT%	T4	4	8,75	6,86	9,17		
MORT%	T5	4	12,50	2,89	12,50		
MORT%	T6	4	6,25	7,98	4,17		
MORT%	T7	4	8,75	2,50	10,00		
MORT%	T8	4	8,34	9,62	8,34		
MORT%	T9	4	11,25	4,79	12,50		

## Anexo V

**Shapiro-Wilks (modificado)**

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
pH_3	24	6,61	0,47	0,94	0,4206
CE_3	24	232,16	55,88	0,87	0,0090

**Anexo W**

Análisis de varianza aplicado a los valores de pH obtenidos al finalizar la experimentación.

**Análisis de la varianza****pH\_3**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
pH_3	24	0,92	0,83	2,97

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	4,76	12	0,40	10,32	0,0002
TRATAM	4,40	11	0,40	10,39	0,0003
REP	0,37	1	0,37	9,57	0,0102
Error	0,42	11	0,04		
Total	5,19	23			

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,79245**

Error: 0,0385 gl: 11

TRATAM Medias n E.E.

T2	5,90	2	0,14	A				
T4	6,23	2	0,14	A	B			
T5	6,24	2	0,14	A	B	C		
T3	6,34	2	0,14	A	B	C		
T6	6,44	2	0,14	A	B	C	D	
T11	6,46	2	0,14	A	B	C	D	
T12	6,57	2	0,14	A	B	C	D	
T8	6,57	2	0,14	A	B	C	D	
T1	6,95	2	0,14		B	C	D	E
T7	7,03	2	0,14			C	D	E
T10	7,22	2	0,14				D	E
T9	7,40	2	0,14					E

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

**Anexo X****Prueba de Kruskal Wallis**

Variable	TRATAM	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
CE	T1	2	0,18	0,01	0,18	21,00	0,0311
CE	T10	2	0,24	0,02	0,24		
CE	T11	2	0,21	0,01	0,21		
CE	T12	2	0,22	0,01	0,22		
CE	T2	2	0,19	0,01	0,19		

CE	T3	2	0,20	0,00	0,20
CE	T4	2	0,32	0,01	0,32
CE	T5	2	0,23	0,01	0,23
CE	T6	2	0,16	0,03	0,16
CE	T7	2	0,22	0,01	0,22
CE	T8	2	0,32	0,01	0,32
CE	T9	2	0,32	0,02	0,32

#### Trat. Medianas Ranks

T6	0,16	2,50	A
T1	0,18	3,00	A
T2	0,19	5,75	A
T3	0,20	7,50	A B
T11	0,21	10,25	A B C
T12	0,22	13,00	A B C
T7	0,22	13,00	A B C
T5	0,23	15,00	A B C
T10	0,24	15,50	A B C
T9	0,32	21,00	B C
T8	0,32	21,75	C
T4	0,32	21,75	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

## Anexo Y

Análisis de suelos realizados antes de la implementación del proyecto de investigación para la caracterización de la línea base.

INIA		ESTACION EXPERIMENTAL DEL AUSTRO LABORATORIO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS km 12 1/2 vía El Descanso - BULLCAY - Gualaquero www@iniap.gob.ec Azúay - Ecuador TeleFax: (07) 2171161		Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca	
<b>INFORME DE ANALISIS DE SUELOS</b>					
<b>DATOS DEL PROPIETARIO</b> Nombre : Jessica Ramón Dirección : Cuenca Ciudad : NABÓN Teléfono : 0967347019 Técnico : Correo-e : N/E			<b>DATOS DE LA PROPIEDAD</b> Nombre : Provincia : AZUAY Parroquia : COCHAPATA Ubicación : Belén Latitud : Longitud:		
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b> Fecha Muestreo : 08/12/2023 Fecha Ingreso : 25/03/2024 Fecha Emisión : 28/03/2024 Cultivo Actual : PAPA					
Nº Laborat.	Identificación del Lote	pH	ppm		meq/100ml
7910	TJR001	5.6 MeAc	N	P	K
7911	TJR002	5.5 MeAc	7.30 B	6.40 B	0.35 M
			5.00 B	7.60 B	0.33 M
			Ca	Mg	
			4.85 M	1.11 M	
			Zn	Cu	Fe
			2.0 B	5.8 M	315.0 A
			1.6 B	4.8 M	284.0 A
			Mn		
			6.7 M		
			meq/100ml	Ca/Mg	Mg/K
			Σ Bases	3.17 M	16.45 M
			6.28	4.17 M	3.45 M
					18.03 M

Interpretación			
N, P, K, Ca, Mg, S	Zn, Cu, Fe, Mn, B, Cl	pH	
B = Bajo	MAc = Muy Ácido	N = Neutro	
M = Medio	Ar = Ácido	LAI = Lig. Alcalino	
A = Alto	MeAc = Med. Ácido	MeAl = Med. Alcalino	
	LAc = Lig. Ácido	Al = Alcalino	
	PN = Puro, Neutro	RC = Riquísimo Cal	



Determinación	Metodología	Extracción
N, P	Colorimétrica	Osma
K, Ca, Mg	Atomización	Modificado
Zn, Cu, Fe, Mn	Atomización	pH 8.5
pH	Potenciométrica	Suelto agua (1:2.5)
S	Turbidimetría	Fenato de Ca
B	Colorimétrica	Molibdato

Nuestro Perfil de Referencia			
N	20 - 40	Mg	1.5 - 3
P	10 - 20	S	10 - 20
K	82 - 84	Zn	4.0 - 8.0
Ca	4 - 8	Cu	1.0 - 10.0

NE: No entrega.  
Se prohíbe la reproducción total o parcial de este documento, los datos deberán ser apropiadamente citados.

Laboratorista  
Fecha de Impresión: 28/03/2024  
Página 1 de 2




 <b>ESTACION EXPERIMENTAL DEL AUSTRO</b> <b>LABORATORIO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS</b> <small>km 12 1/2 vía El Descanso - BULLCAY - Gualaquío www@iniap.gob.ec Azuay - Ecuador TeleFax: (07) 2171161</small>																																																																																	
<b>INFORME DE ANALISIS DE SUELOS</b>																																																																																	
<b>DATOS DEL PROPIETARIO</b>				<b>DATOS DE LA PROPIEDAD</b>				<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>																																																																									
Nombre : Jessica Ramón				Nombre :				Fecha Muestreo : 08/12/2023																																																																									
Dirección : Cuenca				Provincia : AZUAY				Fecha Ingreso : 25/03/2024																																																																									
Ciudad : NABÓN				Parroquia : COCHAPATA				Fecha Emisión : 28/03/2024																																																																									
Teléfono : 0967347019 Correo-e : N/E				Ubicación : Belén				Cultivo Actual : PAPA																																																																									
Técnico :				Latitud :				Longitud :																																																																									
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"><thead><tr><th rowspan="2">N° Laborat.</th><th rowspan="2">Identificación</th><th colspan="3">Textura (%)</th><th rowspan="2">Clase Textural</th><th colspan="3">cm<sup>3</sup> /cm<sup>3</sup></th><th colspan="2">cm<sup>3</sup> /gr<sup>100</sup>cm<sup>3</sup></th><th colspan="3">mg/100mL</th><th>dS/m</th><th>%</th><th>(%)</th><th>(%)</th></tr><tr><th>Arena</th><th>Limo</th><th>Arcilla</th><th>C.C.</th><th>Sat.</th><th>P.M.</th><th>A.D.</th><th>C.H.</th><th>D.A.</th><th>Al+H</th><th>Al</th><th>Na</th><th>C.E.</th><th>M.O.</th><th>M.S.</th><th>H.</th></tr></thead><tbody><tr><td>7910</td><td>TJR001</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>8.39</td><td>A</td><td></td></tr><tr><td>7911</td><td>TJR002</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>9.03</td><td>A</td><td></td></tr></tbody></table>												N° Laborat.	Identificación	Textura (%)			Clase Textural	cm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup>			cm <sup>3</sup> /gr <sup>100</sup> cm <sup>3</sup>		mg/100mL			dS/m	%	(%)	(%)	Arena	Limo	Arcilla	C.C.	Sat.	P.M.	A.D.	C.H.	D.A.	Al+H	Al	Na	C.E.	M.O.	M.S.	H.	7910	TJR001														8.39	A		7911	TJR002														9.03	A	
N° Laborat.	Identificación	Textura (%)			Clase Textural	cm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup>			cm <sup>3</sup> /gr <sup>100</sup> cm <sup>3</sup>		mg/100mL			dS/m	%	(%)		(%)																																																															
		Arena	Limo	Arcilla		C.C.	Sat.	P.M.	A.D.	C.H.	D.A.	Al+H	Al	Na	C.E.	M.O.	M.S.	H.																																																															
7910	TJR001														8.39	A																																																																	
7911	TJR002														9.03	A																																																																	

Interpretación		
Ad = Adecoado	NG = No Salino	B = Bajo
LT = Ligero: Toxico	LS = Lig. Salino	M = Medio
T = Toxico	S = Salino	A = Alto
	MS = Muy Salino	

Abreviaturas	
C.C.	Capacidad de Campo
Sat.	Saturación
P.M.	Punto de Marchitez
A.D.	Agua Disponible
C.H.	Condensación Hidráulica

Determinación	
M.O.	Aluminio Oxidado (M.O.)
Na	Extracción de sodio
C.E.	Extracción de calcio
Na	Saturación Kjeldahl

Niveles de Referencia	
Al+H	0.50 - 1.50
Al	0.31 - 1.00
Na	0.50 - 1.00

  
**Responsable Laboratorio**

N/E: No Entrega

Se prohíbe la reproducción total o parcial de este documento, los datos deberán ser apropiadamente citados.

**Laboratorio**

**Fecha de Impresión: 28/03/2024**

Página 2 de 2