

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**  
**INGENIERIA AGRONÓMICA**



**TÍTULO DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

EVALUACIÓN DEL PRODUCTO AVAIL EN LA ABSORCIÓN DEL FÓSFORO EN LA PRODUCCIÓN DE PAPA (*Solanum Tuberosum*), EN EL CANTÓN LATACUNGA, PARROQUIA MULALÓ”

DOCUMENTO FINAL DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE INGENIERO AGRÓNOMO

**AUTOR**

KLEBER SEBASTIÁN PÉREZ LÓPEZ

**TUTOR**

ING. PHD. MARCO PÉREZ

**CEVALLOS-ECUADOR**

**2022**

EVALUACIÓN DEL PRODUCTO AVAIL EN LA ABSORCIÓN DEL  
FÓSFORO EN LA PRODUCCIÓN DE PAPA (*Solanum Tuberosum*),  
EN EL CANTÓN LATACUNGA, PARROQUIA MULALÓ”

**REVISADO POR:**

-----

Ing. Marco Pérez Salinas, PhD  
**TUTOR**

**Aprobado por los miembros de calificación**

**Fecha**

.....  
Ing. PhD Patricio Nuñez

**10/03/2023**

**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

.....  
Ing. Mg Rita Santana

**10/03/2023**

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE CALIFICACIÓN**

.....  
Ing. Mg Hernán Zurita

**10/03/2023**

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE CALIFICACIÓN**

## AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

El suscrito, KLEBER SEBASTIÁN PÉREZ LÓPEZ, portador de cédula de ciudadanía número: 1805312897, libre y voluntariamente declaro que el Informe Final el Proyecto de investigación titulado: **“EVALUACIÓN DEL PRODUCTO AVAIL EN LA ABSORCIÓN DEL FÓSFORO EN LA PRODUCCIÓN DE PAPA (*Solanum Tuberosum*), EN EL CANTÓN LATACUNGA, PARROQUIA MULALÓ”** es original, autentico y personal. En tal virtud, declaro que el contenido es de mi sola responsabilidad legal y académica, excepto donde se indican las fuentes de información consultadas.



---

**KLEBER SEBASTIÁN PÉREZ LÓPEZ**

## DERECHO DE AUTOR

Al presentar este Informe Final del Proyecto de Investigación titulado **“EVALUACIÓN DEL PRODUCTO AVAIL EN LA ABSORCIÓN DEL FÓSFORO EN LA PRODUCCIÓN DE PAPA (*Solanum Tuberosum*), EN EL CANTÓN LATACUNGA, PARROQUIA MULALÓ”** como uno de los requisitos previos para la obtención del título de grado de Ingeniero Agrónomo, en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato, autorizo a la Biblioteca de la Facultad, para que este documento esté disponible para su lectura, según las normas de la Universidad.

Estoy de acuerdo en que se realice cualquier copia de este Informe Final, dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica potencial.

Sin perjuicio de ejercer mi derecho de autor, autorizo a la Universidad Técnica de Ambato la publicación de este Informe Final, o de parte de él.



---

**KLEBER SEBASTIÁN PÉREZ LÓPEZ**

## DEDICATORIA

A Dios, por darme salud y la vida, por haber sido la luz que guía mi camino y por haberme brindado la sabiduría para poder culminar mi carrera universitaria.

A mis queridos padres Hilda López y Juan Pérez que han sido la guía para alcanzar mis metas, siendo un pilar fundamental a lo largo de toda mi carrera universitaria. Gracias por los sacrificios realizados y por siempre haber confiado en mí, gracias padres por siempre estar ahí dándome una voz de aliento y apoyándome para seguir adelante y cumplir mis sueños. De corazón les agradezco infinitamente por confiar en mí y brindarme su amor incondicional.

A mis hermanos Jorge, Ana, Cristóbal, Santiago y Robinson quienes a pesar de todas las adversidades estuvieron presentes brindándome su apoyo y aportando un granito de arena tanto para mi crecimiento académico como personal. A mis cuñadas que han sabido brindarme sabios consejos, en especial a mi cuñada Diana que de una u otra manera me ha brindado su apoyo demostrándome ser una excelente persona y enseñándome que con esfuerzo y dedicación los sueños se cumplen.

A todos mis sobrinos en especial a Angelina y Thiago quienes con sus ocurrencias y locuras me han sacado una sonrisa, lo cual me daba fuerzas para seguir adelante en momentos difíciles. A todos mis amigos Tatiana, Nayeli, Esthela, Ana, Clarita, Nereida, Michelle y Yomara que siempre estuvieron para brindarme su apoyo a pesar de las dificultades que se presentaban a lo largo de nuestra carrera universitaria, siempre estuvimos juntos apoyándonos el uno al otro con sinceridad y mucho cariño.

## AGRADECIMIENTO

Agradezco infinitamente a Dios por darme la salud y la dicha de estar junto a mis padres y a mi familia compartiendo un importante logro académico más.

A mis padres por todo su sacrificio y por siempre darme su cariño y su amor incondicional, por brindarme su voz de aliento en momentos difíciles, por enseñarme buenos valores, los mismos que me han servido para ser una mejor persona.

A la Universidad Técnica de Ambato, en especial a la facultad de Ciencias Agropecuarias que me abrió sus puertas y me permitió seguir mi carrera universitaria

De una manera muy especial a mi tutor el ing. Marco Pérez, quién siempre me brindó su apoyo, su dedicación y su tiempo. Al doctor Carlos Vázquez y al ingeniero Juan Yáñez por instruirme para poder culminar exitosamente mi trabajo de titulación.

A todos mis docentes, quienes a lo largo de toda la carrera universitaria además de brindarme sus conocimientos me brindaron enseñanzas de vida para de esta manera poder alcanzar todo lo que nos proponemos. Finalmente quiero terminar agradeciendo a mis amigos con quienes compartí muchas experiencias buenas y malas las mismas que me ayudaron a ser alguien mejor.

¡A todos ellos de corazón muchas gracias!

## INDICE

|   |    |
|---|----|
| <i>RESUMEN</i> .....                          | 1  |
| <i>SUMMARY</i> .....                          | 2  |
| <i>CAPÍTULO I</i> .....                       | 3  |
| <i>1. INTRODUCCIÓN</i> .....                  | 3  |
| 1.1 Antecedentes investigativos .....         | 4  |
| 1.2 Objetivos .....                           | 7  |
| 1.2.1 Objetivos específicos .....             | 7  |
| 1.3 Categorías fundamentales .....            | 7  |
| 1.3.1 Papa ( <i>Solanum Tuberosum</i> ) ..... | 7  |
| 1.3.2 Taxonomía .....                         | 8  |
| 1.4 Morfología de la papa .....               | 9  |
| Raíces .....                                  | 9  |
| Tallos .....                                  | 9  |
| Hoja .....                                    | 9  |
| Flores .....                                  | 9  |
| Brote .....                                   | 10 |
| Tuberculos .....                              | 10 |
| Fruto .....                                   | 10 |
| 1.5 Requerimientos edafoclimáticos .....      | 10 |
| 1.6 Ciclo fenológico .....                    | 11 |
| 1.7 Fertilización del cultivo de papa .....   | 11 |

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 1.8   | Asimilación de fertilizantes .....                       | 18 |
| 1.8.1 | AVAIL.....   | 19 |
| 1.9   | Labores culturales del cultivo de papa .....             | 20 |
| 1.9.1 | Selección de semilla y desinfección.....                 | 20 |
| 1.9.2 | Preparación del suelo y formación de surcos.....         | 21 |
| 1.9.3 | Desinfección del suelo.....                              | 21 |
| 1.9.4 | Abonado y fertilización .....                            | 21 |
| 1.9.5 | Siembra.....   | 22 |
| 1.9.6 | Aporque .....  | 22 |
| 1.9.7 | Manejo y control de plagas, enfermedades y malezas ..... | 22 |
| 1.9.8 | Cosecha.....   | 23 |
| 2.    | <i>CAPÍTULO II</i> .....                                 | 24 |
|       | <i>METODOLOGÍA</i> .....                                 | 24 |
| 2.1   | Ubicación del experimento.....                           | 24 |
| 2.2   | Datos climáticos.....                                    | 24 |
| 2.3   | Materiales y equipos.....                                | 24 |
| 2.4   | Factores en estudio .....                                | 26 |
| 2.4.1 | Fertilizantes.....                                       | 26 |
| 2.4.2 | Niveles de fertilización.....                            | 26 |
| 2.4.3 | Producto AVAIL.....                                      | 26 |
| 2.5   | Unidad Experimental.....                                 | 28 |
| 2.6   | Repeticiones.....  | 28 |
| 2.7   | Diseño experimental.....                                 | 28 |

|        |   |    |
|--------|---|----|
| 2.8    | Hipótesis .....                                 | 29 |
| 2.9    | Manejo Del Experimento.....                     | 29 |
| 2.9.1  | Selección del terreno .....                     | 29 |
| 2.9.2  | Análisis de suelo .....                         | 29 |
| 2.9.3  | Preparación del suelo y manejo agronómico ..... | 30 |
| 2.9.4  | Control fitosanitario .....                     | 30 |
| 2.9.5  | Siembra.....                                    | 30 |
| 2.9.6  | Fertilización del ensayo .....                  | 31 |
| 2.9.7  | Cosecha.....                                    | 31 |
| 2.10   | Variables Respuesta .....                       | 31 |
| 2.10.1 | Altura de planta .....                          | 31 |
| 2.10.2 | Número de tubérculos por planta .....           | 32 |
| 2.10.3 | Porcentaje de tubérculos de primera.....        | 32 |
| 2.10.4 | Porcentaje de tubérculos de segunda .....       | 32 |
| 2.10.5 | Porcentaje de tubérculos de tercera .....       | 33 |
| 2.10.6 | Rendimiento por planta.....                     | 33 |
| 2.10.7 | Rendimiento por hectárea .....                  | 33 |
| 2.11   | Análisis estadístico .....                      | 33 |
| 3.     | <i>CAPÍTULO III</i> .....                       | 34 |
|        | <i>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</i> .....             | 34 |
| 3.1    | Altura de planta.....                           | 34 |
| 3.2    | Número de tubérculos por planta .....           | 35 |
| 3.3    | Porcentaje de tubérculos de primera .....       | 37 |

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 3.4   | Porcentaje de tubérculos de segunda..... | 38 |
| 3.5   | Porcentaje de tubérculos de tercera..... | 39 |
| 3.6   | Rendimiento por planta .....             | 40 |
| 3.7   | Rendimiento por hectarea.....            | 41 |
| 4.    | <i>CAPÍTULO IV</i> .....                 | 45 |
| 4.1   | CONCLUSIONES .....                       | 45 |
| 4.2   | RECOMENDACIONES .....                    | 46 |
| 5.    | <i>BIBLIOGRAFÍA</i> .....                | 47 |
| 6.    | <i>ANEXOS</i> .....                      | 52 |
| 6.1   | ANEXO A .....                            | 52 |
| 6.1.1 | ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....                | 52 |
| 6.2   | ANEXO B.....                             | 63 |
| 6.2.1 | GALERIA DE FOTOGRAFÍAS .....             | 63 |

## INDICE DE TABLAS

|  |    |
|--|----|
| <i><b>Tabla 1.</b> Taxonomía de la papa</i> _____  | 8  |
| <i><b>Tabla 2.</b> Elementos esenciales para el desarrollo del cultivo de papa</i> _____ | 12 |
| <i><b>Tabla 3.</b> Plagas y enfermedades del cultivo de papa</i> _____                   | 14 |
| <i><b>Tabla 4.</b> Fertilizantes a utilizarse</i> _____                                  | 24 |
| <i><b>Tabla 5.</b> Materiales y equipos</i> _____  | 25 |
| <i><b>Tabla 6.</b> Descripción de los tratamientos en estudio</i> _____                  | 27 |
| <i><b>Tabla 7.</b> Descripción de la unidad experimental</i> _____                       | 28 |
| <i><b>Tabla 8.</b> Altura de planta (cm) en base a las dosis de fertilización</i> _____  | 34 |
| <i><b>Tabla 9.</b> Número de tubérculos por planta</i> _____                             | 36 |
| <i><b>Tabla 10.</b> Total de tubérculos por tratamiento para cálculos de %.</i> _____    | 36 |
| <i><b>Tabla 11.</b> Número y Porcentaje de tubérculos de primera</i> _____               | 37 |
| <i><b>Tabla 12.</b> Número y Porcentaje de tubérculos de segunda</i> _____               | 38 |
| <i><b>Tabla 13.</b> Número y Porcentaje de tubérculos de tercera</i> _____               | 39 |
| <i><b>Tabla 14.</b> Rendimiento por planta</i> _____                                     | 41 |
| <i><b>Tabla 15.</b> Rendimiento por hectarea (Ton)</i> _____                             | 42 |
| <i><b>Tabla 16.</b> Costos de producción por tratamiento para 1 Ha</i> _____             | 43 |
| <i><b>Tabla 17.</b> Rendimiento e ingreso total por tratamiento para 1 Ha</i> _____      | 44 |
| <i><b>Tabla 18.</b> Rentabilidad de los tratamientos en estudio</i> _____                | 44 |

## RESUMEN

En el Ecuador, la producción de papa (*Solanum tuberosum*) es muy importante ya que es un producto primordial en la dieta diaria de los habitantes, especialmente dentro de la región interandina, este cultivo representa una fuente muy importante de ingresos para la zona rural y además se considera un pilar fundamental dentro de la economía nacional por lo que es importante llevar a cabo investigaciones que permitan incrementar el rendimiento del cultivo. El fósforo es el elemento más importante dentro de la nutrición mineral del cultivo de papa y el que más limita el rendimiento. Para ello, la presente investigación tuvo como objetivo evaluar la efectividad del producto AVAIL en la absorción del fósforo en el cultivo de papa. Para ello se empleó diferentes niveles de fertilización (180, 240 y 300 Kg/Ha) con y sin el producto AVAIL y con dos fuentes de fósforo diferentes P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y Mesz. Se evaluaron diferentes parámetros como (altura de planta, número de tubérculos por planta, porcentaje de tubérculos de primera, segunda y tercera, rendimiento por planta y rendimiento por hectárea). Los tratamientos que obtuvieron mejores resultados fueron el F1 N3 P2 (T6) y F2 N3 P2 (T12) en todas las variables evaluadas, en los cuales se aplicó 300 kg de fertilizante + Avail; obteniendo así un rango A. Mientras que los tratamientos F1 N1 P1 (T1) y F2 N1 P1 (T7) presentaron rendimientos más bajos en la mayoría de variables evaluadas, en los mismos que se aplicó 180 kg de fertilizante sin Avail; Obteniendo rangos E, F y G.

**Palabras clave:** Avail, fertilización, fósforo, niveles, rendimiento, *Solanum tuberosum*

## SUMMARY

In Ecuador, the production of potato (*Solanum tuberosum*) is very important because it is an essential product in the daily diet of the inhabitants, especially in the inter-Andean region, this crop represents a very important source of income for the rural area and is also considered a fundamental pillar in the national economy, so it is important to carry out research to increase the yield of the crop. Phosphorus is the most important element in the mineral nutrition of the potato crop and the one that most limits yield. For this reason, the objective of this research was to evaluate the effectiveness of the product AVAIL on phosphorus absorption in potato crops. Different fertilization levels (180, 240 and 300 Kg/Ha) were used with and without AVAIL and with two different phosphorus sources, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and Mesz. Different parameters were evaluated (plant height, number of tubers per plant, percentage of first, second and third tubers, yield per plant and yield per hectare). The treatments that obtained the best results were F1 N3 P2 (T6) and F2 N3 P2 (T12) in all the variables evaluated, in which 300 kg of fertilizer + Avail were applied; thus, obtaining a class A rank. While treatments F1 N1 P1 (T1) and F2 N1 P1 (T7) presented lower yields in most of the variables evaluated, in which 180 kg of fertilizer without Avail was applied; obtaining class E, F and G ranges.

**Key words:** Avail, fertilization, phosphorus, levels, yield, *Solanum tuberosum*

## CAPÍTULO I

### 1. INTRODUCCIÓN

La papa (*Solanum tuberosum*) es uno de los principales alimentos consumidos después de los cereales (Vélez, et al., 2008). En el Ecuador, la producción de papa es muy importante ya que es un producto primordial en la dieta diaria de los habitantes, especialmente dentro de la región interandina (Monteros, 2016); este cultivo representa una fuente muy importante de ingresos para la zona rural y además se considera un pilar fundamental dentro de la economía nacional (Pumisacho y Velásquez, 2009).

En el Ecuador, según el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEN) en el 2020 se cultivaron 24000 hectáreas, reportando una producción de 408000 toneladas y un rendimiento por hectárea de 16.4 toneladas. A pesar de que en los últimos 10 años se ha mejorado significativamente, todavía estamos lejos de alcanzar los rendimientos de otros países, que superan fácilmente las 30 t /ha. Sin embargo, la papa genera un valor total bruto de alrededor de 90 millones de dólares anuales, siendo una importante fuente de ingresos para las comunidades rurales y un componente fundamental de la economía de la Sierra (Basantes, et al., 2020).

El fósforo es el elemento más importante dentro de la nutrición mineral del cultivo de papa y el que más limita el rendimiento. Esto determina que los esfuerzos se concentren en conseguir que las aplicaciones de fósforo sean cada vez más eficientes, utilizando productos que disminuyan la fijación de este elemento en las

arcillas del suelo, generando mayor disponibilidad para la absorción de las plantas (Ramírez y Gardeña, 2020).

Generalmente el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) requiere de altas cantidades de fertilizante fosfatado para de esta manera lograr rendimientos económicamente aceptables, particularmente en suelos que contengan cenizas volcánicas. Esto se debe a la baja densidad de raíces de las plantas y las bajas tasas de difusión del fósforo (P) en este tipo de suelos. La productividad y la calidad son el resultado de la interacción de los factores genéticos (variedad o genotipo), ambientales (clima, suelo y bioma) y conocimientos tecnológicos reales (Mora, et al., 2021).

Así pues, podemos darnos cuenta que la aplicación del Fósforo influye directamente en el comportamiento agronómico del cultivo, por tal motivo con la presente investigación se pretende incrementar la asimilación del Fósforo (P) en el cultivo de papa y así validar esta teoría en base a los resultados que se obtendrán y de la misma manera permitir tanto a técnicos como a agricultores optar por la mejor opción al elegir un potencializador de Fósforo a fin de mejorar la producción optimizando los recursos disponibles que los favorezcan.

## **1.1 Antecedentes investigativos**

INTAGRI (2017) investigó que el fósforo (P) es uno de los nutrientes más importantes dentro de la agricultura, la razón se debe a que el fósforo es un elemento elevadamente reactivo dentro de las partículas del suelo, transformándose rápidamente

en formas más complejas y difíciles de absorber por las plantas. En otras palabras, la mayoría de las regiones agrícolas del mundo poseen un elevado potencial de fijación de fósforo. Por ejemplo, un factor que limita la disponibilidad del fósforo para los cultivos es que este elemento está fuertemente ligado a las partículas del suelo o fijado a las partículas de la materia orgánica que se encuentran en el mismo.

Algunas investigaciones han demostrado que más del 80% de los fertilizantes fosforados aplicados al suelo se vuelven inmóviles y no pueden ser absorbidos por las plantas debido a fenómenos de fijación, precipitación o transformación en forma orgánica (INTAGRI, 2017).

De Brouwere, et al., (2003) investigaron las diferentes formas y disponibilidad de P en perfiles de suelo del sur de Chile. Los suelos fueron muestreados de acuerdo a sus horizontes para de esta manera poder analizar la materia orgánica, P, Al, Fe, P inorgánico total y P orgánico total. La disponibilidad de fósforo se evaluó mediante un técnica de intercambio isotópico y membranas de intercambio aniónico. El contenido de P total fue mayor para los andisoles y permaneció relativamente alto en todo el perfil del suelo. La alta actividad volcánica en Chile es responsable de la gran cantidades de alofan, que implican altas capacidades de fijación de P en estos suelos.

En la investigación de Aguilar, et al., (2003) recomiendan incorporar altas cantidades de fertilizante fosforados al suelo para de esta manera superar la fijación elevada del elemento y asegurar un suministro adecuado de fósforo para las plantas. Por otro lado, la adición de elevadas dosis de fósforo cada año hace que uno se pregunte si es posible satisfacer la demanda de fijación de fósforo y esperar el efecto

residual beneficioso para los cultivos en un período posterior. Generalmente, este tipo de suelos ácidos poseen un elevado porcentaje de saturación con Al, lo que reduce la disponibilidad de fósforo para los cultivos. La fitotoxicidad causada por niveles excesivamente altos de aluminio intercambiable en el suelo puede reducirse mediante el uso de Cal agrícola o mediante la aplicación extensiva de fertilizantes fosfatados que actúan como acondicionadores del suelo.

Pahuara (2004) realizó su investigación sobre la relación que tiene el fósforo y las poblaciones microbianas en suelos de pastizales en los Andes Peruanos. Al final de la evaluación, se encontró que la aplicación de 80 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha aumentó el peso seco y la tasa de crecimiento de los pastos de raigrás y trébol asociados. Los rendimientos más altos de materia seca de trébol y raigrás fueron consistentes con las poblaciones más altas de rhizobium y Azotobacter, respectivamente. El total de las poblaciones microbianas fueron más altas en el tratamiento con fertilizantes fosfatados y disminuyeron en temperaturas más frías y estaciones más secas.

Las bacterias *Rhizobium* y *Azotobacter* (fijadoras de nitrógeno) evaluadas en esta investigación se caracterizaron por ser promotoras del desarrollo vegetal, ya que la primera es una bacteria fijadora de nitrógeno simbiótica y la otra está presente en la población bacteriana de la rizosfera que promueve el crecimiento vegetal, además de ser considerada una bacteria fijadora de nitrógeno de vida libre. Se puede decir que un fertilizante fosforado que sea favorable para el desarrollo de bacterias permitirá el buen desarrollo del cultivo. Las bacterias pueden realizar mayores transformaciones de elementos químicos en el suelo, tales como mineralización, fijación de minerales y disolución de fosfato (Pahuara, 2004).

## 1.2 Objetivos

### *Objetivo General*

- Evaluar la efectividad del producto Avail en el incremento de la eficiencia del fósforo en el rendimiento del cultivo de papa (*Solanum tuberosum*).

### *1.2.1 Objetivos específicos*

- Determinar la efectividad del producto Avail en la absorción del fósforo y el rendimiento del cultivo de papa.
- Determinar la dosis aplicada que demuestre el mejor rendimiento del cultivo de papa.
- Establecer la rentabilidad de los tratamientos en estudio.

## 1.3 Categorías fundamentales

### *1.3.1 Papa (Solanum Tuberosum)*

Es una planta herbácea perteneciente a la familia de las solanáceas, caracterizada por ser una dicotiledónea con un sistema aéreo y un sistema subterráneo con rizomas tuberosos (Román y Hurtado, 2002). El cultivo es originario de América, principalmente de países como Ecuador, Guatemala, Colombia, Bolivia, Perú y Chile (Cortez y Hurtado, 2002).

El cultivo de papa posee gran importancia ya que a nivel mundial es el cuarto alimento mas importante dentro de la dieta diaria. Además este tuberculo es una fuente

muy indispensable de energía “Cada 100 g de papa posee 21,6 g de hidratos de carbono, 1,76 g de proteína, 7,8 a 20 mg de vitamina C, 0,29 mg de vitamina B6 y un estimado de 200 mg de minerales” (Pumisacho y Sherwood, 2002).

La papa además es de suma importancia ya que es una fuente de ingresos económicos para el país así como también genera fuentes de trabajo para los ecuatorianos. Se entiende que el área total de cosecha de papa de Ecuador en 2020 fue de unas 19.700 hectáreas, con una producción anual de 400.000 toneladas. Las regiones con mayor producción de papa son: Sierra, Carchi, Chimborazo, Cotopaxi y Tungurahua, que son las provincias donde más se cultiva el tubérculo (Instituto Nacional de Estadística y Censo [INEC], 2021).

### 1.3.2 Taxonomía

Tabla 1. Taxonomía de la papa

|                 |                          |
|-----------------|--------------------------|
| <b>Reino</b>    | <i>Plantae</i>           |
| <b>División</b> | <i>Magnoliophyta</i>     |
| <b>Clase</b>    | <i>Magnoliopsida</i>     |
| <b>Orden</b>    | <i>Solanales</i>         |
| <b>Familia</b>  | <i>Solanaceae</i>        |
| <b>Género</b>   | <i>Solanum</i>           |
| <b>Especie</b>  | <i>Solanum tuberosum</i> |

(Sistema de Información de Organismos Vivos Modificados [SIOVM], s.f.)

## 1.4 Morfología de la papa

Aparco (2017) menciona que la planta de papa es un cultivo herbáceo anual, la misma que al igual que las demás plantas sus partes se definen como: raíz, tallo, rizomas, tubérculos, hojas, inflorescencias y frutos, los cuales presentan su propia morfología, como se muestra a continuación:

***Raíces:*** Presenta un sistema radicular fibroso y ramificado que alcanzan profundidades hasta de 0,8 m. por lo general las raíces se forman a partir de los nudos presentes en los tallos subterráneos (Villanueva, 2018).

***Tallos:*** Posee tres tipos. Encontramos el tallo aéreo el cual crece del tubérculo semilla directamente y en el cual se forman los tallos laterales en forma de ramificaciones. Un segundo tallo estolonífero que se genera a partir del tallo aéreo. El tercer tallo lo podemos apreciar en los tubérculos el mismo que es un tallo modificado y se caracteriza por almacenar almidón y azúcares (Villanueva, 2018).

***Hoja:*** Son imparipinadas y compuestas, con folíolos primarios, secundarios y terciarios los cuales se disponen alrededor del tallo. Presentan una forma lanceolada y una nervación reticular (Villanueva, 2018).

***Flores:*** Poseen una inflorescencia terminal, es decir crecen en el racimo. Sus flores son pentámeras y presentan estigma, estilo y ovario. Son gamopétalas y contienen una corola rotácea, además de presentar diferentes colores dependiendo de la variedad de la papa (Villanueva, 2018).

**Brote:** Tallo que se genera en el ojo del tubérculo, la apariencia y el tamaño del brote dependen de las condiciones en las que fue almacenado el tubérculo. las yemas que pueden formarse a partir de un ojo varían de tres a cuatro.

**Tuberculos:** Son tallos carnosos que presentan una forma oblonga y se forman por la ploriferación del tejido de reserva. Poseen ojos y yemas que se originan en el extremo del estolón, los tuberculos son los encargados del almacenamiento del almidón.

**Fruto:** Es una baya pequeña y carnosa de forma redonda u ovalada en la cual se encuentra la semilla sexual, la misma que se puede utilizar generalmente con fines de mejoramiento genético para el cultivo.

### 1.5 Requerimientos edafoclimáticos

La papa es un cultivo que se desarrolla en un clima templado y soporta un rango de temperaturas que van de los 14 - 20°C que es un rango óptimo. A temperaturas muy elevadas por arriba de los 30°C y muy bajas por debajo de los 10°C tienden a limitar el buen desarrollo del cultivo. La humedad relativa apropiada para el cultivo oscila entre el 80 – 85 % en especial cuando la planta empieza a generar los tuberculos. Requiere además una altura que va desde los 2600 hasta los 3600 m.s.n.m. siendo una altura óptima los 3000 msnm para un mejor desarrollo. Se desarrolla mejor en suelos

profundos que contengan buen drenaje franco-arcillosos, con un pH que va de 5,2 – 6,4 y que contengan elevadas cantidades de materia orgánica (Vignola et al., 2017).

## **1.6 Ciclo fenológico**

Su proceso comprende cinco fases, entre los que encontramos: formación de brotes, crecimiento lateral de los brotes, formación de tubérculos, fase de absorción de azúcares o llenado de tubérculos y la fase de maduración de la papa. Todo el ciclo fenológico del cultivo de papa dependerá prácticamente de las condiciones climáticas y de la variedad cultivada (Vignola, et al., 2017). Por lo general este proceso de cultivo tiene una duración de 5 a 6 meses en variedades como súper chola, cecilia, uvilla, etc (Rivadeneira, et al., 2021).

## **1.7 Fertilización del cultivo de papa**

Por lo general encontramos 16 elementos químicos que son considerados importantes para el crecimiento dentro del cultivo. Los elementos hidrógeno, carbono y oxígeno provienen de la atmósfera y del agua, mientras que los elementos restantes se aportan al suelo en en pequeñas cantidades, dependiendo la dosis que muestre el análisis de suelo previo antes de realizar el cultivo. Entre los elementos primarios encontramos NPK; los elementos secundarios tenemos Ca, Mg y S; finalmente tenemos los micronutrientes B, Cl, Cu, Fe, Mn, Mo y Zn (Valverde & Alvarado, 2009).

**Tabla 2. Elementos esenciales para el desarrollo del cultivo de papa**

| <b>Nutrientes primarios</b>   |   |
|-------------------------------|---|
| <b>ELEMENTO</b>               | <b>FUNCIÓN</b>  |
| <b>Nitrógeno</b>              | Influye en la calidad y el rendimiento de los tubérculos, interviene en la fotosíntesis y forma parte de las vitaminas, proteínas y ácidos nucleicos.   |
| <b>Fósforo</b>                | Participa en la fotosíntesis, es esencial para el crecimiento del cultivo además de participar en la degradación de carbohidratos, síntesis y transferencia de energía. Además es muy indispensable para el crecimiento del sistema radicular de las plantas. |
| <b>Potasio</b>                | Elemento encargado del metabolismo de ósmosis regulación y turgencia; además de ser un elemento importante para la síntesis de proteínas, fotosíntesis y la estabilización del pH dentro de la planta.  |
| <b>Nutrientes secundarios</b> |   |
| <b>Calcio</b>                 | Elemento indispensable para el crecimiento y la división celular, además de permitir la absorción   |

|                        |  |
|------------------------|--|
|                        | de nutrientes así como también los diversos procesos metabólicos.  |
| <b>Magnesio</b>        | Está relacionado con las reacciones de metabolismo energético, síntesis de constituyentes del núcleo, cloroplastos y ribosomas.  |
| <b>Azufre</b>          | Elemento que participa en el metabolismo de proteínas, grasas y azúcares. Forma parte de los aminoácidos azufrados así como también de algunos compuestos que realizan actividades biológicas dentro de la planta. |
| <b>Micronutrientes</b> |  |
| <b>Zinc</b>            | Participa en la síntesis de proteínas y es un importante activador de enzimas.   |
| <b>Manganeso</b>       | Permite el buen metabolismo del nitrógeno, así como también está relacionado con la fotosíntesis.  |
| <b>Boro</b>            | Se encuentra relacionado con el desarrollo celular ya que permite el transporte y absorción de azúcares.   |

(Romero, 2019)

**Tabla 3. Plagas y enfermedades del cultivo de papa**

| <b>PLAGAS</b>  |   |   |
|--|---|---|
| <b>Plaga</b>   | <b>Daños que causa</b>  | <b>Control</b>  |
| <p><b>Gusano blanco</b><br/>(<i>Premnotrypes vorax.</i>)</p>   | <p>Las larvas producen perforaciones en los tuberculos, mientras que los adutos atacan a los foliolos de las hojas.</p>                         | <p>Lambda Cihalotrina<br/>+ Tiametoxam<br/>Carbofuran</p>                 |
| <p><b>Polilla de la papa</b><br/>(<i>Tecia solanivora</i>)</p> | <p>Atacan a los tuberculos ya que causan galerias o profundas bajo la epidermis. Esta plaga puede afectar en su totalidad a los tuberculos.</p> | <p>Profenofos<br/>Lambdacihalotrina</p>                                   |
| <p><b>Pulguilla de la papa</b><br/>(<i>Epitrix spp.</i>)</p>   | <p>Afecta principalmente a las hojas ya que causan ferforaciones en las mismas, además se alimentan de tuberculos, estolones y raíces.</p>      | <p>Profenofos<br/>Lambdacihalotrina<br/>Imidacloprid<br/>Cipermetrina</p> |
| <p><b>Trips</b><br/>(<i>Frankliniella Tuberosi</i>)</p>        | <p>Son transmisores de virus. Se alimentan de las hojas pricipalmente se encuentran el el evés.</p>   | <p>Tiametoxam<br/>Abamectina<br/>Imidacloprid</p>                         |

|  |   |   |
|--|---|---|
| <p><b>Mosca minadora</b><br/>(<i>Liriomyza Huidobrensis</i>)</p> | <p>Este insecto forma minas en forma de serpiente en las hojas lo que causa que estas pierdan su capacidad fotosintética. También causa defoliaciones en el cultivo.</p>            | <p>Ciromazina<br/>Abamentina<br/>Cipermetrina<br/>Lambdacihalotrina</p>   |
| <p><b>Gusano trozador</b> (<i>Agrotis ipsilon.</i>)</p>          | <p>Atacan principalmente a la base de los tallos, ocasionando la caída de los mismos. Al no encontrar tejido vegetal se alimentan de los tuberculos y forman galerias en ellos.</p> | <p>Lufenuron<br/>Lambdacihalotrina<br/>Clorpirifos +<br/>Cipermetrina</p> |
| <p><b>Gusano de la hoja</b><br/>(<i>Copitarsia turbata</i>)</p>  | <p>Se alimenta principalmente de los foliolos de las hojas. Esta plaga se reproduce de forma mas rapida en epocas secas.</p>  | <p>Profenofos<br/>Lufenuron<br/>Bacillus thuringiensis</p>                |
| <p><b>Pulgones</b><br/>(<i>Myzus persicae</i>)</p>               | <p>Son transmisores de virus en la semilla de la papa. Se encuentran principalmente en los brotes y en la cara inferior de las hojas.</p>   | <p>Tiametoxam<br/>Profenofos<br/>Imidacloprid<br/>Clorpirifos</p>         |

| <p style="text-align: center;"><b>Paratrioza</b><br/><i>(Bactericera cockerelli)</i></p>   | <p>Se alimenta de la sabia de las plantas, son transmisores de virus. Principalmente transfieren fitoplasmas y bacterias a la planta.</p>  | <p>Thiametoxam +<br/>Clorantraniliprol<br/>Dinotefuran<br/>Imidacloprid<br/>Thiametoxam</p>   |
|--|--|---|
| <b>ENFERMEDADES</b>  |  |   |
| Nombre   | Daños que causa  | Control   |
| <p style="text-align: center;"><b>Roña</b><br/><i>(Spongospora Subterránea)</i></p>        | <p>Afecta principalmente a los tuberculos, aparecen ampollas pequeñas de color claro en la superficie. Posteriormente se forman esporas de color castaño oscuro.</p>   | <p>Captan + Carboxin<br/>Tiabendazol<br/>TERRACLOR 75%</p>  |
| <p style="text-align: center;"><b>Tizón tardío</b><br/><i>(Phytophthora Infestans)</i></p> | <p>Afecta al follaje de la planta presentando lesiones con apariencia húmeda que en condiciones de humedad se extiende fácilmente en la planta. En el tallo presenta lesiones frágiles, estos se quiebran fácilmente en el punto donde se encuentra la lesión.</p> | <p>Mancozeb<br/>Clorotalonil<br/>Caldo bordeles<br/>+ Mancozeb<br/>Mancozeb +<br/>Metalaxil<br/>Sulfato de cobre pentahidratado<br/>Cimoxanil</p> |

|   |  |   |
|---|--|---|
| <p style="text-align: center;"><b>Lancha café o<br/>Tizón temprano</b><br/><i>(Alternaria solani)</i></p> | <p>Forma manchas necróticas principalmente en las hojas marcadas en forma de anillos concéntricos, también afecta parcialmente a los tallos. En condiciones de humedad elevada puede afectar a los tubérculos.</p>   | <p>Difenoconazol<br/>Mancozeb<br/>Caldo bordeles<br/>+ Mancozeb<br/>Azoxistrobin</p>    |
| <p style="text-align: center;"><b>Oídio o Mildiú polvoso</b><br/><i>(Erysiphe<br/>chichoracearum)</i></p> | <p>Forman manchas en las hojas de color blanquecino. Para su desarrollo requiere un grado elevado de humedad, en condiciones de lluvia o riego por aspersión se desarrolla raramente.</p>                            | <p>Azufre<br/>Penconazol<br/>Sulfato de cobre<br/>pentahidratado<br/>Azoxystrobina</p>  |
| <p style="text-align: center;"><b>Roya</b><br/><i>(Puccinia pittieriana)</i></p>                          | <p>Presenta una infección en peciolo, hojas y tallos. Se desarrolla en forma de manchas redondas en el envés de la hoja. Cuando se desarrolla la enfermedad aparecen pústulas de color rojizo de forma redonda u</p> | <p>Oxycarboxin +<br/>Propiconazol<br/>Cyproconazole<br/>(Azoxistrobin) +<br/>Azufre</p> |

|  |  |  |
|--|--|--|
|  | ovalada que alcanzan 0,5 cm de diámetro.   |  |
| <b>Costra negra</b><br>( <i>Rhizoctonia solani</i> ) | Presenta daños severos principalmente en los tuberculos. Ataca ha tallos y brotes a partir de los esclerocios presentes en la semilla o en el suelo.   | Captan +<br>Carboxin<br>Tiabendazol  |
| <b>NEMÁTODOS</b>                                     |  |  |
| <b>Meloidogyne hapla</b>                             | En los tuberculos y raíces afectadas presenta agallas y nódulos de diferentes tamaños y formas. Si presentan una elevada infestación se presenta una apariencia berrugosa en los tuberculos. | Carbofuran<br><b>INTERCEPT</b><br>(Complejo de rizo bacterias naturales)<br><b>NEEM X</b><br>(Azaridachtina) |

(Dávila, 2010)

### 1.8 Asimilación de fertilizantes

Monreal (2001) afirma que el uso excesivo de fertilizantes causa una saturación del suelo lo cual genera desbalances en los cultivos y genera costos más elevados. Para esto es indispensable la aplicación de un potencializador del Fósforo ya que en el caso

de la papa promueve el crecimiento de las raíces y la rápida formación de tubérculos, por lo que es un elemento crítico en el período inicial de desarrollo de la planta y en la tuberización (Becerra, Navia y Núñez, 2007).

### ***1.8.1 AVAIL***

AVAIL® T5 Phosphate Fertilizer utiliza una nueva tecnología patentada de polímeros para reducir la fijación del fósforo aplicado en el suelo, lo que hace que haya más fertilizante de fósforo disponible para la absorción de las plantas, de tal manera que mejora la salud de los cultivos y acelera el crecimiento, además de mejorar significativamente el rendimiento del cultivo. Además, la tecnología de polímeros AVAIL T5 proporciona más fósforo a las plantas independientemente de la fuente o el tiempo, lo que aumenta la eficiencia de la absorción de fósforo dentro de la planta (Verdesian Life Sciences, 2023).

Los elementos como el calcio, el magnesio, el aluminio y el hierro, que se encuentran cargados positivamente en el suelo ocasionan que el fósforo se fije en el suelo. Pero AVAIL T5 reacciona con sus iones, impidiendo la fijación de los fertilizantes fosfatados. Más fósforo disponible conduce a sistemas de raíces más robustos, mejorando el rendimiento temprano, la resistencia al estrés de la planta, la calidad del tubérculo y el potencial de rendimiento del cultivo (Verdesian Life Sciences, 2023).

AVAIL T5 es un potenciador de fertilizante patentado basado en la nueva tecnología de polímeros T5 de Verdesian para el tratamiento de fertilizantes de fosfato granulares o líquidos. Los polímeros verdesianos son macromoléculas solubles diseñadas compuestas de subunidades repetitivas cargadas negativamente y altamente reactivas que complejan y aumentan la solubilidad de los fitonutrientes. AVAIL T5 tiene carga negativa, lo que le da al material una alta capacidad de intercambio catiónico (Verdesian Life Sciences, 2023).

## **1.9 Labores culturales del cultivo de papa**

### ***1.9.1 Selección de semilla y desinfección***

Esta labor se da desde el campo hasta la siembra del tubérculo, para esto se realizan previos controles de sanidad que permitan obtener una semilla de calidad. El proceso continua con la selección de los tubérculos, para esto se descartan aquellos que presenten deformaciones, tengan daños o esten en descomposición o a su vez esten demasiado pequeños. Finalmente la semilla es tratada con productos químicos para evitar pudriciones durante el proceso de brotación por lo general se utilizan productos en base a (Carboxin 20% + thiram 20%) en proporciones de 500g/100 lts de agua, lo cual permite tener una semilla sana y de calidad (**Torrez, et al., 2013**).

### ***1.9.2 Preparación del suelo y formación de surcos***

Una vez realizado las labores de arado del suelo se procede a remover el mismo para poder formar surcos, por lo general va ha una profundidad de 20 a 30 cm. La distancia de los survos varia según en tipo de terreno que se realiza a una distancia de 90 cm si el terreno presenta una superficie plana y de 100 cm si presenta una pendiente. Dicha labor se la realiza de forma manual, con la ayuda de animales o a su vez con maquinaria agrícola ( Toledo, 2016).

### ***1.9.3 Desinfección del suelo***

El suelo presenta diferentes patógenos los mismos que se encuentran estrechamente relacionados con el monocultivo lo cual al no ser tratados eficazmente genera pérdidas significativas para los agricultores. Para esto es conviniente la aplicación de productos químicos tales como insecticidas, nematicidas, fungicidas, etc (Castro, et al., 2011).

### ***1.9.4 Abonado y fertilización***

Para realizar una adecuada fertilización es necesario contar con un análisis de suelo previo a la siembra, lo cual permitirá conocer la cantidad de elementos químicos presentes en el suelo, y a su vez nos ayudará a saber la cantidad necesaria de elementos que se deben implementar al suelo dependiendo de los requerimientos del cultivo. Es de suma importancia utilizar fórmulas de fertilización eficientes en cuánto a función,

costos y forma de acción del fertilizante. En lo que respecta a la aplicación del fertilizante se lo realiza mediante dos formas; aplicación directa al suelo y aplicación de fertilizantes al follaje del cultivo (Avilés y Piedra, 2016).

### **1.9.5 Siembra**

La distancia de siembra va de 25 a 40 cm de tubérculo a tubérculo dependiendo de la variedad a cultivar colocando de uno a tres tuberculos dependiendo de el tamaño de la semilla. La siembra de los tubérculos se establece a una profundidad de 5 a 10 cm y posteriormente se recubre con una pequeña capa de suelo (Villanueva, 2018).

### **1.9.6 Aporque**

Consiste en una labor cultural por medio de la cual se acumula tierra alrededor del tallo de una planta en forma de una montaña, éstos se lo realiza a los largo de toda la hilera. Esta labor es realizada con la finalidad de proteger las raíces y los tubérculos de agentes que puedan causar daños a los mismos, de la misma manera permite generar una mayor cantidad de raíces y por ende incrementar el rendimiento del cultivo (Gonzáles, 2015).

### **1.9.7 Manejo y control de plagas, enfermedades y malezas**

Es de suma importancia implementar medidas de prevención y mitigación para mantener una buena cosecha. Se deben eliminar los fitopatógenos que afectan a las

plantas o compiten con los cultivos. Las principales plagas que atacan los cultivos de papa son: el gusano blanco y la polilla guatemalteca, las cuales excavan hoyos en la papa como larvas. En cuanto a las enfermedades, tenemos la *Phytophthora*, conocida también como Tizon tardío, que se alimentan de las sustancias que producen las hojas, provocando la pérdida de las estructuras encargadas de la fotosíntesis. Otra enfermedad, *Rhizoctonia solani*, la cual afecta el rendimiento y la calidad de los tubérculos. Con respecto a las malas hierbas, es importante identificar correctamente las malezas presentes en el cultivo, ya que dependiendo de la especie se implementarán métodos de control químico que permitan eliminar las mismas (Molina, et al., 2004).

#### **1.9.8 Cosecha**

Una vez que el cultivo alcanza su madurez fisiológica se realiza la cosecha, dicha labor se realiza de los 5 a 6 meses después de la siembra, dependiendo de la variedad de papa cultivada. Una forma básica de reconocer que la papa está lista para ser cosechadas es cuando la planta presenta una coloración amarilla en las hojas y a su vez estas comienzan a secarse y desprenderse del tallo (Romero, 2013).

## 2. CAPÍTULO II

### METODOLOGÍA

#### 2.1 Ubicación del experimento

El ensayo de campo para la presente investigación realizada en el cultivo de papa se ubicó en la provincia de Cotopaxi, Cantón Latacunga, parroquia Mulaló. Las coordenadas del área de estudio son: 0° 46' 22'' sur y 78° 29' 32'' Oeste, con una altitud de 3491 msnm.

#### 2.2 Datos climáticos

La provincia de Cotopaxi, Cantón Latacunga, parroquia Mulaló presenta un clima frío moderado, cuenta con una temperatura media anual de 10,5 °C. La temperatura máxima promedio es de 16 °C y la temperatura mínima promedio es de 7 °C. De igual manera presenta una precipitación media anual de 748 mm y una humedad relativa promedio anual de 65,5 % (**Almachi, 2013**).

#### 2.3 Materiales y equipos

*Tabla 4. Fertilizantes a utilizarse*

- **DAP:** Fosfato diamónico
- **MESZ:** Microesencial SZ + fósforo

- **Kmag:** Sal doble de sulfato de potasio y magnesio
- **Korn-kali:** Cloruro potásico con sales de magnesio

| CONCEPTO     | CANTIDAD (kg) |
|--------------|---------------|
| DAP + Avail  | 100           |
| MESZ + Avail | 100           |
| DAP          | 100           |
| MESZ         | 100           |
| UREA         | 100           |
| Kmag         | 50            |
| Korn-kali    | 200           |

**Fuente:** Elaborado por Kleber Pérez (2023)

**Tabla 5. Materiales y equipos**

| <b>Materiales de campo</b>   |           |                  |
|------------------------------|-----------|------------------|
| Cinta metrica                | Azadon    | Estacas          |
| Piola                        | Baldes    | Fundas plasticas |
| <b>Materiales de oficina</b> |           |                  |
| Libreta de campo             | Lapiceros | Computadora      |
| Programas estadísticos       | Hojas     | Impresora        |

| <b>Equipos</b>          |                 |                    |
|-------------------------|-----------------|--------------------|
| Tractor                 | Surcadora       | Azadones           |
| GPS                     | Balanza digital | Cámara fotográfica |
| <b>Recursos humanos</b> |                 |                    |
| Tesista                 | Tutor           | Revisores          |

**Fuente:** Elaborado por Kleber Pérez (2023)

## 2.4 Factores en estudio

### 2.4.1 Fertilizantes

- DAP            F1
- Mesz           F2

### 2.4.2 Niveles de fertilización

- 180 kg/ha      N1
- 240 kg/ha      N2
- 300 kg/ha      N3

### 2.4.3 Producto AVAIL

- Sin AVAIL      P1
- Con AVAIL      P2

**Tabla 6. Descripción de los tratamientos en estudio**

| <b>TRATAMIENTOS</b> | <b>SIMBOLOGÍA</b> | <b>DESCRIPCIÓN</b>              |
|---------------------|-------------------|---------------------------------|
| T1                  | F1 N1 P1          | 180 kg de P2O5 (DAP) sin Avail  |
| T2                  | F1 N2 P1          | 240 kg de P2O5 (DAP) sin Avail  |
| T3                  | F1 N3 P1          | 300 kg de P2O5 (DAP) sin Avail  |
| T4                  | F1 N1 P2          | 180 kg de P2O5 (DAP) + Avail    |
| T5                  | F1 N2 P2          | 240 kg de P2O5 (DAP) + Avail    |
| T6                  | F1 N3 P2          | 300 kg de P2O5 (DAP) + Avail    |
| T7                  | F2 N1 P1          | 180 kg de P2O5 (MESZ) sin Avail |
| T8                  | F2 N2 P1          | 240 kg de P2O5 (MESZ) sin Avail |
| T9                  | F2 N3 P1          | 300 kg de P2O5 (MESZ) sin Avail |
| T10                 | F2 N1 P2          | 180 kg de P2O5 (MESZ) + Avail   |
| T11                 | F2 N2 P2          | 240 kg de P2O5 (MESZ) + Avail   |
| T12                 | F2 N3 P2          | 300 kg de P2O5 (MESZ) + Avail   |

**Fuente:** Elaborado por Kleber Pérez (2023)

## 2.5 Unidad Experimental

*Tabla 7. Descripción de la unidad experimental*

|  |      |
|--|------|
| Numero de parcelas                           | 48   |
| Repeticiones                                 | 4    |
| Ancho de parcelas (m)                        | 5    |
| Longitud de parcelas (m)                     | 7    |
| Área total parcela (m <sup>2</sup> )         | 35   |
| Área neta parcela (m <sup>2</sup> )          | 12,5 |
| Área total del experimento (m <sup>2</sup> ) | 1680 |

**Fuente:** Elaborado por Kleber Pérez (2023)

## 2.6 Repeticiones

El número total de repeticiones en el ensayo fueron cuatro.

## 2.7 Diseño experimental

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones, obteniendo un total de 48 unidades experimentales. Las pruebas de significación se analizaron mediante Tuckey al 0.01 de probabilidad.

## **2.8 Hipótesis**

H<sub>1</sub>: La aplicación de AVAIL junto con los fertilizantes fosfatados permite incrementar la absorción del Fósforo dentro del cultivo de papa.

## **2.9 Manejo Del Experimento**

### ***2.9.1 Selección del terreno***

Para el establecimiento del ensayo se trabajó con una superficie de 1680 metros cuadrados, los mismos que se encuentra a 3491 m.s.n.m. y presenta una pendiente moderada.

### ***2.9.2 Análisis de suelo***

Se recogió 1 kg de muestra de suelo la cual fué enviada para su respectivo análisis químico en laboratorio. Previo a la siembra, se tomó muestras de suelos a una profundidad de 0 - 30 cm para cuantificar los contenidos de macro nutrientes (N, P, K, Ca, Mg y S) y micro nutrientes (Zn, Cu, Mn, Fe, B); además, se determinó el pH, textura, materia orgánica, CIC y CE. Con estos resultados se estableció la recomendación de fertilización de N, P, K, Ca, Mg, S y MO, así como las enmiendas necesarias requeridas por el cultivo de papa.

### ***2.9.3 Preparación del suelo y manejo agronómico***

Para delimitar el área de estudio de cada tratamiento se colocaron estacas en los puntos establecidos. Adicionalmente se removió el suelo con la ayuda de un tractor y se realizó un pase de arado, uno de rasta y finalmente se formaron los surcos, los mismos que previos a la siembra se realizó una aplicación de Captan y Engeo (Lambdacihalotrina + Tiametoxam) para controlar enfermedades como Rizoctonia Solani y Fusarium, además de controlar plagas como gusano blanco y gusano alambre presentes en el suelo.

### ***2.9.4 Control fitosanitario***

Los controles fitosanitarios, así como las aplicaciones de foliares y bioestimulantes se realizaron cada 15 días. Se aplicó bactericidas (kasugamicina), fungicidas (Mancozeb, Metalaxil, Cymoxanil, Clorothalonil, Difenconazole, Pyraclostrobin) e insecticidas (Profenofos, Imidacloprid, Abamectina, Lambdacihalotrina, Tiametoxam, Metomil) los mismos que permitieron mantener el cultivo en condiciones óptimas para su desarrollo.

### ***2.9.5 Siembra***

Se colocó los tubérculos de papa de la variedad Super Chola a una distancia de 1,40 m entre surcos y 0,30 m entre plantas. Esto se lo realizó con la finalidad de obtener un mejor rendimiento y a su vez poder realizar las labores con maquinaria agrícola.

### **2.9.6 Fertilización del ensayo**

La fertilización inicial se realizó en el retape, es decir a los 28 días después de la siembra, en esta fertilización se aplicó el producto Avail + la totalidad del fósforo en dosis de 180, 240 y 300 kg/Ha, tanto en el fertilizante DAP como en el MESZ, según el tratamiento que correspondiente.

Los nutrientes nitrógeno, potasio, calcio, magnesio, azufre y boro fueron incorporados a los 60 días después de la siembra en la segunda fertilización, según lo determinado por el análisis de suelo y la respectiva recomendación.

### **2.9.7 Cosecha**

La cosecha se realizó por cada parcela neta, para lo cual se pesó la totalidad de los tubérculos y se los clasificó de acuerdo a las categorías localmente aceptadas. Para la presente investigación se clasificó los tubérculos en primera, segunda y tercera para de esta manera obtener el porcentaje en relación al total.

## **2.10 Variables Respuesta**

### **2.10.1 Altura de planta**

Para evaluar la efectividad del producto se tomó la altura de 10 plantas tomadas al azar, dentro de cada parcela neta, para lo cual se midió desde la base de la planta

hasta la última hoja y se expresó en centímetros (cm). Esta variable se evaluó 30 días después de realizada la segunda fertilización con las dosis completas de nitrógeno, potasio y microelementos.

### ***2.10.2 Número de tubérculos por planta***

Se realizó la cosecha de 10 plantas tomadas totalmente al azar, dentro de la parcela neta y se contabilizó la cantidad total de tubérculos por planta, obteniendo un promedio de las diez.

### ***2.10.3 Porcentaje de tubérculos de primera***

Se cosechó 10 plantas tomadas totalmente al azar, para lo cual se clasificó los tubérculos de primera  $> 4$  cm de diámetro y se expresó en porcentaje con respecto al total.

### ***2.10.4 Porcentaje de tubérculos de segunda***

Se cosechó 10 plantas tomadas totalmente al azar, para lo cual se clasificó los tubérculos de segunda de 2 - 4 cm de diámetro y se expresó en porcentaje con respecto al total.

### ***2.10.5 Porcentaje de tubérculos de tercera***

Se cosechó 10 plantas tomadas totalmente al azar, para lo cual se clasificó los tubérculos de tercera  $< 2$  cm de diámetro y se expresó en porcentaje con respecto al total.

### ***2.10.6 Rendimiento por planta***

Para evaluar esta variable se pesaron los tubérculos de 10 plantas tomadas totalmente al azar dentro de cada parcela y se expresó en kilogramos (kg). Se obtuvo un promedio del total.

### ***2.10.7 Rendimiento por hectárea***

Se realizó la cosecha de la parcela neta (12.5 m<sup>2</sup>). Con estos datos se realizó la extrapolación a hectárea y se expresó en ton /ha.

## **2.11 Análisis estadístico**

Los datos adquiridos mediante la presente investigación fueron sometidos a un análisis de varianza y aquellas variables que mostraron diferencias significativas se compararon según las pruebas de Tukey ( $p < 0,01$ ) usando el programa Statistix para Windows.

### 3. CAPÍTULO III

#### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

##### 3.1 Altura de planta

Se evidenció el efecto de las dosis de fertilización establecidas sobre la altura de la planta de la papa a partir de los 30 días después de realizada la segunda fertilización. Se efectuaron 12 tratamientos, demostrando que los tratamientos F1 N3 P2 (T6) con una dosis de 300 kg DAP + Avail y F2 N3 P2 (T12) con una dosis de 300 kg de Mesz + Avail fueron los mejores, obteniendo una altura de 63,26 y 62,15 cm ubicándose en el rango A, mientras que los tratamientos que obtuvieron los mas bajos resultados fueron el F1 N1 P1 (T1) con una dosis de 180 kg DAP sin Avail y F2 N1 P1 (T7) con una dosis de 180 kg de Mesz sin Avail, con una altura de planta de 38,95 y 39,24 cm, obteniendo un rango E. Esto se debe a que el producto Avail proporciona cargas negativas las mismas que aumentan la CIC permitiendo una mejor asimilación del fósforo para la planta.

**Tabla 8.** *Altura de planta (cm) en base a las dosis de fertilización*

| <b>Tratamientos</b>    | <b>Media</b> | <b>Rango</b> |
|------------------------|--------------|--------------|
| <b>F1 N3 P2 (T 6)</b>  | 63,26        | A            |
| <b>F2 N3 P2 (T 12)</b> | 62,15        | A            |
| <b>F2 N2 P2 (T 11)</b> | 57,98        | B            |
| <b>F1 N2 P2 (T 5)</b>  | 57,66        | B            |
| <b>F2 N3 P1 (T 9)</b>  | 54,17        | C            |
| <b>F1 N3 P1 (T 3)</b>  | 53,81        | C            |
| <b>F2 N1 P2 (T 10)</b> | 53,08        | C            |
| <b>F1 N1 P2 (T 4)</b>  | 52,2         | C            |
| <b>F2 N2 P1 (T 8)</b>  | 47,44        | D            |
| <b>F1 N2 P1 (T 2)</b>  | 46,42        | D            |
| <b>F2 N1 P1 (T 7)</b>  | 39,24        | E            |
| <b>F1 N1 P1 (T 1)</b>  | 38,95        | E            |

Según Cerón et al., (2012) el crecimiento vegetal esta determinado por la disponibilidad del fósforo para las plantas. Para ello es indispensable mejorar la efectividad del fósforo que se aplica al suelo utilizando dosis de fertilizantes más elevadas o a su vez mediante el uso de potencializadores de elementos. Además aporta que los microorganismos (Bacillus, Enterobacter, hongos como Aspergillus, Emmericella, Penicillium y hongos micorrízicos) que producen actividad fitasa extracelular y estimulan el crecimiento vegetal permiten aumentar la disponibilidad de fósforo para las plantas.

### **3.2 Número de tubérculos por planta**

Con los promedios establecidos en los tratamientos en estudio se determinó que el tratamiento F2 N3 P2 (T12) con una dosis de 300 kg de Mesz + Avail presentó los mejores resultados con un promedio de 43 tubérculos, seguido de los tratamientos F1 N3 P2 (T6) y F2 N3 P1 (T9) con 42 y 41 tubérculos respectivamente, mientras que los tratamientos F1 N1 P1 (T1) y F2 N1 P1 (T7) obtuvieron los resultados más bajos con un promedio de 25 y 28 tubérculos. Demostrando que al tener una mejor asimilación de fósforo permite incrementar el número de tubérculos por planta.

**Tabla 9.** Número de tubérculos por planta

| <b>Tratamientos</b>    | <b>Media</b> | <b>Rango</b> |
|------------------------|--------------|--------------|
| <b>F2 N3 P2 (T 12)</b> | 43           | A            |
| <b>F1 N3 P2 (T 6)</b>  | 42           | AB           |
| <b>F2 N3 P1 (T 9)</b>  | 41           | ABC          |
| <b>F1 N3 P1 (T 3)</b>  | 40           | BC           |
| <b>F2 N2 P2 (T 11)</b> | 39           | C            |
| <b>F1 N2 P2 (T 5)</b>  | 35           | D            |
| <b>F1 N1 P2 (T 4)</b>  | 33           | DE           |
| <b>F2 N1 P2 (T 10)</b> | 33           | DE           |
| <b>F2 N2 P1 (T 8)</b>  | 32           | E            |
| <b>F1 N2 P1 (T 2)</b>  | 32           | E            |
| <b>F2 N1 P1 (T 7)</b>  | 28           | F            |
| <b>F1 N1 P1 (T 1)</b>  | 25           | G            |

**Fuente:** elaborado por Kleber Perez (2023)

**Tabla 10.** Total de tubérculos de primera, segunda y tercera por tratamiento para cálculos de %.

| <b>Tratamiento</b>     | <b>Media (total de tubérculos)</b> |
|------------------------|------------------------------------|
| <b>F1 N1 P1 (T 1)</b>  | 149                                |
| <b>F1 N2 P1 (T 2)</b>  | 171                                |
| <b>F1 N3 P1 (T 3)</b>  | 202                                |
| <b>F1 N1 P2 (T 4)</b>  | 182                                |
| <b>F1 N2 P2 (T 5)</b>  | 219                                |
| <b>F1 N3 P2 (T 6)</b>  | 234                                |
| <b>F2 N1 P1 (T 7)</b>  | 153                                |
| <b>F2 N2 P1 (T 8)</b>  | 195                                |
| <b>F2 N3 P1 (T 9)</b>  | 243                                |
| <b>F2 N1 P2 (T 10)</b> | 187                                |
| <b>F2 N2 P2 (T 11)</b> | 226                                |
| <b>F2 N3 P2 (T 12)</b> | 258                                |

### 3.3 Porcentaje de tubérculos de primera

Los resultados obtenidos de las pruebas de tukey al que se sometieron los datos de porcentaje de tubérculos de primera muestran que los tratamientos F2 N3 P2 (T12) y F1 N3 P2 (T6) con una dosis de 300 kg DAP + Avail y 300 kg de Mesz + Avail respectivamente fueron los mejores con un 32,95 % (85 tubérculos) y 35,47 % (83 tubérculos) de tuberculos de primera con respecto al total encontrandose en un rango A, mientras que el tratamiento F1 N1 P1 (T1) con una dosis de 180 kg DAP sin Avail presento un menor porcentaje de tubérculos de primera con un 28,19 % (42 tuberculos), colocandose asi en el rango G.

**Tabla 11.** Número y Porcentaje de tubérculos de primera

| <b>Tratamientos</b>    | <b>Media</b> | <b>Rango</b> | <b>Porcentaje %</b> |
|------------------------|--------------|--------------|---------------------|
| <b>F2 N3 P2 (T 12)</b> | 85           | A            | 32,95               |
| <b>F1 N3 P2 (T 6)</b>  | 83           | A            | 35,47               |
| <b>F2 N3 P1 (T 9)</b>  | 81           | AB           | 33,33               |
| <b>F2 N2 P2 (T 11)</b> | 76           | AB           | 33,63               |
| <b>F1 N2 P2 (T 5)</b>  | 72           | BC           | 32,88               |
| <b>F1 N1 P2 (T 4)</b>  | 63           | CD           | 34,62               |
| <b>F2 N1 P2 (T 10)</b> | 63           | CDE          | 33,69               |
| <b>F2 N2 P1 (T 8)</b>  | 59           | DE           | 30,26               |
| <b>F1 N3 P1 (T 3)</b>  | 59           | DE           | 29,21               |
| <b>F1 N2 P1 (T 2)</b>  | 53           | EF           | 30,99               |
| <b>F2 N1 P1 (T 7)</b>  | 44           | FG           | 28,76               |
| <b>F1 N1 P1 (T 1)</b>  | 42           | G            | 28,19               |

**Fuente:** elaborado por Kleber Perez (2023)

### 3.4 Porcentaje de tubérculos de segunda

Los resultados obtenidos de las pruebas de tukey al que se sometieron los datos de porcentaje de tubérculos de segunda muestran que el tratamiento F2 N3 P2 (T12) con una dosis de 300 kg Mesz + Avail presentó los mejores resultados con un 32,17 % (83 tubérculos) de segunda con respecto al total encontrándose en un rango A, mientras que el tratamiento F2 N1 P1 (T7) con una dosis de 180 kg Mesz sin Avail presento un menor porcentaje de tubérculos de segunda con un 31,37 % (48 tubérculos), colocandose asi en un rango F.

**Tabla 12.** Número y Porcentaje de tubérculos de segunda

| <b>Tratamientos</b>    | <b>Media</b> | <b>Rango</b> | <b>Porcentaje %</b> |
|------------------------|--------------|--------------|---------------------|
| <b>F2 N3 P2 (T 12)</b> | 83           | A            | 32,17               |
| <b>F2 N3 P1 (T 9)</b>  | 82           | A            | 33,74               |
| <b>F1 N2 P2 (T 5)</b>  | 77           | AB           | 35,16               |
| <b>F1 N3 P2 (T 6)</b>  | 76           | AB           | 32,48               |
| <b>F2 N2 P2 (T 11)</b> | 72           | ABC          | 31,86               |
| <b>F1 N3 P1 (T 3)</b>  | 68           | BCD          | 33,66               |
| <b>F2 N2 P1 (T 8)</b>  | 61           | CDE          | 31,28               |
| <b>F2 N1 P2 (T 10)</b> | 59           | DE           | 31,55               |
| <b>F1 N2 P1 (T 2)</b>  | 59           | DEF          | 34,50               |
| <b>F1 N1 P2 (T 4)</b>  | 52           | EF           | 28,57               |
| <b>F1 N1 P1 (T 1)</b>  | 48           | F            | 32,21               |
| <b>F2 N1 P1 (T 7)</b>  | 48           | F            | 31,37               |

**Fuente:** elaborado por Kleber Perez (2023)

### 3.5 Porcentaje de tubérculos de tercera

Los resultados obtenidos de las pruebas de tukey al que se sometieron los datos de porcentaje de tuberculos de tercera muestran que el tratamient F2 N3 P2 (T12) con una dosis de 300 kg Mesz + Avail mostro los mejores con un 34,88 % (90 tubérculos) de tercera con respecto al total encontrandose en un rango A, mientras que el tratamiento F1 N1 P1 (T1) con una dosis de 180 kg DAP sin Avail presento un menor porcentaje de tuberculos de tercera con un 39,60 % (59 tubérculos) con respecto al totatl de los tubérculos, colocandose asi en un rango G.

**Tabla 13.** Número y Porcentaje de tubérculos de tercera

| <b>Tratamientos</b>    | <b>Media</b> | <b>Rango</b> | <b>Porcentaje %</b> |
|------------------------|--------------|--------------|---------------------|
| <b>F2 N3 P2 (T 12)</b> | 90           | A            | 34,88               |
| <b>F2 N3 P1 (T 9)</b>  | 80           | AB           | 32,92               |
| <b>F2 N2 P2 (T 11)</b> | 78           | ABC          | 34,51               |
| <b>F1 N3 P2 (T 6)</b>  | 75           | ABC          | 32,05               |
| <b>F2 N2 P1 (T 8)</b>  | 75           | ABC          | 38,46               |
| <b>F1 N3 P1 (T 3)</b>  | 75           | ABC          | 37,13               |
| <b>F1 N2 P2 (T 5)</b>  | 70           | ABC          | 31,96               |
| <b>F1 N1 P2 (T 4)</b>  | 67           | BC           | 36,81               |
| <b>F2 N1 P2 (T 10)</b> | 65           | BC           | 34,76               |
| <b>F2 N1 P1 (T 7)</b>  | 61           | BC           | 39,87               |
| <b>F1 N2 P1 (T 2)</b>  | 59           | C            | 34,50               |
| <b>F1 N1 P1 (T 1)</b>  | 59           | C            | 39,60               |

**Fuente:** elaborado por Kleber Perez (2023)

García (2022) en su investigación utilizó tres dosis de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: 0, 75, 150 Kg/ha, con un arreglo factoriales 3 × 3, en donde evalúa el número de tubérculos por planta, peso de tubérculos y el rendimiento de tubérculos totales de cada categoría 1, 2 y 3; en donde se obtuvieron los mejores resultados con una dosis de 150 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/Ha, incrementando el número de tubérculos de categoría 1, 2 y 3. Adicionalmente, se determinó que la eficiencia agronómica en el caso del fósforo fue significativa con un 38, 71% en cuanto al rendimiento del cultivo.

Avail permite incrementar la eficiencia en el uso del fósforo, ya que beneficia a la producción. El fósforo más fácilmente disponible y soluble en el suelo permite una mejor interceptación de las raíces de las plantas y una absorción eficiente de los nutrientes de las plantas. Esto conduce a una menor acumulación de fósforo en el suelo y una menor pérdida para los productores.

### **3.6 Rendimiento por planta**

Los valores de rendimiento demuestran que los mejores tratamientos en estudio fueron el F2 N3 P2 (T12) y el F1 N3 P2 (T6) con una dosis de 300 kg DAP + Avail y 300 kg de Mesz + Avail respectivamente, obteniendo un rendimiento de 1,97 kg y 1,92 kg por planta colocándose en el rango A, mientras que los tratamiento F2 N1 P1 (T7) y F1 N1 P1 (T1) con una dosis de 180 kg DAP sin Avail y 180 kg de Mesz sin Avail, demostraron los mas bajos rendimientos con 1,17 kg y 1,02 kg por planta respectivamente, colocandose en el rango D y E.

**Tabla 14.** Rendimiento por planta en Kg

| <b>Tratamiento</b>     | <b>Media</b> | <b>Rango</b> |
|------------------------|--------------|--------------|
| <b>F2 N3 P2 (T 12)</b> | 1,97         | A            |
| <b>F1 N3 P2 (T 6)</b>  | 1,92         | A            |
| <b>F2 N2 P2 (T 11)</b> | 1,77         | B            |
| <b>F1 N3 P1 (T 3)</b>  | 1,62         | C            |
| <b>F2 N3 P1 (T 9)</b>  | 1,62         | C            |
| <b>F1 N2 P2 (T 5)</b>  | 1,57         | C            |
| <b>F1 N1 P2 (T 4)</b>  | 1,52         | C            |
| <b>F2 N1 P2 (T 10)</b> | 1,52         | C            |
| <b>F2 N2 P1 (T 8)</b>  | 1,30         | D            |
| <b>F1 N2 P1 (T 2)</b>  | 1,27         | D            |
| <b>F2 N1 P1 (T 7)</b>  | 1,17         | D            |
| <b>F1 N1 P1 (T 1)</b>  | 1,02         | E            |

**Fuente:** elaborado por Kleber Perez (2023)

En la investigación realizada por Murillo (2016) se puede apreciar el incremento del rendimiento total de los tubérculos por planta, esto se logra a partir de dosis elevadas de fertilizantes químicos fosfatados. Mediante la aplicación de fertilizantes como 10-30-10 y 15-15-15 en porcentajes de 0,38 t/ha se logro incrementar significativamente la producción de tuberculos.

### **3.7 Rendimiento por hectarea**

Los resultados de las pruebas de Tukey (0,01) al que se sometieron los datos del rendimiento en Ton/Ha, demostraron que existen diferencias significativas entre los tratamientos en estudio, demostrando que los mejores tratamientos fueron el F2 N3 P2 (T12) y F1 N3 P2 (T6) con una dosis de 300 kg DAP + Avail y 300 kg de Mesz +

Avail respectivamente, con un promedio de 47,17 y 46,50 t/ha, colocandose en un rango A; mientras que el tratamiento con mas bajo rendimiento fue el F1 N1 P1 (T1) con una dosis de 180 kg DAP sin Avail, obteniendo un promedio de 23,92 t/ha, colocandose en un rango H.

**Tabla 15.** Rendimiento por hectarea (Toneladas)

| <b>Tratamientos</b>    | <b>Media (Tn)</b> | <b>Rango</b> |
|------------------------|-------------------|--------------|
| <b>F2 N3 P2 (T 12)</b> | 47,17             | A            |
| <b>F1 N3 P2 (T 6)</b>  | 46,50             | A            |
| <b>F2 N2 P2 (T 11)</b> | 41,70             | B            |
| <b>F2 N3 P1 (T 9)</b>  | 39,40             | BC           |
| <b>F1 N3 P1 (T 3)</b>  | 38,70             | CD           |
| <b>F1 N2 P2 (T 5)</b>  | 38,10             | CDE          |
| <b>F1 N1 P2 (T 4)</b>  | 36,47             | DE           |
| <b>F2 N1 P2 (T 10)</b> | 35,90             | E            |
| <b>F2 N2 P1 (T 8)</b>  | 31,22             | F            |
| <b>F1 N2 P1 (T 2)</b>  | 30,65             | F            |
| <b>F2 N1 P1 (T 7)</b>  | 27,40             | G            |
| <b>F1 N1 P1 (T 1)</b>  | 23,92             | H            |

**Fuente:** elaborado por Kleber Perez (2023)

Ñústez (2006) mediante su investigación afirma que el rendimiento en el cultivo de papa esta directamente relacionado con la aplicación de Fósforo edáfico, puesto que en su investigación al emplear dosis de 200, 300 y 400 kg/Ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> incrementó significativamente la producción, superando facilmente al tratamiento testigo en el cual se empleó una dosis de 100 kg/Ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Dentro de las categorías de primera, segunda y tercera, y con respecto al rendimiento total del cultivo se evidenció una respuesta positiva a partir de las dosis de 200 kg/Ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

**Tabla16.** Costos de producción por tratamiento por Ha.

| Tratamientos    | Dosis kg/Ha | Fertilizante | Costo por kg fertilización 1 | Costo por kg de Avail | Costo por kg fertilización 2 | Labores de campo | Semilla | Controles fitosanitarios | Total egresos \$ |
|-----------------|-------------|--------------|------------------------------|-----------------------|------------------------------|------------------|---------|--------------------------|------------------|
| F1 N1 P1 (T 1)  | 180         | DAP          | 1,12                         | 0                     | 1,26                         | 900              | 1250    | 1100                     | 3678,4           |
| F1 N2 P1 (T 2)  | 240         | DAP          | 1,12                         | 0                     | 1,26                         | 900              | 1250    | 1100                     | 3821,2           |
| F1 N3 P1 (T 3)  | 300         | DAP          | 1,12                         | 0                     | 1,26                         | 900              | 1250    | 1100                     | 3964             |
| F1 N1 P2 (T 4)  | 180         | DAP          | 1,12                         | 0,24                  | 1,26                         | 900              | 1250    | 1100                     | 3721,6           |
| F1 N2 P2 (T 5)  | 240         | DAP          | 1,12                         | 0,24                  | 1,26                         | 900              | 1250    | 1100                     | 3878,8           |
| F1 N3 P2 (T 6)  | 300         | DAP          | 1,12                         | 0,24                  | 1,26                         | 900              | 1250    | 1100                     | 4036             |
| +F2 N1 P1 (T 7) | 180         | Mesz         | 1,06                         | 0                     | 1,26                         | 900              | 1250    | 1100                     | 3667,6           |
| F2 N2 P1 (T 8)  | 240         | Mesz         | 1,06                         | 0                     | 1,26                         | 900              | 1250    | 1100                     | 3806,8           |
| F2 N3 P1 (T 9)  | 300         | Mesz         | 1,06                         | 0                     | 1,26                         | 900              | 1250    | 1100                     | 3946             |
| F2 N1 P2 (T 10) | 180         | Mesz         | 1,06                         | 0,24                  | 1,26                         | 900              | 1250    | 1100                     | 3710,8           |
| F2 N2 P2 (T 11) | 240         | Mesz         | 1,06                         | 0,24                  | 1,26                         | 900              | 1250    | 1100                     | 3864,4           |
| F2 N3 P2 (T 12) | 300         | Mesz         | 1,06                         | 0,24                  | 1,26                         | 900              | 1250    | 1100                     | 4018             |

Fuente: elaborado por Kleber Perez (2023)

**Tabla 17.** Rendimiento e ingreso total por tratamiento por Ha.

| Tratamientos    | Rendimiento<br>Ton/Ha | Rendimiento<br>Kg/Ha | Costo por kg | Ingresos |
|-----------------|-----------------------|----------------------|--------------|----------|
| F1 N1 P1 (T 1)  | 23,92                 | 23920                | 0,35         | 8372     |
| F1 N2 P1 (T 2)  | 30,65                 | 30650                | 0,35         | 10727,5  |
| F1 N3 P1 (T 3)  | 38,7                  | 38700                | 0,35         | 13545    |
| F1 N1 P2 (T 4)  | 36,47                 | 36470                | 0,35         | 12764,5  |
| F1 N2 P2 (T 5)  | 38,1                  | 38100                | 0,35         | 13335    |
| F1 N3 P2 (T 6)  | 46,5                  | 46500                | 0,35         | 16275    |
| F2 N1 P1 (T 7)  | 27,4                  | 27400                | 0,35         | 9590     |
| F2 N2 P1 (T 8)  | 31,22                 | 31220                | 0,35         | 10927    |
| F2 N3 P1 (T 9)  | 39,4                  | 39400                | 0,35         | 13790    |
| F2 N1 P2 (T 10) | 35,9                  | 35900                | 0,35         | 12565    |
| F2 N2 P2 (T 11) | 41,7                  | 41700                | 0,35         | 14595    |
| F2 N3 P2 (T 12) | 47,17                 | 47170                | 0,35         | 16509,5  |

Fuente: elaborado por Kleber Perez (2023)

**Tabla 18.** Rentabilidad de los tratamientos en estudio

| Tratamientos    | Egresos | Ingresos | Utilidad | Rentabilidad % |
|-----------------|---------|----------|----------|----------------|
| F1 N1 P1 (T 1)  | 3678,4  | 8372     | 4693,6   | 1,28           |
| F1 N2 P1 (T 2)  | 3821,2  | 10727,5  | 6906,3   | 1,81           |
| F1 N3 P1 (T 3)  | 3964    | 13545    | 9581,0   | 2,42           |
| F1 N1 P2 (T 4)  | 3721,6  | 12764,5  | 9042,9   | 2,43           |
| F1 N2 P2 (T 5)  | 3878,8  | 13335    | 9456,2   | 2,44           |
| F1 N3 P2 (T 6)  | 4036    | 16275    | 12239,0  | 3,03           |
| F2 N1 P1 (T 7)  | 3667,6  | 9590     | 5922,4   | 1,61           |
| F2 N2 P1 (T 8)  | 3806,8  | 10927    | 7120,2   | 1,87           |
| F2 N3 P1 (T 9)  | 3946    | 13790    | 9844,0   | 2,49           |
| F2 N1 P2 (T 10) | 3710,8  | 12565    | 8854,2   | 2,39           |
| F2 N2 P2 (T 11) | 3864,4  | 14595    | 10730,6  | 2,78           |
| F2 N3 P2 (T 12) | 4018    | 16509,5  | 12491,5  | 3,11           |

Fuente: elaborado por Kleber Perez (2023)

Todos los tratamientos expuestos son mayores a uno, por ende, todos son aconsejables. El tratamiento F2 N3 P2 (T 12) es el más rentables, debido a que por cada dólar invertido se obtiene 3,11 dólares. Con los demás tratamientos de igual manera se obteniendo ganancias rentables siendo el proyecto viable en el cultivo de papa.

## 4. CAPÍTULO IV

### 4.1 CONCLUSIONES

Tomando en cuenta los resultados obtenidos en la presente investigación, determinamos que la aplicación del producto Avail presenta un nivel de efectividad elevado para la absorción del fósforo, lo cual ayuda a que los fertilizantes disueltos en el suelo incrementen sus partículas con cargas negativas permitiendo así tener una capacidad de intercambio catiónico más elevada y una mejor absorción del elemento fósforo para la planta.

Luego de evaluar las dosis de fertilizantes aplicadas en la presente investigación se llega a la conclusión de que el tratamiento F2 N3 P2 (T12) con una dosis de 300 kg Mesz + Avail es el mejor ya que se obtuvo un rendimiento de 1,97 kg por planta y 47,17 Ton/Ha, mientras que los rendimientos mas bajos se obtuvieron en el tratamiento F1 N1 P1 (T1) con una dosis de 180 kg DAP sin Avail con un promedio de 1,02 kg por planta y 23,92 Ton/Ha cultivada.

En cuanto a la relación beneficio/costo el valor más elevado lo representa el tratamiento F2 N3 P2 (T12), con un margen de rentabilidad de 3,11%, seguido de tratamiento F1 N3 P2 (T6) con una rentabilidad de 3,03%, siendo estos los más rentables a comparación de los tratamientos F1 N1 P1 (T1) y F2 N1 P1 (T7) que representan los valores mas bajos con una rentabilidad de 1,28 y 1,61 respectivamente.

## 4.2 RECOMENDACIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos se recomienda aplicar dosis más elevadas de fósforo que se encuentren por encima de los 200 kg por hectárea, y a su vez implementar potencializadores del elemento, para de esta manera incrementar los rendimientos en el cultivo. Es indispensable además implementar fuentes de materia orgánica con la finalidad de incorporar microorganismos que ayuden a la asimilación del fósforo.

Para investigaciones posteriores se sugiere implementar nuevas alternativas de fertilización, asimismo se recomienda variar las dosis de fertilizante y aplicar en variedades de papa que tengan un ciclo más corto de producción.

Se sugiere llevar a cabo investigaciones posteriores en lugares con menor altura y con condiciones ambientales diferentes, para de esta manera evaluar la eficiencia de los bioestimulantes y potencializadores del fósforo en zonas de menor altitud y con diferente tipo de suelo.

## 5. BIBLIOGRAFÍA

- 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. *Terra Latinoamericana*, 21(3), 417-426.
- Almachi Paneluisa, V. E. (2013). Evaluación de dos híbridos de Brócoli (*Brassica oleracea* var. *itálica*) a tres Métodos Alternativos, aplicados a dos dosis, para el control de Hernia de la col (*Plasmodiophora brassicae* Wor.)”, en la Hacienda Limache–Mulaló–Cotopaxi (Bachelor's thesis, LATACUNGA/UTC/2013).
- Aparco Huamán, H. R. (2017). Caracterización fenotípica de papas nativas cultivadas (*solanum* sp) en el anexo de Cruz Pata Distrito y Provincia de Castrovirreyna Huancavelica.
- Avilés Chaves, J. y Piedra Naranjo, R (2016). Manual del cultivo de papa en Costa Rica (*Solanum tuberosum* L.) (en línea). San José, Costa. Rica, INTA. 94 p. Disponible en <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-10931.pdf>
- Becerra-Sanabria, L. A., Navia-de Mosquera, S. L., & Ñústez-López, C. E. (2007). Efecto de niveles de fósforo y potasio sobre el rendimiento del cultivar ‘Criolla Guaneña’ en el departamento de Nariño. *Revista Latinoamericana de la papa*, 14(1), 51-60.
- Castro Lizazo, I.; Díez Rojo, M.; López Pérez, J.; Díaz Viruliche, L. y Bello Pérez, A (2011). Desinfección del suelo en producción ecológica (en línea, sitio web). Disponible en <http://www.agroecologia.net/recursos/publicaciones/dossiers/dossierbiodesinfeccion.pdf>
- Cerón Rincón, L. E., & Ancízar Aristizábal Gutiérrez, F. (2012). Dinámica del ciclo del nitrógeno y fósforo en suelos. *Revista colombiana de Biotecnología*, 14(1), 285-295.
- Cortez, M; Hurtado, G. (2002). Cultivo de La Papa. La libertad, El Salvador.

- Dávila, R. A. (2010). El cultivo de papa en el Ecuador, insectos plaga – enfermedades – nemátodos y su control químico. Departamento técnico nacional-ecuaquímica.
- De Brouwere, K., Thijs, A., Hens, M., & Merckx, R. (2003). Forms and availability of soil phosphorus in temperate forests in southern Chile and Flanders formas y disponibilidad de fósforo en el suelo de bosques templados en el sur de Chile y Flanders. *Gayana Bot*, 60(1), 17-23.
- González Gamboa, JR (2015). Evaluación agronómica de papa, variedad Superchola (*Solanum tuberosum*), con el uso de semilla prebásica, bajo dos modalidades de fertilización edáfica, complementada con fertilización foliar. Tabacundo. Pichincha (en línea). Tesis Ing. Agr. Quito, Ecuador, Universidad Central del Ecuador. 87 p. Disponible en <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/4550>
- Inst. Nacional de Estadísticas y Censos. (2021). Encuesta de superficie y producción agropecuaria continua 2020. [https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/webinec/Estadisticas\\_agropecuarias/espac/espac2020/Boletin%20Tecnico%20ESPAC%202020.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/webinec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac2020/Boletin%20Tecnico%20ESPAC%202020.pdf)
- INTAGRI. 2017. Uso Eficiente del Fósforo en la Agricultura. Serie Nutrición Vegetal Núm. 105. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 5 p. Extraído de <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/uso-eficiente-del-fosforo-en-la-agricultura>
- Molina, J; Mairena, B; Aguilar, L. 2004. Guía en el cultivo de papa. Manejo integral de plagas (en línea). Disponible en <http://cenida.una.edu.ni/relectronicos/RENH10M722.pdf>
- Monreal, L. (2001). Importancia de la papa (*Solanum Tuberosum* L.) en la región de Navidad, Nuevo León. Tesis Ing. Agr. Ciudad de Buenavista, México, Universidad Autónoma Agraria. 115 p.

- Monteros, A. (2016). Rendimientos de papa en Ecuador segundo ciclo 2015 (junionoviembre) (en línea). Consultado nov. 2022. Disponible en [http://sipa.agricultura.gob.ec/descargas/estudios/rendimientos/papa/rendimiento\\_papa\\_2015.pdf](http://sipa.agricultura.gob.ec/descargas/estudios/rendimientos/papa/rendimiento_papa_2015.pdf)
- Mora-Quilismal, Segundo Ramiro, Cuaical-Galárraga, Emma Teresa, García-Bolívar, Judith, Revelo-Ruales, Vinicio Wladimir, Puetate-Mejía, Luis Miguel, Aguila-Alcantara, Edith, & Ruiz-Sánchez, Michel. (2021). Biofertilización con bacterias solubilizadoras de fósforo y hongos micorrízicos arbusculares en el cultivo de la papa. *Cultivos Tropicales*, 42(2), e02. Recuperado en 21 de septiembre de 2022, de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0258-59362021000200002&lng=es&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362021000200002&lng=es&tlng=es).
- Murillo, R. L., Cunuhay, K. E., Trávez, R. T., Méndez, C. U., Coronel, A. E., & Albornoz, A. B. (2016). Respuesta de variedades de papa (*Solanum tuberosum*, L) a la aplicación de abonos orgánicos y fertilización química. *Revista Ciencia y Tecnología*, 9(1), 11-16.
- Ñústez, C. E., Santos, M., Navia, S. L., & Cotes, J. M. (2006). Evaluación de la fertilización fosfórica foliar y edáfica sobre el rendimiento de la variedad de papa "Diacol Capiro" (*Solanum tuberosum* L.). *Agronomía Colombiana*, 24(1), 111-121.
- Pahuara, Y. (2004). *Efecto del fósforo sobre la población microbiana con énfasis en Rhizobium en suelos con pasturas en zonas altoandinas del Perú* (Doctoral dissertation, Tesis para optar por el grado de Biólogo. Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima. Perú).
- Pumisacho, M; Velásquez, J. (2009). Manual del cultivo de papa para pequeños productores (en línea). Quito, Ecuador, Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias

- INIAP. 103 p. Disponible en <http://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/840/4/iniapscm78.pdf>
- Pumisacho, M. y Sherwood, S. (2002). El cultivo de la papa en el Ecuador. INIAP.
- Rivadeneira, J., Yumisaca, F., Monteros, C., Racines, M. y Cuesta, X. (2021). Ficha Técnica de la variedad de papa INIAP-Super Fri. <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5768/1/2.%20Ficha%20Técnica%20variedad%20INIAP%20SuperFri.pdf>
- Romero Granizo, DF. 2013. Comportamiento agronómico, de poscosecha, calidad nutricional y potencial para seguridad alimentaria de 10 cultivares nativos y mejorados de papa (*Solanum tuberosum*) en Ilapo y Santa Fe de Galán (en línea). Tesis Ing. Agrónomo, Riobamba, Ecuador, Escuela Superior Politécnica del Chimborazo. 169 p. Disponible en <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2797/1/13T0764%20.pdf>
- Romero Larrea, C. A. (2019). *Rendimiento de semilla pre básica de papa (Solanum tuberosum) variedad chaucha roja, proveniente del sistema de producción aeropónico* (Bachelor's thesis).
- Toledo, M. (2016). El cultivo de la papa en Honduras (en línea). San José, Costa Rica, Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria, DICTA, 96 p. Disponible en <http://repositorio.iica.int/bitstream/11324/3107/1/BVE17069070e.pdf>
- Torres, L; Montesdeoca, F; Andrade, J. (2013). Manejo del Tubérculo Semilla - International Potato Center. (en línea, sitio web). Disponible en <https://cipotato.org/es/sin-categorizar/manejo-del-tuberculosemilla/>
- Valverde, F., & Alvarado Ochoa, S. P. (2009). Manejo del suelo y la fertilización en el cultivo de papa: Experiencias del DMSA.

- Vélez, PC; Meneses, LR; Dávila, DZ. (2008). Estudio de las poblaciones microbianas de la rizosfera del cultivo de la papa (*Solanum tuberosum*) en zonas altoandinas (en línea). *Ecología Aplicada* 7(1): 1–2. Disponible en <http://www.scielo.org.pe/pdf/ecol/v7n1-2/a17v7n1-2.pdf>
- Verdesian Life Sciences. (2023, 17 Enero). *AVAIL® T5 - Phosphorus Fertilizer Enhancer*. <https://vlsci.com/products/avail-t5/>
- Vignola, R., Watler, W., Vargas, A. y Morales, M. (2017). Prácticas efectivas para la reducción de impactos por eventos climáticos en el cultivo de papa en Costa Rica. CATIE. <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-8214.pdf>
- Vignola, R., Watler, W., Vargas, A. y Morales, M. (2017). Prácticas efectivas para la reducción de impactos por eventos climáticos en el cultivo de papa en Costa Rica. CATIE. <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-8214.pdf>
- Villanueva, RO. (2018). Manual del cultivo de papa para pequeños productores en la sierra norte del Perú (en línea). Lima, Perú. Grafikoz Publicidad Eficaz, 32p. <https://www.poderosa.com.pe/Content/descargas/libros/manual-del-cultivo-depapa.pdf>
- Villanueva, RO. 2018. Manual del cultivo de papa para pequeños productores en la sierra norte del Perú (en línea). Lima, Perú. Grafikoz Publicidad Eficaz, 32p. <https://www.poderosa.com.pe/Content/descargas/libros/manual-del-cultivo-depapa.pdf>

## 6. ANEXOS

### 6.1 ANEXO A

#### 6.1.1 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

### Análisis de varianza para la variable Altura de planta

Statistix 10,0

24/1/2023; 19:53:36

#### Randomized Complete Block AOV Table for Altura

| Source    | DF  | SS      | MS      | F      | P      |
|-----------|-----|---------|---------|--------|--------|
| Bloque    | 3   | 74,2    | 24,72   |        |        |
| Tratamien | 11  | 27653,7 | 2513,98 | 153,05 | 0,0000 |
| Error     | 465 | 7637,8  | 16,43   |        |        |
| Total     | 479 | 35365,7 |         |        |        |

Grand Mean 52,201

CV 7,76

Relative Efficiency, RCB 1,03

#### Means of Altura for Tratamien

| Tratamien | Mean   |
|-----------|--------|
| 1         | 38,958 |
| 2         | 46,428 |
| 3         | 53,817 |
| 4         | 52,200 |
| 5         | 57,668 |
| 6         | 63,265 |
| 7         | 39,240 |
| 8         | 47,448 |
| 9         | 54,170 |
| 10        | 53,088 |
| 11        | 57,988 |
| 12        | 62,150 |

Observations per Mean 40

Standard Error of a Mean 0,6408

Std Error (Diff of 2 Means) 0,9062

### Prueba de medias para altura de plantas

Statistix 10,0

24/1/2023; 19:54:23

#### Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Altura for Tratamien

| Tratamien | Mean   | Homogeneous Groups |
|-----------|--------|--------------------|
| 6         | 63,265 | A                  |
| 12        | 62,150 | A                  |
| 11        | 57,988 | B                  |
| 5         | 57,668 | B                  |
| 9         | 54,170 | C                  |
| 3         | 53,817 | C                  |
| 10        | 53,088 | C                  |

|   |        |   |
|---|--------|---|
| 4 | 52,200 | C |
| 8 | 47,448 | D |
| 2 | 46,428 | D |
| 7 | 39,240 | E |
| 1 | 38,958 | E |

Alpha 0,01 Standard Error for Comparison 0,9062  
 Critical Q Value 5,278 Critical Value for Comparison 3,3820  
 There are 5 groups (A, B, etc.) in which the means  
 are not significantly different from one another.

## Resumen de estadísticos para altura de plantas

Statistix 10,0

24/1/2023; 19:55:57

### Breakdown for Altura

| Variable  | Level | Mean   | SD     | Minimum | Maximum |
|-----------|-------|--------|--------|---------|---------|
| Tratamien | 1     | 38,957 | 2,8393 | 35,000  | 45,700  |
| Tratamien | 2     | 46,428 | 3,8153 | 38,400  | 53,400  |
| Tratamien | 3     | 53,817 | 3,3179 | 48,500  | 58,600  |
| Tratamien | 4     | 52,200 | 4,2158 | 43,200  | 67,800  |
| Tratamien | 5     | 57,667 | 4,5744 | 48,500  | 65,600  |
| Tratamien | 6     | 63,265 | 4,4739 | 50,200  | 69,100  |
| Tratamien | 7     | 39,240 | 1,8716 | 35,900  | 43,400  |
| Tratamien | 8     | 47,448 | 3,9930 | 34,900  | 52,600  |
| Tratamien | 9     | 54,170 | 4,2788 | 44,500  | 59,900  |
| Tratamien | 10    | 53,088 | 4,0826 | 45,600  | 59,600  |
| Tratamien | 11    | 57,987 | 5,4869 | 45,800  | 65,400  |
| Tratamien | 12    | 62,150 | 4,5690 | 48,500  | 67,400  |
| Overall   |       | 52,201 | 8,5926 | 34,900  | 69,100  |

Cases Included 480 Missing Cases 0

## Analisis de varianza para el resto de variables

Statistix 10,0

24/1/2023; 19:58:33

### Randomized Complete Block AOV Table for Primera

| Source    | DF | SS      | MS      | F     | P      |
|-----------|----|---------|---------|-------|--------|
| Bloque    | 3  | 376,2   | 125,389 |       |        |
| Tratamien | 11 | 9328,2  | 848,015 | 73,58 | 0,0000 |
| Error     | 33 | 380,3   | 11,525  |       |        |
| Total     | 47 | 10084,7 |         |       |        |

Grand Mean 65,333

CV 5,20

### Tukey's 1 Degree of Freedom Test for Nonadditivity

| Source        | DF | SS      | MS      | F    | P      |
|---------------|----|---------|---------|------|--------|
| Nonadditivity | 1  | 4,522   | 4,5215  | 0,39 | 0,5393 |
| Remainder     | 32 | 375,812 | 11,7441 |      |        |

Relative Efficiency, RCB 1,63

### Means of Primera for Tratamien

| Tratamien | Mean   |
|-----------|--------|
| 1         | 42,750 |
| 2         | 53,500 |

|                             |        |        |
|-----------------------------|--------|--------|
| 3                           | 59,000 |        |
| 4                           | 63,750 |        |
| 5                           | 72,750 |        |
| 6                           | 83,000 |        |
| 7                           | 44,000 |        |
| 8                           | 59,250 |        |
| 9                           | 81,250 |        |
| 10                          | 63,000 |        |
| 11                          | 76,500 |        |
| 12                          | 85,250 |        |
| Observations per Mean       |        | 4      |
| Standard Error of a Mean    |        | 1,6974 |
| Std Error (Diff of 2 Means) |        | 2,4005 |

#### Randomized Complete Block AOV Table for Segunda

| Source     | DF     | SS      | MS      | F     | P      |
|------------|--------|---------|---------|-------|--------|
| Bloque     | 3      | 157,90  | 52,632  |       |        |
| Tratamien  | 11     | 7120,23 | 647,294 | 42,86 | 0,0000 |
| Error      | 33     | 498,35  | 15,102  |       |        |
| Total      | 47     | 7776,48 |         |       |        |
| Grand Mean | 65,771 |         |         |       |        |
| CV         | 5,91   |         |         |       |        |

#### Tukey's 1 Degree of Freedom Test for Nonadditivity

| Source        | DF | SS      | MS      | F    | P      |
|---------------|----|---------|---------|------|--------|
| Nonadditivity | 1  | 41,175  | 41,1751 | 2,88 | 0,0993 |
| Remainder     | 32 | 457,179 | 14,2868 |      |        |

Relative Efficiency, RCB 1,16

#### Means of Segunda for Tratamien

| Tratamien                   | Mean   |        |
|-----------------------------|--------|--------|
| 1                           | 48,000 |        |
| 2                           | 59,000 |        |
| 3                           | 68,750 |        |
| 4                           | 52,750 |        |
| 5                           | 77,250 |        |
| 6                           | 76,250 |        |
| 7                           | 48,000 |        |
| 8                           | 61,750 |        |
| 9                           | 82,750 |        |
| 10                          | 59,500 |        |
| 11                          | 72,250 |        |
| 12                          | 83,000 |        |
| Observations per Mean       |        | 4      |
| Standard Error of a Mean    |        | 1,9430 |
| Std Error (Diff of 2 Means) |        | 2,7479 |

#### Randomized Complete Block AOV Table for Tercera

| Source     | DF     | SS      | MS      | F    | P      |
|------------|--------|---------|---------|------|--------|
| Bloque     | 3      | 467,17  | 155,722 |      |        |
| Tratamien  | 11     | 3795,17 | 345,015 | 7,57 | 0,0000 |
| Error      | 33     | 1503,33 | 45,556  |      |        |
| Total      | 47     | 5765,67 |         |      |        |
| Grand Mean | 71,583 |         |         |      |        |

CV 9,43

**Tukey's 1 Degree of Freedom Test for Nonadditivity**

| Source        | DF | SS      | MS      | F    | P      |
|---------------|----|---------|---------|------|--------|
| Nonadditivity | 1  | 173,58  | 173,585 | 4,18 | 0,0493 |
| Remainder     | 32 | 1329,75 | 41,555  |      |        |

Relative Efficiency, RCB 1,15

**Means of Tercera for Tratamien**

| Tratamien | Mean   |
|-----------|--------|
| 1         | 59,500 |
| 2         | 59,750 |
| 3         | 75,000 |
| 4         | 67,250 |
| 5         | 70,750 |
| 6         | 75,500 |
| 7         | 61,500 |
| 8         | 75,250 |
| 9         | 80,000 |
| 10        | 65,750 |
| 11        | 78,500 |
| 12        | 90,250 |

Observations per Mean 4  
 Standard Error of a Mean 3,3747  
 Std Error (Diff of 2 Means) 4,7726

**Randomized Complete Block AOV Table for TuberTota**

| Source    | DF | SS     | MS      | F      | P      |
|-----------|----|--------|---------|--------|--------|
| Bloque    | 3  | 1216   | 405,5   |        |        |
| Tratamien | 11 | 148202 | 13472,9 | 179,32 | 0,0000 |
| Error     | 33 | 2479   | 75,1    |        |        |
| Total     | 47 | 151898 |         |        |        |

Grand Mean 357,56  
 CV 2,42

**Tukey's 1 Degree of Freedom Test for Nonadditivity**

| Source        | DF | SS      | MS      | F    | P      |
|---------------|----|---------|---------|------|--------|
| Nonadditivity | 1  | 106,59  | 106,587 | 1,44 | 0,2394 |
| Remainder     | 32 | 2372,77 | 74,149  |      |        |

Relative Efficiency, RCB 1,28

**Means of TuberTota for Tratamien**

| Tratamien | Mean   |
|-----------|--------|
| 1         | 251,00 |
| 2         | 321,25 |
| 3         | 405,50 |
| 4         | 339,50 |
| 5         | 354,75 |
| 6         | 428,25 |
| 7         | 288,50 |
| 8         | 328,50 |
| 9         | 412,00 |
| 10        | 334,00 |
| 11        | 388,25 |

|                             |        |        |
|-----------------------------|--------|--------|
| 12                          | 439,25 |        |
| Observations per Mean       |        | 4      |
| Standard Error of a Mean    |        | 4,3339 |
| Std Error (Diff of 2 Means) |        | 6,1291 |

#### Randomized Complete Block AOV Table for Tuberplan

| Source    | DF | SS      | MS      | F      | P      |
|-----------|----|---------|---------|--------|--------|
| Bloque    | 3  | 13,40   | 4,465   |        |        |
| Tratamien | 11 | 1502,23 | 136,566 | 174,31 | 0,0000 |
| Error     | 33 | 25,85   | 0,783   |        |        |
| Total     | 47 | 1541,48 |         |        |        |

|            |        |
|------------|--------|
| Grand Mean | 35,729 |
| CV         | 2,48   |

#### Tukey's 1 Degree of Freedom Test for Nonadditivity

| Source        | DF | SS      | MS      | F    | P      |
|---------------|----|---------|---------|------|--------|
| Nonadditivity | 1  | 1,4145  | 1,41450 | 1,85 | 0,1831 |
| Remainder     | 32 | 24,4397 | 0,76374 |      |        |

|                          |      |
|--------------------------|------|
| Relative Efficiency, RCB | 1,30 |
|--------------------------|------|

#### Means of Tuberplan for Tratamien

| Tratamien | Mean   |
|-----------|--------|
| 1         | 25,000 |
| 2         | 32,000 |
| 3         | 40,750 |
| 4         | 33,750 |
| 5         | 35,500 |
| 6         | 42,750 |
| 7         | 28,750 |
| 8         | 32,750 |
| 9         | 41,250 |
| 10        | 33,500 |
| 11        | 39,000 |
| 12        | 43,750 |

|                             |        |
|-----------------------------|--------|
| Observations per Mean       | 4      |
| Standard Error of a Mean    | 0,4426 |
| Std Error (Diff of 2 Means) | 0,6259 |

#### Randomized Complete Block AOV Table for Rendplant

| Source    | DF | SS      | MS      | F      | P      |
|-----------|----|---------|---------|--------|--------|
| Bloque    | 3  | 0,01729 | 0,00576 |        |        |
| Tratamien | 11 | 3,73229 | 0,33930 | 171,71 | 0,0000 |
| Error     | 33 | 0,06521 | 0,00198 |        |        |
| Total     | 47 | 3,81479 |         |        |        |

|            |        |
|------------|--------|
| Grand Mean | 1,5271 |
| CV         | 2,91   |

#### Tukey's 1 Degree of Freedom Test for Nonadditivity

| Source        | DF | SS      | MS        | F    | P      |
|---------------|----|---------|-----------|------|--------|
| Nonadditivity | 1  | 0,00411 | 4,105E-03 | 2,15 | 0,1523 |
| Remainder     | 32 | 0,06110 | 1,909E-03 |      |        |

|                          |      |
|--------------------------|------|
| Relative Efficiency, RCB | 1,12 |
|--------------------------|------|

**Means of Rendplant for Tratamien**

| <b>Tratamien</b>            | <b>Mean</b> |
|-----------------------------|-------------|
| 1                           | 1,0250      |
| 2                           | 1,2750      |
| 3                           | 1,6250      |
| 4                           | 1,5250      |
| 5                           | 1,5750      |
| 6                           | 1,9250      |
| 7                           | 1,1750      |
| 8                           | 1,3000      |
| 9                           | 1,6250      |
| 10                          | 1,5250      |
| 11                          | 1,7750      |
| 12                          | 1,9750      |
| Observations per Mean       | 4           |
| Standard Error of a Mean    | 0,0222      |
| Std Error (Diff of 2 Means) | 0,0314      |

**Randomized Complete Block AOV Table for Rendimien**

| <b>Source</b> | <b>DF</b> | <b>SS</b> | <b>MS</b> | <b>F</b> | <b>P</b> |
|---------------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|
| Bloque        | 3         | 11,78     | 3,927     |          |          |
| Tratamien     | 11        | 2240,38   | 203,671   | 275,94   | 0,0000   |
| Error         | 33        | 24,36     | 0,738     |          |          |
| Total         | 47        | 2276,52   |           |          |          |

|            |        |
|------------|--------|
| Grand Mean | 36,429 |
| CV         | 2,36   |

**Tukey's 1 Degree of Freedom Test for Nonadditivity**

| <b>Source</b> | <b>DF</b> | <b>SS</b> | <b>MS</b> | <b>F</b> | <b>P</b> |
|---------------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|
| Nonadditivity | 1         | 0,9859    | 0,98594   | 1,35     | 0,2539   |
| Remainder     | 32        | 23,3716   | 0,73036   |          |          |

Relative Efficiency, RCB 1,28

**Means of Rendimien for Tratamien**

| <b>Tratamien</b>            | <b>Mean</b> |
|-----------------------------|-------------|
| 1                           | 23,925      |
| 2                           | 30,650      |
| 3                           | 38,700      |
| 4                           | 36,475      |
| 5                           | 38,100      |
| 6                           | 46,500      |
| 7                           | 27,400      |
| 8                           | 31,225      |
| 9                           | 39,400      |
| 10                          | 35,900      |
| 11                          | 41,700      |
| 12                          | 47,175      |
| Observations per Mean       | 4           |
| Standard Error of a Mean    | 0,4296      |
| Std Error (Diff of 2 Means) | 0,6075      |

Prueba de medias para el resto de variables

Statistix 10,0 24/1/2023; 19:59:07

**Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Primera for Tratamien**

| Tratamien | Mean   | Homogeneous Groups |
|-----------|--------|--------------------|
| 12        | 85,250 | A                  |
| 6         | 83,000 | A                  |
| 9         | 81,250 | AB                 |
| 11        | 76,500 | AB                 |
| 5         | 72,750 | BC                 |
| 4         | 63,750 | CD                 |
| 10        | 63,000 | CDE                |
| 8         | 59,250 | DE                 |
| 3         | 59,000 | DE                 |
| 2         | 53,500 | EF                 |
| 7         | 44,000 | FG                 |
| 1         | 42,750 | G                  |

Alpha 0,01 Standard Error for Comparison 2,4005  
 Critical Q Value 5,867 Critical Value for Comparison 9,9596

There are 7 groups (A, B, etc.) in which the means are not significantly different from one another.

#### Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Segunda for Tratamien

| Tratamien | Mean   | Homogeneous Groups |
|-----------|--------|--------------------|
| 12        | 83,000 | A                  |
| 9         | 82,750 | A                  |
| 5         | 77,250 | AB                 |
| 6         | 76,250 | AB                 |
| 11        | 72,250 | ABC                |
| 3         | 68,750 | BCD                |
| 8         | 61,750 | CDE                |
| 10        | 59,500 | DE                 |
| 2         | 59,000 | DEF                |
| 4         | 52,750 | EF                 |
| 1         | 48,000 | F                  |
| 7         | 48,000 | F                  |

Alpha 0,01 Standard Error for Comparison 2,7479  
 Critical Q Value 5,867 Critical Value for Comparison 11,401

There are 6 groups (A, B, etc.) in which the means are not significantly different from one another.

#### Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Tercera for Tratamien

| Tratamien | Mean   | Homogeneous Groups |
|-----------|--------|--------------------|
| 12        | 90,250 | A                  |
| 9         | 80,000 | AB                 |
| 11        | 78,500 | ABC                |
| 6         | 75,500 | ABC                |
| 8         | 75,250 | ABC                |
| 3         | 75,000 | ABC                |
| 5         | 70,750 | ABC                |
| 4         | 67,250 | BC                 |
| 10        | 65,750 | BC                 |
| 7         | 61,500 | BC                 |
| 2         | 59,750 | C                  |
| 1         | 59,500 | C                  |

Alpha 0,01 Standard Error for Comparison 4,7726  
 Critical Q Value 5,867 Critical Value for Comparison 19,801

There are 3 groups (A, B, etc.) in which the means

are not significantly different from one another.

#### Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of TuberTota for Tratamien

| Tratamien | Mean   | Homogeneous Groups |
|-----------|--------|--------------------|
| 12        | 439,25 | A                  |
| 6         | 428,25 | AB                 |
| 9         | 412,00 | BC                 |
| 3         | 405,50 | BC                 |
| 11        | 388,25 | C                  |
| 5         | 354,75 | D                  |
| 4         | 339,50 | DE                 |
| 10        | 334,00 | DE                 |
| 8         | 328,50 | E                  |
| 2         | 321,25 | E                  |
| 7         | 288,50 | F                  |
| 1         | 251,00 | G                  |

|                  |       |                               |        |
|------------------|-------|-------------------------------|--------|
| Alpha            | 0,01  | Standard Error for Comparison | 6,1291 |
| Critical Q Value | 5,867 | Critical Value for Comparison | 25,429 |

There are 7 groups (A, B, etc.) in which the means are not significantly different from one another.

#### Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Tuberplan for Tratamien

| Tratamien | Mean   | Homogeneous Groups |
|-----------|--------|--------------------|
| 12        | 43,750 | A                  |
| 6         | 42,750 | AB                 |
| 9         | 41,250 | ABC                |
| 3         | 40,750 | BC                 |
| 11        | 39,000 | C                  |
| 5         | 35,500 | D                  |
| 4         | 33,750 | DE                 |
| 10        | 33,500 | DE                 |
| 8         | 32,750 | E                  |
| 2         | 32,000 | E                  |
| 7         | 28,750 | F                  |
| 1         | 25,000 | G                  |

|                  |       |                               |        |
|------------------|-------|-------------------------------|--------|
| Alpha            | 0,01  | Standard Error for Comparison | 0,6259 |
| Critical Q Value | 5,867 | Critical Value for Comparison | 2,5967 |

There are 7 groups (A, B, etc.) in which the means are not significantly different from one another.

#### Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Rendplant for Tratamien

| Tratamien | Mean   | Homogeneous Groups |
|-----------|--------|--------------------|
| 12        | 1,9750 | A                  |
| 6         | 1,9250 | A                  |
| 11        | 1,7750 | B                  |
| 3         | 1,6250 | C                  |
| 9         | 1,6250 | C                  |
| 5         | 1,5750 | C                  |
| 4         | 1,5250 | C                  |
| 10        | 1,5250 | C                  |
| 8         | 1,3000 | D                  |
| 2         | 1,2750 | D                  |
| 7         | 1,1750 | D                  |
| 1         | 1,0250 | E                  |

Alpha 0,01 Standard Error for Comparison 0,0314  
 Critical Q Value 5,867 Critical Value for Comparison 0,1304  
 There are 5 groups (A, B, etc.) in which the means  
 are not significantly different from one another.

#### Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Rendimien for Tratamien

| Tratamien | Mean   | Homogeneous Groups |
|-----------|--------|--------------------|
| 12        | 47,175 | A                  |
| 6         | 46,500 | A                  |
| 11        | 41,700 | B                  |
| 9         | 39,400 | BC                 |
| 3         | 38,700 | CD                 |
| 5         | 38,100 | CDE                |
| 4         | 36,475 | DE                 |
| 10        | 35,900 | E                  |
| 8         | 31,225 | F                  |
| 2         | 30,650 | F                  |
| 7         | 27,400 | G                  |
| 1         | 23,925 | H                  |

Alpha 0,01 Standard Error for Comparison 0,6075  
 Critical Q Value 5,867 Critical Value for Comparison 2,5204  
 There are 8 groups (A, B, etc.) in which the means  
 are not significantly different from one another.

## Resumen de estadísticos para el resto de variables

Statistix 10,0

24/1/2023; 20:00:35

#### Breakdown for Primera

| Variable  | Level | Mean   | SD     | Minimum | Maximum |
|-----------|-------|--------|--------|---------|---------|
| Tratamien | 1     | 42,750 | 2,8723 | 39,000  | 46,000  |
| Tratamien | 2     | 53,500 | 4,5092 | 47,000  | 57,000  |
| Tratamien | 3     | 59,000 | 3,5590 | 54,000  | 62,000  |
| Tratamien | 4     | 63,750 | 5,2520 | 56,000  | 67,000  |
| Tratamien | 5     | 72,750 | 3,9476 | 68,000  | 76,000  |
| Tratamien | 6     | 83,000 | 6,7330 | 73,000  | 87,000  |
| Tratamien | 7     | 44,000 | 3,9158 | 39,000  | 48,000  |
| Tratamien | 8     | 59,250 | 5,5000 | 52,000  | 64,000  |
| Tratamien | 9     | 81,250 | 4,6458 | 77,000  | 87,000  |
| Tratamien | 10    | 63,000 | 3,1623 | 59,000  | 66,000  |
| Tratamien | 11    | 76,500 | 4,0415 | 71,000  | 80,000  |
| Tratamien | 12    | 85,250 | 5,3774 | 79,000  | 92,000  |
| Overall   |       | 65,333 | 14,648 | 39,000  | 92,000  |

Cases Included 48 Missing Cases 0

#### Breakdown for Segunda

| Variable  | Level | Mean   | SD     | Minimum | Maximum |
|-----------|-------|--------|--------|---------|---------|
| Tratamien | 1     | 48,000 | 2,4495 | 46,000  | 51,000  |
| Tratamien | 2     | 59,000 | 5,9442 | 51,000  | 64,000  |
| Tratamien | 3     | 68,750 | 3,3040 | 65,000  | 72,000  |
| Tratamien | 4     | 52,750 | 2,9861 | 49,000  | 56,000  |
| Tratamien | 5     | 77,250 | 5,2520 | 74,000  | 85,000  |
| Tratamien | 6     | 76,250 | 5,6199 | 69,000  | 82,000  |
| Tratamien | 7     | 48,000 | 5,9442 | 40,000  | 53,000  |
| Tratamien | 8     | 61,750 | 3,5000 | 58,000  | 66,000  |

|           |    |        |        |        |        |
|-----------|----|--------|--------|--------|--------|
| Tratamien | 9  | 82,750 | 3,5000 | 79,000 | 87,000 |
| Tratamien | 10 | 59,500 | 3,6968 | 54,000 | 62,000 |
| Tratamien | 11 | 72,250 | 3,7749 | 68,000 | 77,000 |
| Tratamien | 12 | 83,000 | 3,2660 | 79,000 | 87,000 |
| Overall   |    | 65,771 | 12,863 | 40,000 | 87,000 |

Cases Included 48 Missing Cases 0

#### Breakdown for Tercera

| Variable  | Level | Mean   | SD     | Minimum | Maximum |
|-----------|-------|--------|--------|---------|---------|
| Tratamien | 1     | 59,500 | 5,4467 | 53,000  | 66,000  |
| Tratamien | 2     | 59,750 | 4,6458 | 54,000  | 64,000  |
| Tratamien | 3     | 75,000 | 7,3485 | 69,000  | 85,000  |
| Tratamien | 4     | 67,250 | 8,3417 | 60,000  | 79,000  |
| Tratamien | 5     | 70,750 | 4,6458 | 65,000  | 75,000  |
| Tratamien | 6     | 75,500 | 15,674 | 54,000  | 89,000  |
| Tratamien | 7     | 61,500 | 5,9722 | 53,000  | 67,000  |
| Tratamien | 8     | 75,250 | 3,5000 | 71,000  | 79,000  |
| Tratamien | 9     | 80,000 | 5,4772 | 73,000  | 86,000  |
| Tratamien | 10    | 65,750 | 5,5603 | 59,000  | 72,000  |
| Tratamien | 11    | 78,500 | 7,5939 | 71,000  | 86,000  |
| Tratamien | 12    | 90,250 | 6,9462 | 83,000  | 98,000  |
| Overall   |       | 71,583 | 11,076 | 53,000  | 98,000  |

Cases Included 48 Missing Cases 0

#### Breakdown for TuberTota

| Variable  | Level | Mean   | SD     | Minimum | Maximum |
|-----------|-------|--------|--------|---------|---------|
| Tratamien | 1     | 251,00 | 14,583 | 239,00  | 272,00  |
| Tratamien | 2     | 321,25 | 7,2744 | 311,00  | 328,00  |
| Tratamien | 3     | 405,50 | 9,2916 | 393,00  | 415,00  |
| Tratamien | 4     | 339,50 | 8,5440 | 333,00  | 351,00  |
| Tratamien | 5     | 354,75 | 11,087 | 339,00  | 363,00  |
| Tratamien | 6     | 428,25 | 10,874 | 421,00  | 444,00  |
| Tratamien | 7     | 288,50 | 5,4467 | 281,00  | 294,00  |
| Tratamien | 8     | 328,50 | 5,0000 | 322,00  | 334,00  |
| Tratamien | 9     | 412,00 | 14,306 | 401,00  | 433,00  |
| Tratamien | 10    | 334,00 | 9,0185 | 323,00  | 345,00  |
| Tratamien | 11    | 388,25 | 7,8475 | 378,00  | 397,00  |
| Tratamien | 12    | 439,25 | 12,790 | 424,00  | 454,00  |
| Overall   |       | 357,56 | 56,850 | 239,00  | 454,00  |

Cases Included 48 Missing Cases 0

#### Breakdown for Tuberplan

| Variable  | Level | Mean   | SD     | Minimum | Maximum |
|-----------|-------|--------|--------|---------|---------|
| Tratamien | 1     | 25,000 | 1,4142 | 24,000  | 27,000  |
| Tratamien | 2     | 32,000 | 0,8165 | 31,000  | 33,000  |
| Tratamien | 3     | 40,750 | 1,2583 | 39,000  | 42,000  |
| Tratamien | 4     | 33,750 | 0,9574 | 33,000  | 35,000  |
| Tratamien | 5     | 35,500 | 1,0000 | 34,000  | 36,000  |
| Tratamien | 6     | 42,750 | 0,9574 | 42,000  | 44,000  |
| Tratamien | 7     | 28,750 | 0,5000 | 28,000  | 29,000  |
| Tratamien | 8     | 32,750 | 0,5000 | 32,000  | 33,000  |

|           |    |        |        |        |        |
|-----------|----|--------|--------|--------|--------|
| Tratamien | 9  | 41,250 | 1,2583 | 40,000 | 43,000 |
| Tratamien | 10 | 33,500 | 1,2910 | 32,000 | 35,000 |
| Tratamien | 11 | 39,000 | 0,8165 | 38,000 | 40,000 |
| Tratamien | 12 | 43,750 | 1,2583 | 42,000 | 45,000 |
| Overall   |    | 35,729 | 5,7269 | 24,000 | 45,000 |

Cases Included 48 Missing Cases 0

#### Breakdown for Rendplant

| Variable  | Level | Mean   | SD     | Minimum | Maximum |
|-----------|-------|--------|--------|---------|---------|
| Tratamien | 1     | 1,0250 | 0,0500 | 1,0000  | 1,1000  |
| Tratamien | 2     | 1,2750 | 0,0500 | 1,2000  | 1,3000  |
| Tratamien | 3     | 1,6250 | 0,0500 | 1,6000  | 1,7000  |
| Tratamien | 4     | 1,5250 | 0,0500 | 1,5000  | 1,6000  |
| Tratamien | 5     | 1,5750 | 0,0500 | 1,5000  | 1,6000  |
| Tratamien | 6     | 1,9250 | 0,0500 | 1,9000  | 2,0000  |
| Tratamien | 7     | 1,1750 | 0,0500 | 1,1000  | 1,2000  |
| Tratamien | 8     | 1,3000 | 0,0000 | 1,3000  | 1,3000  |
| Tratamien | 9     | 1,6250 | 0,0500 | 1,6000  | 1,7000  |
| Tratamien | 10    | 1,5250 | 0,0500 | 1,5000  | 1,6000  |
| Tratamien | 11    | 1,7750 | 0,0500 | 1,7000  | 1,8000  |
| Tratamien | 12    | 1,9750 | 0,0500 | 1,9000  | 2,0000  |
| Overall   |       | 1,5271 | 0,2849 | 1,0000  | 2,0000  |

Cases Included 48 Missing Cases 0

#### Breakdown for Rendimien

| Variable  | Level | Mean   | SD     | Minimum | Maximum |
|-----------|-------|--------|--------|---------|---------|
| Tratamien | 1     | 23,925 | 1,3200 | 22,700  | 25,800  |
| Tratamien | 2     | 30,650 | 0,7853 | 29,500  | 31,200  |
| Tratamien | 3     | 38,700 | 1,1547 | 37,300  | 40,100  |
| Tratamien | 4     | 36,475 | 0,8995 | 35,800  | 37,700  |
| Tratamien | 5     | 38,100 | 1,2028 | 36,400  | 39,000  |
| Tratamien | 6     | 46,500 | 0,8165 | 45,900  | 47,700  |
| Tratamien | 7     | 27,400 | 0,5033 | 26,700  | 27,900  |
| Tratamien | 8     | 31,225 | 0,4646 | 30,600  | 31,700  |
| Tratamien | 9     | 39,400 | 1,1518 | 38,600  | 41,100  |
| Tratamien | 10    | 35,900 | 0,9832 | 34,700  | 37,100  |
| Tratamien | 11    | 41,700 | 0,8287 | 40,600  | 42,600  |
| Tratamien | 12    | 47,175 | 1,4080 | 45,500  | 48,800  |
| Overall   |       | 36,429 | 6,9596 | 22,700  | 48,800  |

Cases Included 48 Missing Cases 0

## 6.2 ANEXO B

### 6.2.1 GALERIA DE FOTOGRAFÍAS

Ubicación de las unidades experimentales



Siembra y retape de los tuberculos



## Preparación de los fertilizantes



## Pesaje de los fertilizantes



Primera fertilización (Dosis completas de fósforo)

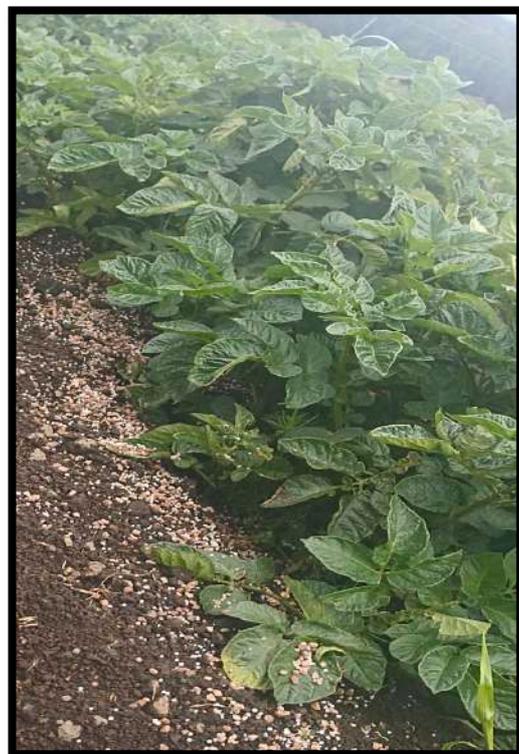


Labores de campo y mantenimiento del cultivo (deshierbe y aporque)





Segunda fertilización (aplicación de macro y micronutrientes)



### Toma de datos de altura de planta



### Toma de datos de rendimiento (% de tuberculos de primera, segunda y tercera)



