

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA



Evaluación del rendimiento y calidad de los tubérculos utilizando diferentes fuentes de fertilizantes en el cultivo de papa criolla (*Solanum tuberosum* Grupo Phureja) variedad “Yema de Huevo”, en Santander de Valencia-Túquerres-Nariño

Ana Gabriela Salazar

CC 1004624868

Lucio Andrés Martínez Eraso

CC 1087409866

Programa de Ingeniería Agronómica

2024

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA



Evaluación del rendimiento y calidad de los tubérculos utilizando diferentes fuentes de fertilizantes en el cultivo de papa criolla (*Solanum tuberosum* Grupo Phureja) variedad “Yema de Huevo”, en Santander de Valencia-Túquerres-Nariño

Trabajo de grado bajo la modalidad de investigación presentado como requisito para optar el título de Ingeniero Agrónomo

Ana Gabriela Salazar Revelo

CC 1004624868

Lucio Andrés Martínez Eraso

CC 1087409866

PhD. Enrique Quevedo García

Programa de Ingeniería Agronómica

2024

DEDICATORIA

Al concluir esta hermosa etapa de mi vida quiero agradecer a Dios por haberme dado la vida y permitirme llegar hasta este momento tan importante de mi formación profesional. Dedico este trabajo a mi familia, principalmente a mis abuelos Piedad Cuaicuan y Edgar Revelo, a mi madre Cristina Revelo y a mi hermana Laura Cuaicuan, ya que con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar al final de la meta, han sabido formarme con buenos sentimientos, hábitos y valores, ellos fueron mi fuente de apoyo e inspiración para convertirme en profesional, gracias por la confianza brindada.

Salazar Revelo, Ana Gabriela

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento primero que todo a Dios por haberme dado salud y vida para lograr mis objetivos, por permitirme llegar a esta instancia del camino donde me vuelvo todo un profesional y espero nunca soltarme de su mano. A mis padres por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante, por su paciencia y más que nada por su amor, a mis hermanos por siempre motivarme, por estar en los momentos más importantes de mi vida, gracias por confiar en mi para salir adelante y por su amor.

Martínez Eraso, Lucio Andrés

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Dios por brindarnos la salud y fortaleza para llegar hasta aquí, superando cada desafío con determinación.

A nuestro director PhD. Enrique Quevedo García, por su guía, paciencia y valiosos aportes a lo largo de este proceso.

A nuestras familias, por ser nuestra fuente inagotable de motivación y fortaleza; sus palabras de aliento al igual que su apoyo incondicional nos dieron energía para continuar en los momentos más difíciles.

A nuestros profesores y compañeros, por el conocimiento compartido a lo largo de estos años, por los momentos de aprendizaje que nos ayudaron a crecer tanto a nivel personal como profesional.

Finalmente, agradecemos a nuestra alma mater la Universidad de Pamplona, por brindarnos las herramientas y el espacio para nuestro desarrollo académico.

TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	3
AGRADECIMIENTOS.....	4
RESUMEN.....	15
ABSTRACT	15
1. INTRODUCCIÓN	16
2. PROBLEMA.....	17
2.1 Planteamiento problema	17
2.2 Justificación.....	18
2.3 Delimitación	18
3. OBJETIVOS.....	18
3.1 Objetivo general.....	18
3.2 Objetivos específicos.....	19
4. MARCO TEÓRICO	19
4.1 Antecedentes.....	19
4.1.1 Nivel nacional	19

4.1.2 Nivel internacional	21
4.2 Marco contextual	22
4.2.1 Localización.....	22
4.3 Bases conceptuales.....	24
4.3.1 Generalidades del cultivo de la papa criolla	25
4.3.2 Clasificación Taxonómica.....	25
4.3.3 Características Botánicas	26
4.3.4 Etapas fisiológicas de la papa criolla	32
4.3.5 Fertilización	33
4.3.6 Suelos de Nariño	34
4.3.7 Análisis de suelos	34
4.4 Marco legal.....	37
4.4.1 Trabajo de grado	37
4.4.2 Regulación institucional	38
5. METODOLOGÍA.....	38
5.1 Localización	38
5.2 Historial del lote experimental	38
5.3 Tipo de investigación	39
5.4 Material vegetal	39
5.5 Manejo agronómico	40
5.5.1 Distribución del lote	40

5.5.2	Preparación del terreno y encalado	41
5.5.3	Siembra.....	43
5.5.4	Desinfección de semilla	44
5.6	Diseño metodológico.....	45
5.7	Tratamientos	46
5.8	Descripción de los tratamientos	47
5.8.1	Fertilización química	47
5.8.2	Fertilización orgánica	47
5.8.3	Fertilización química-orgánica	47
5.8.4	Testigo.....	47
5.9	Descripción de las variables	48
5.9.1	Componentes de rendimiento.....	48
5.9.2	Parámetros de calidad	49
5.9.3	Rendimiento agronómico.....	50
5.10	Método de análisis	51
6.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	51
6.1	Componentes de rendimiento	52
6.1.1.	Diseño de investigación	52
6.1.2	Modelo lineal estadístico	52
6.1.3	Altura.....	56
6.1.4	Numero de tallos	60

6.1.5	Numero de hojas	62
6.1.6	Área foliar.....	66
6.1.7	Índice de área foliar	68
6.2	Componentes de calidad.....	70
6.2.1	Modelo lineal estadístico:	70
6.2.2	Análisis de varianza componentes de calidad.....	74
7.	CONCLUSIONES.....	78
8.	RECOMENDACIONES	79
9.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	80
10.	ANEXOS.....	84
10.1	APENDICE I.....	84
10.1.1	Graficas de caja o box-plot de las variables medidas en el campo	84
10.2	APENDICE II.....	86
10.2.1	Histogramas de frecuencias con la normal superpuesta en las variables originales	86
10.3	APENDICE III	89
10.3.1	Histogramas de frecuencias con la normal superpuesta en las variables transformadas	89
10.4	APENDICE IV	91
10.4.1	Pruebas de homogeneidad de varianzas de Levene	91

10.5	APENDICE V.....	94
10.5.1	Pruebas de hipótesis corroboradas en el experimento	94

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Taxonomía de <i>S. tuberosum</i> grupo Phureja	25
Tabla 2. Etapas de desarrollo de <i>S. tuberosum</i> variedad Yema de Huevo.....	32
Tabla 3. Resultado del análisis de suelo	35
Tabla 4. Relaciones catiónicas de elementos.	36
Tabla 5. Descripción de los tratamientos.	46
Tabla 6. Pruebas de normalidad de las variables respuestas de investigación.	54
Tabla 7. Estadísticos de todas las variables dependientes de producción medidas en el campo del experimento.....	55
Tabla 8. Estadísticos descriptivos del número total de valores del experimento de todas las variables físicas transformadas del experimento	56
Tabla 9. Análisis de la varianza de los valores transformados de altura de la planta ...	57
Tabla 10. Prueba de hipótesis sobre las medias de tratamientos con la prueba F.	58
Tabla 11. Comparaciones de medias de altura transformada por la prueba de Tukey..	58
Tabla 12. Comparaciones de las medias transformadas de altura por la prueba de Dunnett.	59
Tabla 13. Análisis de la variancia del número de tallos transformados.....	60
Tabla 14. Análisis de la variancia del número de hojas transformado.	62
Tabla 15. Contraste de medias de numero de hojas transformado entre tratamientos. ..	64

Tabla 16. Comparación de las medias entre los tratamientos de fuentes fertilizante mediante la prueba de Tukey.	64
Tabla 17. Comparación de medias contra el testigo por la Prueba de Dunnett.	65
Tabla 18. Análisis de la varianza del área foliar transformada.	67
Tabla 19. Análisis de la variancia para el índice de área foliar transformado	68
Tabla 20. Pruebas de normalidad de las variables relacionadas con la producción de tubérculos.	72
Tabla 21. Estadísticos de las variables dependientes de producción sin transformar ...	72
Tabla 22. Estadísticos de las variables dependientes de producción transformadas	73
Tabla 23. Análisis de la varianza del número de tubérculos	74
Tabla 24. Análisis de la varianza de primera transformada.....	74
Tabla 25. Análisis de la varianza de tubérculos de segunda.....	75
Tabla 26. Análisis de la varianza de tubérculos richie	75
Tabla 27. Análisis de la varianza del peso de materia seca aérea transformado	76
Tabla 28. Análisis de la varianza del peso de masa seca de tubérculos	76
Tabla 29. Análisis de la varianza del rendimiento de tubérculos.....	77
Tabla 30. Pruebas de homogeneidad de varianzas de Levene para las variables de producción.....	91
Tabla 31. Pruebas de homogeneidad de varianzas de Levene para las variables de calidad	93

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa del departamento de Nariño.....	22
Figura 2. Mapa municipio de Túquerres.....	23
Figura 3. Mapa del corregimiento de Santander y del lote experimental.	24
Figura 4. Raíz de papa criolla.	27
Figura 5. Planta de papa criolla.....	28
Figura 6. Hojas de papa criolla.	29
Figura 7. Estolones de papa criolla.....	30
Figura 8. Flor papa criolla.	31
Figura 9. Fruto y semilla de papa.....	31
Figura 10. Interpretación visual de niveles nutricionales.	36
Figura 11. Tubérculo semilla de papa amarilla certificada.....	40
Figura 12. Delimitación y distribución del área.	41
Figura 13. Preparación y enclavamiento del terreno.....	42
Figura 14. Siembra de papa criolla.....	44
Figura 15. Químicos de la desinfección.....	45
Figura 16. Dimensiones y distribución del terreno.	46
Figura 17. Grafica de la interacción fuente de fertilizante*tiempo de medición. No está presente la interacción.	60
Figura 18. Interacción entre las fuentes de fertilizante y el tiempo de medición	62

Figura 19. Grafica de interacción entre fuente de fertilizante y tiempo de medición...	66
Figura 20. Grafica de la interacción entre fuente de fertilizante y tiempo de medición. No resultó significativa.	68
Figura 21. Grafica de la interacción entre las fuentes de fertilizante y el tiempo de medición. No resulta significativa.	70

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Grafica de caja o blox-pot de número de tallos.	84
Anexo 2. Grafica de caja o blox-pot de número de hojas.....	84
Anexo 3. Grafica de caja o blox-pot de altura.....	85
Anexo 4. Grafica de caja o blox-pot del área foliar.	85
Anexo 5. Grafica de caja o blox-pot del índice de área foliar.	86
Anexo 6. Histograma de frecuencia número de tallos.	86
Anexo 7. Histograma de frecuencia número de hojas.....	87
Anexo 8. Histograma de frecuencia de altura.	87
Anexo 9. Histograma de frecuencia de área foliar.....	88
Anexo 10. Histograma de frecuencia de índice de área foliar.	88
Anexo 11. Histograma datos número de tallos transformados.	89
Anexo 12. Histograma datos número de hojas transformados.....	90
Anexo 13. Histograma datos altura transformados.....	90
Anexo 14. Histograma datos área foliar transformados.	90
Anexo 15. Histograma datos de índice de área foliar transformados.	91

RESUMEN

La investigación analizó el rendimiento y la calidad de los tubérculos, utilizando diferentes fuentes de fertilizantes, se evaluaron tratamientos químicos, orgánicos y combinados, además de un control sin fertilización. La metodología incluyó un diseño experimental de bloques completos al azar en un lote de 800 m² y el uso de análisis estadísticos rigurosos para las variables agronómicas y de calidad. Los resultados mostraron diferencias significativas en el rendimiento y parámetros de calidad según el tipo de fertilización; la fertilización química-orgánica ofreció un balance favorable entre rendimiento y calidad, mientras que los tratamientos exclusivamente químicos u orgánicos presentaron ventajas específicas en ciertos indicadores.

El análisis de varianza y demás pruebas destacaron la eficacia de las combinaciones de fertilizantes para optimizar la producción, con un impacto positivo en la sostenibilidad agrícola. Este estudio proporcionó las bases agronómicas para mejorar las prácticas de fertilización en cultivos de papa criolla, promoviendo una agricultura más eficiente y sostenible en la región.

ABSTRACT

The research analyzed the yield and quality of tubers using different fertilizer sources, evaluating chemical, organic and combined treatments, as well as a control without fertilization. The methodology included a randomized complete block experimental design on an 800 m² plot and the use of rigorous statistical analysis for agronomic and quality variables. The results showed significant differences in yield and quality parameters depending on the type of fertilization; chemical-organic fertilization offered a favorable balance between yield and

quality, while exclusively chemical or organic treatments presented specific advantages in certain indicators.

The analysis of variance and post hoc tests highlighted the effectiveness of fertilizer combinations to optimize production, with a positive impact on agricultural sustainability. This study provided the agronomic bases to improve fertilization practices in Creole potato crops, promoting more efficient and sustainable agriculture in the region.

1. INTRODUCCIÓN

La papa criolla (*Solanum tuberosum* grupo Phureja) es un cultivo de alta relevancia en Colombia, no solo por su importancia económica y social, sino también por su aporte a la seguridad alimentaria y la gastronomía nacional. En regiones productoras como Nariño, este tubérculo destaca por su capacidad para adaptarse a diversas condiciones agroclimáticas, lo que influye directamente en su rendimiento agronómico y en la calidad de los tubérculos cosechados. (Loarte, 2019).

Solanum tuberosum grupo Phureja, es una especie diploide y con crecimiento precoz; su producción de tubérculos ocurre a los 120 días después de la siembra. Esta especie no posee periodo de dormancia, por lo que su adaptación ha sido exitosa en regiones con periodos largos de sequías o heladas (Monteros et al., 2008).

En papa criolla, al igual que en otros cultivos comerciales, la fertilización es una práctica esencial para garantizar el crecimiento saludable de las plantas y la obtención de rendimientos óptimos en los cultivos; por medio de la fertilización se suministran nutrientes, adsorbidos en mayor cantidad por las plantas como nitrógeno, fósforo y potasio, necesarios para el desarrollo óptimo de las plantas y la formación de los tubérculos. La elección de las fuentes de fertilizantes

y la cantidad adecuada de aplicación pueden influir significativamente en la nutrición de las plantas y, por lo tanto, en su calidad y productividad (Muñoz y Lucero, 2005).

La elección de la fuente de fertilizante es de gran importancia para el cultivar, ya que se encuentran fertilizantes orgánicos, inorgánicos y mixtos que ofrecen variabilidad en la dosis de nutrientes (NPK) y pueden afectar o beneficiar la calidad de los tubérculos en cuanto a tamaño, peso y contenido nutricional (YARA, 2018).

El objetivo de esta investigación, fue evaluar el rendimiento agronómico y la calidad de los tubérculos de papa criolla variedad “Yema de Huevo” con la utilización de diferentes fuentes de nutrientes en el municipio de Túquerres, departamento de Nariño.

2. PROBLEMA

2.1 Planteamiento problema

Aunque el cultivo de papa criolla es crucial en Nariño, existe falta de información sobre la fertilización adecuada para obtener óptimos resultados en términos de rendimiento agrícola y calidad en las cosechas (Buesaquillo, 2020). En la actualidad, los agricultores utilizan diversas fuentes de fertilizantes desconociendo cual es la fuente más apropiada (Miranda, 2010). Abordar este aspecto es esencial para promover prácticas agrícolas más eficientes y así poder garantizar la producción de los cultivos al agricultor.

En ocasiones, los agricultores aplican fertilizantes a la papa criolla de manera semejante a como lo hacen con la papa de año, lo que resulta en un exceso de nutrientes, afectando a los procesos de formación de tubérculos, su desarrollo y rentabilidad del cultivo. Por lo tanto, se sugiere que los niveles de fertilización deben ser menores que las papas de año como la Pastusa Suprema y Diacol Capiro (Muñoz & Lucero, 2005).

2.2 Justificación

Debido a la relevancia económica que tiene el cultivo de papa criolla en la región, con el paso de los años se ha visto una notable falta de información sobre las practicas optimas de fertilización, incluyendo aspectos clave como la elección de la fuente, la dosificación, el momento y el lugar de aplicación (Cherlinka, 2023).

La investigación se realizó con el fin de analizar los efectos de las fuentes de fertilizantes más utilizadas en el sector en cuanto a producción y calidad. Al proporcionar a los agricultores datos precisos y basados en evidencia, se busca que puedan optimizar sus prácticas, logrando así un aumento significativo en la productividad y calidad de las cosechas; esto no solo beneficiaría los ingresos de los productores, sino que también tendría un impacto positivo en la economía local de la región (Miranda, 2010).

2.3 Delimitación

El estudio se llevó a cabo en el Corregimiento de Santander de Valencia, municipio de Túquerres Nariño.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo general

Evaluar el rendimiento agronómico y calidad de los tubérculos utilizando diferentes fuentes de fertilizantes en el cultivo de papa criolla (*S. tuberosum* grupo Phureja) variedad “Yema de Huevo”, en el Corregimiento de Santander de Valencia del Municipio de Túquerres-Nariño.

3.2 Objetivos específicos

Analizar el efecto de diferentes fuentes de fertilizantes en las variables fisiológicas y morfológicas de las plantas de papa criolla.

Determinar características de rendimiento de tubérculos por efecto de las aplicaciones de fertilizantes orgánicos, químicos y su combinación.

Comparar las diferentes fuentes de fertilización implementadas en el cultivo de papa amarilla para determinar cuál proporciona los mejores resultados en términos de rendimiento y calidad del cultivo.

4. MARCO TEÓRICO

4.1 Antecedentes

4.1.1 Nivel nacional

Muñoz & Lucero. (2008) Este proyecto se efectuó teniendo en cuenta la investigación titulada, “Efecto de la fertilización orgánica en el cultivo de papa criolla *Solanum phureja*”. El

objetivo principal fue evaluar el rendimiento de papa amarilla con la aplicación de fertilizante químico y de abono orgánico. Este proyecto fue realizado en Providencia Nariño, se realizó con el fin de identificar la mejor fuente de fertilización en la papa amarilla con el fin de reducir el uso indiscriminado de químicos y así mismo proveer alternativas más económicas a los agricultores. En la zona estudiada, se observaron los mayores rendimientos de papa *S. phureja* en las categorías de primera y total con el tratamiento de abonos químicos y orgánicos en dosis de 300/800 kg/ha⁻¹, logrando 6,366.7 y 13,888.9 kg/ha⁻¹, respectivamente; también se determinó que las cantidades adecuadas de abono orgánico oscilan entre 800 y 1,200 kg·ha⁻¹, mientras que la dosis óptima de fertilizante químico 13-26-6 es de 300 kg·ha⁻¹.

Rojas & Cunya. (2014) Realizaron la investigación titulada, “Productividad de diez cultivares promisorios de papa chaucha (*Solanum tuberosum*, grupo Phureja) de la región Cajamarca Perú”. En donde se evaluó la productividad midiendo variables agronómicas y parámetros de calidad sobre diez especies de papa criolla, con diez tratamientos y tres repeticiones. En el estudio se evaluaron variables morfofisiológicas y de rendimiento. Se observó una correlación directa y positiva entre ciertas variables y el rendimiento de tubérculos, medido como el peso total de tubérculos.

Arias et al., (1996) Ejecutaron la investigación denominada, “Evaluación de rendimiento en papa criolla (*Solanum phureja*) variedad “yema de huevo”, bajo diferentes densidades de siembra en la sabana de Bogotá”. Para su realización se utilizó diferentes densidades de siembra, con cuatro distancias entre surcos y tres entre plantas. Entre las variables a medir se encontró el peso y número de tubérculos de primera, segunda y tercera clase por metro cuadrado; número y peso total de tubérculos. Este estudio se basó en observar las diferencias entre las variables de peso y número de tubérculos comercializables para identificar los rendimientos de la papa criolla. Se obtuvo en el estudio que las altas densidades de siembra en el cultivar promueven el aumento en la cantidad de tubérculos pequeños, lo cual puede resultar beneficioso o perjudicial dependiendo del uso final para la producción de tubérculos.

4.1.2 Nivel internacional

Huamán. (2023) Realizó la investigación titulada, “Efecto De Cuatro Niveles De Fertilizante Y Dos Modalidades De Aplicación En El Cultivar De Papa ‘Amarilla Redonda’ (Grupo Phureja)”. Se realizó en Cajamarca Perú, este trabajo se basó en evaluar el efecto de cuatro dosis de fertilizante durante la siembra y al deshierbo; se evaluaron variables agronómicas y de rendimiento. En los resultados se identificó una diferencia en el rendimiento de los tubérculos, y en variables como la altura de la planta debido a las diferentes dosis de fertilizante utilizadas.

Bañez & Salinas. (2020) Presenta la tesis titulada, “Efecto del fraccionamiento de la fertilización de NPK y la aplicación del fertilizante orgánico líquido AjinoferNK sobre la productividad del cultivo de papa (*Solanum tuberosum*)”. El objetivo del artículo fue determinar el efecto producido en variables de rendimiento y agronómicas como lo son la altura de la planta, el diámetro del tallo, número de tubérculos por planta. Se demostró que el fertilizante AjinoferNK proporciona gran cantidad de nutrientes que son bien asimilados en las plantas de papa y por lo tanto se ve determinado en su rendimiento y calidad.

Fioreze y Ceretta (2006) Realizaron la investigación titulada, “Fuentes orgánicas de nutrientes en los sistemas de producción de papa”. En donde se implementaron varios experimentos para evaluar, técnica y económicamente, las fuentes orgánicas como alternativa para sustituir al fertilizante mineral tradicional con el fin de reducir los costos de producción y el impacto al medio ambiente. Se utilizaron fuentes de nutrientes como los excrementos de porcinos, gallinas y fertilizantes minerales tradicionalmente usados. Se demostró que el uso de materiales orgánicos contribuye a mantener la humedad del suelo y mejorar su composición, se observa una mayor eficiencia en la absorción de nutrientes y un rendimiento agronómico considerablemente alto.

4.2 Marco contextual

4.2.1 Localización

4.2.1.1 Nariño

Nariño es un departamento que está situado en el extremo suroccidente del país, en la frontera con la República del Ecuador; cuenta con una superficie de 33.268 kilómetros cuadrados que corresponden a 2.9% de la extensión total del país (Figura 1). Limita por el norte con el departamento del Cauca, por el este con el departamento del Putumayo, y por el oeste con el Océano Pacífico (Gobernación de Nariño, 2018).

El departamento se divide en 64 municipios y 230 corregimientos, donde la capital es San Juan de Pasto y la temperatura oscila entre los 17 a 19°C (Martínez, 2019).

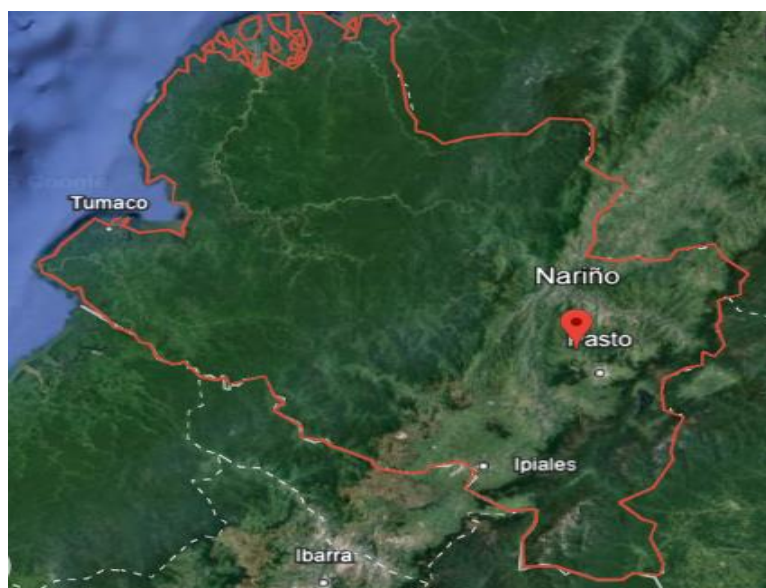


Figura 1. Mapa del departamento de Nariño.

Fuente: Google Earth, 2023.

4.2.1.2 Túquerres

Túquerres es un municipio que se ubica al suroccidente de Nariño, se sitúa a 72 kilómetros de la capital del departamento, San Juan de Pasto y al pie del volcán semiactivo del Azufral. Tiene una superficie total de 221.4 kilómetros cuadrados, tiene una altitud de 3104 msnm, tiene una temperatura que oscila entre los 6 y 11°C y sus coordenadas geográficas son 1°05'14"N 77°37'08"O. Ver Figura 2 (Gobernación de Nariño, 2018).

Se constituye de un importante centro de comercio para una vasta región agrícola en el nudo de los Pastos, de la cordillera de los Andes en la sabana Túquerreña. Su economía se caracteriza por el predominio del sector pecuario implementando la ganadería intensiva, semi-intensiva y cría de especies menores; el sector agrícola se caracteriza por la siembra de cultivos transitorios como papa, repollo, haba, zanahoria, cebada (Municipios de Colombia, 2018).

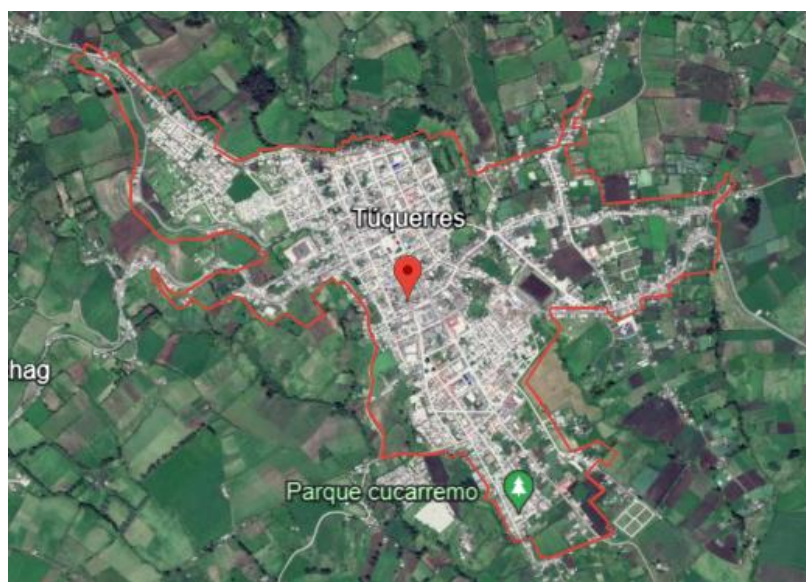


Figura 2. Mapa municipio de Túquerres.

Fuente: Google Earth, 2023.

4.2.1.3 Corregimiento de Santander de Valencia

En la figura 3, se observa al corregimiento de Santander de Valencia se encuentra ubicado al sur occidente del municipio de Túquerres, a una distancia de cinco kilómetros del casco urbano. Su temperatura oscila entre los 9 y 10°C, tiene una altura de 3057 msnm y sus coordenadas geográficas son 1°04'41"N 77°40'40"W. Es un corregimiento con gran influencia agrícola, se trabaja en gran escala con cultivos como la papa anual y la papa criolla ya que son gran fuente de ingresos para los agricultores de la región (Angan, 2019).



Figura 3. Mapa del corregimiento de Santander y del lote experimental.

Fuente: Google Earth, 2023.

4.3 Bases conceptuales

4.3.1 Generalidades del cultivo de la papa criolla

La producción de papa (*Solanum tuberosum* L.) es reconocida como una actividad agrícola de gran importancia, ocupando el cuarto puesto en términos de producción a nivel mundial (Sánchez, 2017).

La papa criolla goza de una amplia aceptación tanto entre la población colombiana como en el mercado internacional. Se le atribuyen cualidades organolépticas únicas que la convierten en un ingrediente esencial en la preparación de numerosos platos de la cocina tradicional. Además, se valora su mayor calidad nutricional en comparación con la papa de año (Núñez & Rodríguez, 2018). Es una gran fuente de calorías y también tiene algunos micronutrientes, así como un gran contenido de proteínas en comparación con otros tubérculos (Secretaría De Agricultura Y Desarrollo Rural, 2019).

4.3.2 Clasificación Taxonómica

Tabla 1. Taxonomía de *S. tuberosum* grupo Phureja

Reino	Vegetal
División	Magnolophyta
Clase	Magnoliopsida
Sub clase	Asteridae
Orden	Solanales
Familia	Solanaceae
Grupo	Phureja
Género	<i>Solanum</i>

Especie	<i>Solanum tuberosum</i> grupo Phureja
Nombre común	Papa criolla

Fuente: (Carpio, 2018)

4.3.3 Características Botánicas

4.3.3.1 Raíz

Tiene una tasa de expansión limitada y no es eficiente en la absorción de agua y nutrientes. Las plantas que surgen de un tubérculo semilla primero desarrollan raíces adventicias en la base de cada brote, seguido de la formación de los nudos subterráneos y produciendo raíces en los estolones (Figura 4). En contraste con otros cultivares que se producen por medio de tubérculos, su sistema radicular es menos robusto, por lo que requiere suelos en condiciones óptimas, preferentemente con texturas francas (Núñez & Rodríguez, 2020).



Figura 4. Raíz de papa criolla.

Fuente: Nodos de biodiversidad, 2019.

4.3.3.2 Tallo

En la figura 4, se observa tallos ramificados o simples, de 30 a 60 cm de altura, con un diámetro variable, es vertical, semidecumbente o decumbente, su color es verde y ocasionalmente se pigmenta con púrpura (Alvarado & Ramírez, 2016). Cada planta presenta cinco tallos principales, los cuales se ramifican según la densidad de siembra; cada uno de estos tallos se considera una unidad de producción independiente, llegando a producir entre 2.5 y 8 tubérculos (Ñústez & Rodríguez, 2020).



Figura 5. Planta de papa criolla.

Fuente: Martínez, 2024.

4.3.3.3 Hojas

Las hojas suelen ser anchas, pero relativamente cortas, con dimensiones de 15 a 23 cm de longitud y 8 a 10 cm de ancho. Están compuestas por 5 a 6 pares de folíolos interpuestos que varían en tamaño (entre 18 a 30); son más o menos pilosos, con brillo en la parte superior (Figura 6). Su forma es ligeramente oval a elíptico-lanceolada o ligeramente elíptica, con un ápice agudo y una base que tiende a ser oblicuamente redondeada (Alvarado & Ramírez, 2016).



Figura 6. Hojas de papa criolla.

Fuente: Agroavences, 2018.

4.3.3.4 Estolones y tubérculos

Los estolones son tallos modificados laterales y su crecimiento se presenta bajo la superficie del suelo, se origina en las yemas axilares de los nudos basales en los tallos principales (Ñústez & Rodríguez, 2020). Presentan estolones cortos por lo que su hábito de tuberización es poco expandido en comparación con las papas del grupo *Andigenum* (Alvarado & Ramírez, 2016).

Los tubérculos son tallos modificados y son el órgano principal de almacenamiento de la planta; se componen de dos partes diferenciadas, la parte basal corresponde al punto de unión con el estolón comúnmente conocido como “talón” y la parte apical ubicada en el extremo opuesto, en donde se presenta una mayor concentración de yemas para generar tallos aéreos nuevos. Ver figura 7 (Ñústez & Rodríguez, 2020).



Figura 7. Estolones de papa criolla.

Fuente: Solutions for human progress, 2022.

4.3.3.5 Flor

La inflorescencia de la papa se denomina *cima*, se caracteriza por la división del pedúnculo en dos ramas y cada una de ellas se subdivide en otras dos. Las flores de la inflorescencia son hermafroditas, poseen corola, estambres, pistilo, cáliz (Figura 8). El gineceo o pistilo consta de un solo pistilo que tiene ovario superior, cuya longitud puede variar dependiendo del genotipo de la planta; el androceo o estambre está compuesto por cinco anteras de color amarillo, con un poro terminal donde se libera el polen (Ñústez & Rodríguez, 2020).



Figura 8. Flor papa criolla.

Fuente: Universidad Nacional de Colombia, 2020.

4.3.3.6 Fruto y semilla

En la figura 9, se observa el fruto que es una baya pequeña y pulposa de color verde que alberga semillas sexuales, tiene dos lóculos que contiene en promedio de 200 a 300 semillas, utilizadas hoy en día para mejoramiento genético (Alvarado & Ramírez, 2016).

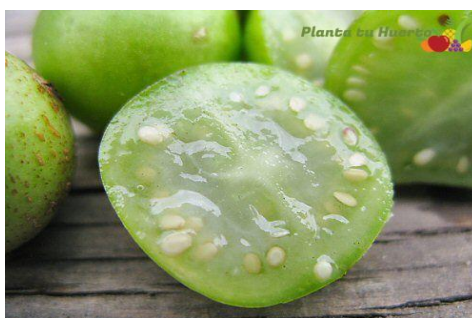


Figura 9. Fruto y semilla de papa.

Fuente: Huertos y más, 2020.

4.3.4 Etapas fisiológicas de la papa criolla

Tabla 2. Etapas de desarrollo de *S. tuberosum* variedad Yema de Huevo.

ETAPA	DÍAS (Posterior a la siembra)	DESCRIPCIÓN	ETAPA FENOLÓGICA	ESTADIOS ESCALA BBCH
I	1-35	Crecimiento vegetativo	Germinación y brotación. Desarrollo de hojas. Formación de brotes laterales. Crecimiento longitudinal. Desarrollo de las partes vegetativas cosechables.	Inicia desde la siembra del tubérculo. Empieza la emergencia y el desarrollo de los estolones, hasta el desarrollo de los tubérculos.
II	36-65	Floración	Aparición del órgano floral. Floración	Inicia con la visibilidad de los botones florales de la inflorescencia hasta el crecimiento acelerado del área foliar.
III	66-90	Fructificación	Formación del fruto. Maduración del fruto y semillas.	Inicia con el crecimiento acelerado del área foliar hasta la

				finalización de la producción de hojas nuevas.
				Inicia la senescencia.
IV	91-120	Madurez y senescencia		No hay emisión de hojas.
				El follaje muere.

Fuente: Alvarado y Ramírez, 2016.

4.3.5 Fertilización

La fertilización tiene como objetivo suplir a la planta con los nutrientes que el suelo no puede proporcionar de manera eficiente. Para llevar a cabo esta práctica es necesario realizar un análisis de suelo para determinar los nutrientes presentes en el mismo. Adicional a esto es ideal que se conozcan los requerimientos nutricionales de la papa amarilla y la extracción de materia seca que es donde se expresa el contenido de nutrientes demandantes por el cultivo; a partir de este, se calculan las cantidades a aplicar de nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), magnesio (Mg) y aluminio (Al), boro (B), hierro (Fe), cobre (Cu), zinc (Zn) y calcio (Ca) (Alvarado & Ramírez, 2016).

Los nutrientes más esenciales para el crecimiento y formación de la papa criolla incluyen Nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio (K), Calcio (Ca), Magnesio (Mg) y Azufre (S) (Villamil, 2018). Se reporta en la literatura que se requieren 100 kg ha⁻¹ de N, 50 kg ha⁻¹ de P₂O₅, 154 kg ha⁻¹ de K₂O, 60 kg ha⁻¹ de Ca, 17 kg ha⁻¹ de Mg y 15 kg ha⁻¹ de S (Suarez & Torres, 2014). Alrededor del cincuenta por ciento de la absorción total de estos elementos por la planta ocurre desde la fase de emergencia hasta el comienzo de la floración; este cultivar tiene una gran tendencia a responder positivamente a la fertilización con compuestos orgánicos (Ñúñez & Rodríguez, 2020).

4.3.6 Suelos de Nariño

Nariño cuenta con diferentes tipos de clasificaciones de suelos; los suelos de la sabana de Túquerres son de origen volcánico o Andisoles (Gonzales et al., 1972). Los Andisoles cubren más de 124 millones de hectáreas, aproximadamente del 0,84% de la superficie de la tierra (Sánchez & Rubiano, 2015). Estos suelos son un recurso valioso que se caracterizan por tener propiedades únicas en la producción agropecuaria y forestal; algunos de los procesos naturales son la acumulación de materia orgánica y la mineralización (Orjuela., et al, 1988).

Estos suelos son derivados de cenizas volcánicas, la fracción de arcilla presente está compuesta por alófana (reacciona con los radicales orgánicos y forma complejos que resultan resistentes a la mineralización), imogolita y halloisita que son minerales amorfos de corta duración, los cuales resultan de la meteorización de materiales de erupciones volcánicas. Muchas de las investigaciones actuales, han revelado que los complejos de humus y Aluminio también desempeñan un papel significativo en el comportamiento de los Andisoles. Los suelos Andisoles tienen la característica de inmovilizar o fijar el Fósforo en la superficie de los minerales amorfos, lo cual constituye su principal limitación química, al parecer, esta capacidad de fijación varía según el tipo de arcilla presente, lo que a su vez influye en el efecto residual de las aplicaciones de fosfato (Espinoza, 2007); en los cultivos agrícolas esta condición no influye, ya que la cantidad de fosforo presente en los suelos Andisoles es fijado por la alófana, por lo cual el P así este en cantidades altas no es extraíble por las plantas.

4.3.7 Análisis de suelos

El análisis de suelo es un procedimiento técnico que permite determinar las características químicas, físicas y biológicas del suelo. Su principal objetivo es evaluar la disponibilidad de nutrientes esenciales para los cultivos, identificar posibles deficiencias o excesos de elementos, y proponer medidas correctivas para optimizar el rendimiento agrícola.

Antes de realizar la siembra se realizó la toma de muestras de suelo de los 800m² que tiene el terreno experimental, se realizó con el método zig-zag y se recolectó submuestras las cuales fueron mezcladas en un recipiente y pesado 1 kg para la muestra final. Esta muestra fue enviada a Agrosoil lab.

Tabla 3. Resultado del análisis de suelo

Textura	Franca			
PARAMETRO	VALOR	UNIDAD	RANGO ADECUADO	
			Min	Max
pH	4,93		5,60	6,80
Materia orgánica	5,90	%	12,01	
CO	3,42	%	6,97	
N-Total	0,30	%	2,41	
N-Disp	38,35	mg*kg ⁻¹	140,50	252,90
Fósforo	94,28	mg*kg ⁻¹	26,83	53,67
Potasio	0,50	cmol(+) *kg ⁻¹	0,20	0,40
Magnesio	0,47	cmol(+) *kg ⁻¹	1,20	2,40
Calcio	3,21	cmol(+) *kg ⁻¹	3,00	6,00
Aluminio	1,18			
Sodio	0,21			
Azufre	10,74	mg*kg ⁻¹	10,00	15,00
Hierro	315,75	mg*kg ⁻¹	20,00	40,00
Boro	0,50	mg*kg ⁻¹	0,30	0,60
Cobre	3,23	mg*kg ⁻¹	2,00	4,00
Manganeso	19,81	mg*kg ⁻¹	6,00	18,00
Zinc	0,43	mg*kg ⁻¹	3,00	5,40
CICE	5,57	cmol(+) *kg ⁻¹		

Fuente: Agrosoil lab, 2024.

Tabla 4. Relaciones catiónicas de elementos.

RELACIONES CATIONICAS	VALOR	RANGO ADECUADO	
		Min	Max
Ca/Mg	6,8	2,00	4,00
Mg/K	0,9	8,00	10,00
Ca/K	6,4	15,00	30,00
Ca+Mg/K	7,4	20,00	40,00
Ca/B	1.286,6	1.000,00	2.000,00
P/Zn	219,3	8,00	12,00
Fe/Zn	734,3	9,60	22,40
Fe/Mn	15,9	5,00	10,00

Fuente: Agrosoil lab, 2024.

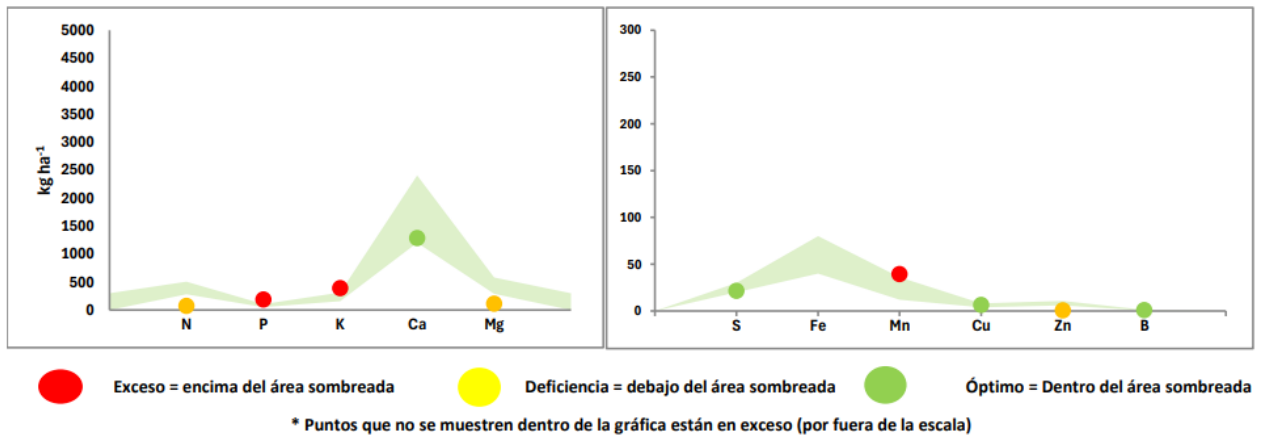


Figura 10. Interpretación visual de niveles nutricionales.

Fuente: Agrosoil lab, 2024.

El suelo analizado presenta un pH ácido por lo que disminuye la absorción de nutrientes esenciales de N, P, K, Ca, Mg, S, Mn, Cu, Zn y B. Cuenta con una textura franca, caracterizada por una moderada capacidad de retención de agua, moderada pérdida de nutrientes por

lixiviación, moderada disponibilidad de nutrientes para las plantas y, en general, baja a moderada fertilidad del suelo (Agrosoil lab, 2014). Es adecuada para el desarrollo del cultivo de papa criolla. por lo que disminuye la absorción de nutrientes esenciales de N, P, K, Ca, Mg, S, Mn, Cu, Zn y B.

4.4 Marco legal

4.4.1 Trabajo de grado

Para la realización de trabajo de grado el estudiante debe cumplir la normativa según los alineamientos del reglamento estudiantil, el acuerdo número 186 del 02 de diciembre del 2005. Según el artículo 35 y 36 del capítulo VI de trabajo de grado.

ARTICULO 35.

Definición de Trabajo de Grado: La Universidad de Pamplona, establece como requisito para obtener el título profesional la realización de un trabajo especial conocido como “Trabajo de Grado”. Este proyecto consolida la información integral del estudiante, permitiéndole desarrollar estrategias, ejecutar y planear proyectos utilizando sus conocimientos universitarios en problemas o necesidades que le sean útiles a futuro (Universidad de Pamplona, 2005).

ARTÍCULO 36.

Modalidades de trabajo de grado: El trabajo de grado se realizará bajo la modalidad de investigación con el objetivo de aportar soluciones a problemáticas teóricos o prácticos, con tecnologías que generen conocimientos de proyectos nuevos (Universidad de Pamplona, 2005).

4.4.2 Regulación institucional

DECRETO No.1870 DE AGOSTO 3 DE 1994

Por el cual se reglamenta el artículo 65 de la Ley 101 de 1993

ARTICULO 2.

Establece que se genere manejo de sanidad animal y vegetal donde se garantice la prevención, el control, el manejo de plagas, enfermedades y malezas. Con el fin de que genere una armonía en el ecosistema y la preservación de los recursos naturales (ICA, 1994).

5. METODOLOGÍA

5.1 Localización

El trabajo de investigación se realizó durante el segundo semestre de 2024 en el Corregimiento de Santander de Valencia Túquerres, ubicado a una altitud de 3057 m.

5.2 Historial del lote experimental

El campo experimental se encuentra ubicado en el Santander de Valencia, su propietario es Edgar Revelo, quien lo ha trabajado por 6 años, es tierra productora de papa, haba y pasto ray-grass para descanso.

Este lote se ha trabajado y ha dado rendimientos de 70 ton/ha en sus cosechas. El lote tiene el siguiente historial: En el año 2018, para el mes de marzo se realizó la siembra de papa Parda Pastusa que se cosechó a finales de agosto, en noviembre se realizó la siembra de haba y en febrero del año 2019 se cosechó, posteriormente se sembró pasto ray-grass para su descanso. En el año 2020 en febrero se sembró Diacol Capiro y su cosecha se obtuvo en agosto; a finales de octubre del mismo año se volvió a sembrar Diacol Capiro, su cosecha se obtuvo en abril de 2021 y se dejó descansar un año con siete meses. Por último, en diciembre de 2022 se sembró Diacol Capiro y su cosecha se obtuvo en Julio de 2023.

5.3 Tipo de investigación

La investigación a realizar fue de tipo experimental.

5.4 Material vegetal

Para la realización del ensayo se utilizaron tubérculos semilla con certificación, las cuales se obtuvieron de la región de Cumbal Nariño. El tubérculo semilla se caracterizó por tener un hábito erecto y con gran desarrollo de follaje, favoreciendo la adaptación y productividad, su forma es redonda, con piel y carne de color amarillo y con profundidad de ojos media.



Figura 11. Tubérculo semilla de papa amarilla certificada.

Fuente: Martínez, 2024.

5.5 Manejo agronómico

El manejo del cultivo se llevó a cabo siguiendo los métodos utilizados por el agricultor convencional, implementando las siguientes prácticas.

5.5.1 Distribución del lote

El lote experimental se dividió en dieciséis partes (Figura 12) con ayuda de una cinta métrica, para su delimitación se utilizó una pita para mejor precisión a la hora de tomar datos.



Figura 12. Delimitación y distribución del área.

Fuente: Salazar, 2024.

5.5.2 Preparación del terreno y encalado

La preparación del terreno comenzó con la limpieza del terreno, eliminando restos de cultivos anteriores, malezas y cualquier otro material orgánico que interfiera con los resultados de la investigación. Posteriormente, se realizó un arado profundo para aflojar la tierra y mejorar su estructura; se realizaron varias dos de arado y una de rastra hasta lograr una superficie homogénea y bien aireada.

El encalado fue un paso crucial para corregir la acidez del suelo ya que el análisis de suelo mostró presencia de aluminio (Al) y un pH ácido (Figura 13). La cal se aplicó uniformemente sobre la superficie del terreno y luego se incorporó al suelo mediante una pasada de rastra. Se aplicó 2,9 ton/ha de cal dolomita, para su cálculo se utilizó el método de saturación de bases.



Figura 13. Preparación y encalamiento del terreno.

Fuente: Salazar, 2024.

Saturación de bases (%):

$$\text{Saturación actual} = \frac{Ca+Mg+K}{CICE} * 100$$

Donde:

- Ca actual=3.21 cmol(+)/kg
- Mg actual=0.47 cmol(+)/kg
- K actual=0.50 cmol(+)/kg
- CICE=5.57 cmol(+)/kg

$$\text{Saturación actual} = \frac{3.21+0.47+0.50}{5.57} * 100 = 72,1\%$$

Está dentro del rango adecuado para saturación de bases. Sin embargo, el pH indica acidez alta que requiere corrección.

Dosis de cal requerida para corregir el pH:

Se utilizó la fórmula:

$$\text{Dosis de cal (ton/ha)} = \frac{(\text{pH deseado} - \text{pH actual}) * \text{factor de corrección}}{\text{Eficiencia de la cal (\%)}} = 2,97 \text{ ton/ha.}$$

Donde:

- pH deseado= 6,0
- pH actual= 4,93
- Factor de corrección= 2,5 ton/ha
- Eficiencia de la cal= 90%

$$\text{Dosis de cal (ton/ha)} = \frac{(6,0 - 4,93) * 2,5}{0,9} = 2,97 \text{ ton/ha.}$$

5.5.3 Siembra

La siembra se realizó quince días después de la preparación del terreno (Figura 14), utilizando papa criolla variedad “Yema de Huevo”, la cual se sembró el día 27 de Julio de 2024 a una profundidad de 15 cm. La densidad de siembra fue de 0,25 m entre plantas y 1 m entre surcos para un total de 3200 plantas/ hectárea.



Figura 14. Siembra de papa criolla.

Fuente: Salazar, 2024.

5.5.4 Desinfección de semilla

La desinfección de la semilla fue un paso importante para garantizar una emergencia exitosa y proteger las plantas de papa amarilla de posibles ataques de patógenos durante su desarrollo. Se utilizaron productos como Safercol (0,9 L/ha), Safer Root (250 gr/ha), Yodosafer (1 L/ha), Abacmentina+Acetamiprid (1,25 L/ha), Kasugamycin (2 L/ha), biocontrolador con extracto natural de Ruda (1,25 L/ha) y Lamda-Cyhalothrin (1,25 L/ha) (Figura 15), con el fin de proporcionar una protección integral y minimizar el riesgo de enfermedades e infestaciones de patógenos.



Figura 15. Químicos de la desinfección.

Fuente: Martínez, 2024.

5.6 Diseño metodológico

Se empleó el diseño de bloques completos al azar con cuatro tratamientos con el objetivo de comparar dos fuentes de fertilización utilizadas en papa criolla en la región (Figura 16). El terreno contó con un área de 800 m² (20m largo, 40m ancho), por lo que cada bloque tuvo un área de 170 m² y cada unidad experimental tuvo un área de 42.5 m². La distancia de siembra fue de 1 metro entre surcos y de 0.25 metros entre plantas. Toda la investigación tuvo una duración de un año.

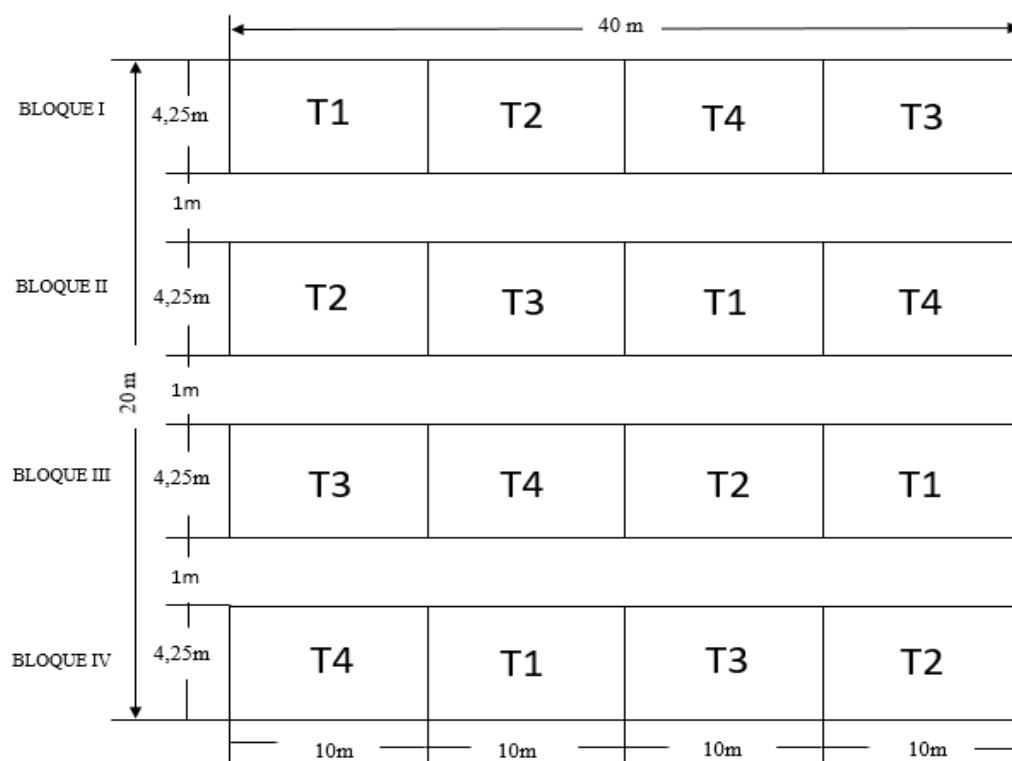


Figura 16. Dimensiones y distribución del terreno.

Fuente: Elaboración propia.

5.7 Tratamientos

Tabla 5. Descripción de los tratamientos.

Tratamiento 1	Fertilización química
Tratamiento 2	Fertilización orgánica
Tratamiento 3	Fertilización química-orgánica
Tratamiento 4	Testigo

5.8 Descripción de los tratamientos

5.8.1 Fertilización química

Para la fertilización química se utilizó el fertilizante 10-26-26 NPK, ya que este es un fertilizante con los macronutrientes esenciales para la papa. Según Muñoz y Lucero (2008) la dosis que se utilizó fue de 300 kg/ha^{-1} ya que se han obtenido rendimientos de 11 a $17 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ en la producción de papa criolla.

5.8.2 Fertilización orgánica

Para la fertilización orgánica se utilizó el fertilizante Terralife 1,5-5,5-3,5. Según Muñoz y Lucero (2008) la dosis que se utilizó fue de 800 kg/ha^{-1} .

5.8.3 Fertilización química-orgánica

Para este tratamiento se utilizará el abono Terralife 1,5-5,5-3,5 y el 10-26-26 combinados. Para su dosificación se hará la relación de $300/800 \text{ kg/ha}^{-1}$.

5.8.4 Testigo

El tratamiento testigo no tendrá ninguna aplicación de fertilizantes, ya que es útil para poder comparar los efectos de los tratamientos 1, 2 y 3 con las condiciones naturales o estándar.

5.9 Descripción de las variables

5.9.1 Componentes de rendimiento

5.9.1.1 Altura de la planta

Se realizó mediciones cada 20 días desde de la emergencia hasta llegar a la floración con la ayuda de una cinta métrica. Se evaluaron 5 plantas por unidad experimental. Las unidades se expresan en cm.

5.9.1.2 Número de tallos

Se evaluaron cinco plantas por unidad experimental cada 20 días. El conteo se realizó después de la emergencia hasta llegar a la floración. La unidad se expresa en unidades

5.9.1.3 Número de hojas

Se realizó el muestreo cada 20 días desde el inicio de la etapa de crecimiento hasta la floración, se tomaron los datos 30 días después de la siembra. Se evaluaron cinco plantas por unidad experimental. La unidad se expresa en unidades.

5.9.1.4 Área foliar

Para la cuantificación de esta variable se utilizó el software libre para análisis de imágenes llamado ImageJ. Se evaluaron cuatro plantas por unidad experimental cada 20 días desde el inicio de la etapa de crecimiento hasta inicio de floración. Las unidades se expresan en cm².

5.9.1.5 Índice de área foliar

Para el cálculo de esta variable se utilizará el software libre para análisis de imágenes llamado ImageJ. Se evaluaron cuatro plantas por unidad experimental cada 20 días desde el inicio de la etapa de crecimiento hasta inicio de floración. Se utilizó la fórmula de IAF.

$$IAF = \frac{(Area\ foliar)(Densidad\ población)}{Area\ sembrada}$$

5.9.2 Parámetros de calidad

5.9.2.1 Número de tubérculos

Se realizó el conteo de tubérculos por planta en la cosecha, se evaluaron cinco plantas por unidad experimental al azar. La unidad se expresa en unidades.

5.9.2.2 Tamaño

Se midió el tamaño de los tubérculos obtenidos en la cosecha haciendo uso del vernier, se realizó una clasificación por tamaños en categorías (cero, primera, segunda y riche). La categoría cero fue evaluada con un diámetro mayor a 7 cm, la primera con un diámetro entre 4 y 6 cm, la segunda con un diámetro de 2 a 4 cm y la categoría riche con un diámetro menor a 2 cm (Lara, 2016). Se evaluaron cinco plantas por tratamiento al azar.

5.9.3 Rendimiento agronómico

5.9.3.1 Peso de la masa seca aérea

Se hizo por medio de la sumatoria del total de los pesos secos de los tallos y hojas. Se realizó en la cosecha, se utilizaron dos plantas por unidad experimental. Las muestras se secaron en hornos industriales; se colocaron las plantas en bandejas por 5 horas a una temperatura de 35 grados centígrados, posteriormente se dejaron al aire libre para que disipara el vapor. La unidad se expresa en gr.

5.9.3.2 Peso de la masa seca de tubérculos

Se hizo por medio de la sumatoria del total de los pesos secos de los tubérculos. Se realizó en la cosecha, donde se obtuvieron los tubérculos de dos plantas por unidad experimental. Las muestras se secaron en hornos industriales. La unidad se expresa en gr.

5.10 Método de análisis

Para el análisis estadístico se utilizó un método aditivo lineal, donde se tomaron datos por cada tratamiento teniendo en cuenta los componentes de rendimiento, las variables de calidad y rendimiento agronómico. Para el análisis de los datos se utilizó el software SPSS versión 26, utilizando ANOVA con un nivel de significancia del 0.05.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos provienen de los muestreos realizados durante todo el ciclo del cultivo, los cuales reflejan tanto el estado fenológico como el estado nutricional de las plantas en función de los tratamientos aplicados. La información recolectada incluye variables medidas tanto en campo como en laboratorio, proporcionando un análisis integral del comportamiento del cultivo.

El análisis estadístico comenzó con una exploración preliminar de los datos. Durante esta fase, se procedió a depurar la información, identificando el tipo de datos disponibles, las escalas de medida utilizadas y la distribución de las variables dependientes. Además, se verificó la presencia de datos perdidos o fuera del rango, se buscaron inconsistencias y se evaluó si existía algún desbalance en las observaciones, se detectaron errores en el registro de la información, como datos mal introducidos o respuestas que no fueron codificadas correctamente; Asimismo, se comprobó el cumplimiento de los supuestos necesarios para

aplicar las técnicas estadísticas pertinentes. Todo este proceso se llevó a cabo antes de iniciar el análisis definitivo de los datos.

6.1 Componentes de rendimiento

6.1.1. Diseño de investigación

Este diseño fue seleccionado debido a que las mediciones realizadas a lo largo del tiempo no fueron consideradas como medidas repetidas, ya que el muestreo fue destructivo. Cada vez que se efectuaba una medición, la unidad de observación era eliminada, y tras un intervalo de 20 días, se seleccionaba una nueva unidad para realizar la siguiente medición.

El diseño incluyó unidades experimentales y sub muestras; la media de las sub muestras se utilizó como representativa de cada unidad experimental en cada tiempo de medición. Este esquema experimental, junto con su modelo lineal estadístico, sirvió como guía para los análisis de las variables relacionadas con la producción, tales como el número de tallos, el número de hojas, la altura de la planta, el área foliar y el índice de área foliar.

Finalmente, para el análisis de las variables de calidad de los tubérculos y el rendimiento, se tomó únicamente una observación al final del estudio, sin incluir las mediciones realizadas cada 20 días. Por esta razón, se emplearon análisis de varianza univariados, considerando únicamente la medición final de las variables respuesta.

6.1.2 Modelo lineal estadístico

Se consideró el siguiente modelo estadístico para las variables de número de tallos, número de hojas, altura de la planta, área foliar y el índice de área foliar.

Los factores son:

A: Fuente de Fertilizante (química, orgánica, química orgánica, testigo)

B: Tiempo de medición (Cada 20 días)

El modelo lineal estadístico que describe cada observación o identifica las fuentes de variación en este experimento es:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + R_j + (AR)_{ij} + B_k + (AB)_{ik} + e_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Valor de la respuesta en la unidad experimental l , en el nivel de fuente de fertilizante i , en el bloque j , en el tiempo de medición k .

μ = Media General

A_i = Efecto del nivel i de la fuente de Fertilizante

R_j = Efecto del nivel j de bloques

$(AR)_{ij}$ = error de parcela principal (Interacción de $A \times R$)

B_k : Efecto de tiempo de medición k de cada 20 días

e_{ijk} = $e(b)$ = Error Aleatorio asociado a la subparcela.

En el análisis estadístico de las variables número de tallos, número de hojas, altura de la planta, área foliar e índice de área foliar, se verificó que la no existencia de valores aberrantes o fuera de rango (outliers). Para ello, se aplicaron gráficos de caja (boxplot) a cada variable

mencionada, confirmándose la inexistencia de estos valores, como se muestra en las gráficas incluidas en el Apéndice I.

La revisión de los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas de los errores se llevó a cabo mediante las pruebas de Shapiro-Wilk y Levene, respectivamente.

Según lo reportado en la Tabla 8, ninguna de las variables originales de campo presentó una distribución normal, según las pruebas de Shapiro-Wilk y Kolmogorov-Smirnov ($p \leq 0,001$). Este resultado también fue respaldado por las gráficas de histogramas del Apéndice, donde se superpuso una curva normal, evidenciando la falta de normalidad en las variables de investigación.

Debido a estos hallazgos, se realizaron transformaciones de datos para cumplir con los supuestos necesarios para aplicar análisis de varianza. En las variables número de tallos y número de hojas, se utilizó una transformación de raíz cuadrada, mientras que, para altura, área foliar e índice de área foliar, se aplicó una transformación logarítmica; estas transformaciones permitieron que los datos cumplieran con los requisitos del análisis estadístico.

Tabla 6. Pruebas de normalidad de las variables respuestas de investigación.

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
NUMERO DE TALLOS	,152	64	,001	,901	64	,000
NUMERO DE HOJAS	,141	64	,003	,916	64	,000
ALTURA	,121	64	,021	,908	64	,000
AREA FOLIAR	,258	64	,000	,804	64	,000
INDICE DE AREA FOLIAR	,432	64	,000	,630	64	,000

Nota. Corrección de significación de Lilliefors

En la tabla 7 se presentan los estadísticos de las variables de producción, observándose los valores medios de cada una, y otros indicadores estadísticos, donde todas presentan altos coeficientes de variación, con excepción del número de tallos.

Tabla 7. Estadísticos de todas las variables dependientes de producción medidas en el campo del experimento

		Estadísticos				
		NUMERO DE TALLOS	NUMERO DE HOJAS	ALTURA	AREA FOLIAR	INDICE DE AREA FOLIAR
N	Válido	64	64	64	64	64
	Perdidos	0	0	0	0	0
Media		3,70	35,92	29,8941	340,7187	1226,5874
Error estándar de la media		,066	2,587	1,82131	25,22309	90,80311
Mediana		3,80	32,80	27,7000	312,0698	1123,4512
Desv. Desviación		,525	20,697	14,57044	201,78469	726,42487
Asimetría		-,793	,401	,420	,447	,447
Error estándar de asimetría		,299	,299	,299	,299	,299
Curtosis		-,296	-,863	-1,007	-,790	-,790
Error estándar de curtosis		,590	,590	,590	,590	,590
Rango		2	67	47,60	661,08	2379,90
Mínimo		2	7	10,20	60,28	216,99
Máximo		4	74	57,80	721,36	2596,89
Coeficiente de variación		14,2	57,6	48,7	59,2	59,2

En los estadísticos presentados en la Tabla 8, donde los datos ya se transformaron, se observó que las medias y medianas de las variables dependientes presentaron valores similares. Además, se registró una disminución tanto en los errores estándar de las medias como en los coeficientes de variación en todas las variables respuesta, en comparación con los datos originales sin transformar, como se evidencia en la Tabla 7.

Las transformaciones aplicadas (raíz cuadrada y logaritmo natural) demostraron ser efectivas, ya que lograron una mayor simetría en las distribuciones de las variables dependientes. Asimismo, la reducción de los coeficientes de variación indicó una mayor estabilidad de los datos, permitiendo así la correcta aplicación de la técnica del análisis de varianza (ANDEVA).

Tabla 8. Estadísticos descriptivos del número total de valores del experimento de todas las variables físicas transformadas del experimento

		Estadísticos				
		MUMERO DE TALLOS TRANSFORM ADOS	NUMERO DE HOJAS TRANSFORM ADOS	ALTURA TRANSFORM ADA	AFT	IAFT
N	Válido	64	64	64	64	64
	Perdidos	0	0	0	0	0
Media		1,2982	3,3742	3,2691	5,6126	6,8936
Error estándar de la media		,01912	,08790	,06597	,09034	,09034
Mediana		1,3350	3,4904	3,3214	5,7432	7,0241
Desv. Desviación		,15298	,70324	,52779	,72274	,72274
Asimetría		-1,045	-,600	-,242	-,578	-,578
Error estándar de asimetría		,299	,299	,299	,299	,299
Curtosis		,276	-,706	-1,115	-,750	-,750
Error estándar de curtosis		,590	,590	,590	,590	,590
Rango		,61	2,36	1,73	2,48	2,48
Mínimo		,88	1,95	2,32	4,10	5,38
Máximo		1,48	4,31	4,06	6,58	7,86
Coeficiente de variación (%)		11,9	20,8	16,2	12,8	12,8

6.1.3 Altura

En la tabla 9 se presentan los resultados del análisis de la varianza (ANDEVA) de la altura de la planta transformados, donde se encontró diferencias significativas ($F=15,413$; $p \leq 0,001$) entre las medias de la altura de las plantas, mientras que las diferencias de medias de los tiempos de medición resulto altamente significativa, pero la interacción de tratamiento*tiempo no resultó significativa ($F=0,288$; $p=0,974$).

Tabla 9. Análisis de la varianza de los valores transformados de altura de la planta

Pruebas de efectos inter-sujetos					
Variable dependiente: ALTURA TRANSFORMADA					
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	17,427 ^a	27	,645	189,214	,000
Intersección	683,972	1	683,972	200510,407	,000
TRAT	,158	3	,053	15,413	,000
BLOQUE	,057	3	,019	5,586	,003
TIEMPO	17,181	3	5,727	1678,895	,000
TRAT * BLOQUE	,022	9	,002	,723	,685
TRAT * TIEMPO	,009	9	,001	,288	,974
Error	,123	36	,003		
Total	701,522	64			
Total corregido	17,550	63			

a. R al cuadrado = ,993 (R al cuadrado ajustada = ,988)

b. Coeficiente de variación=16,2%

c. Error estándar de la media= 0,06597

Por el tipo de diseño utilizado para la prueba de hipótesis sobre las medias o efectos de los tratamientos se debe utilizar como denominador de la prueba de F el error de parcela principal (tratamiento*bloque) de la tabla 10. Contraste entre las medias del número de hojas transformadas entre los tratamientos. Se encontró que hay diferencias altamente significativas ($F=21,312$; $p \leq 0,001$) entre medias de tratamientos.

Tabla 10. Prueba de hipótesis sobre las medias de tratamientos con la prueba F.

Resultados de prueba					
Variable dependiente: ALTURA TRANSFORMADA					
Origen	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
TRATAMIENTO	,158	3	,053	21,312	,000
Error ^a	,022	9	,002		
a. TRAT * BLOQUE					

Debido a que se encontró diferencias significativas entre las medias de la altura transformada, se utilizaron dos pruebas de comparaciones múltiples, la prueba de Tukey, cuyos resultados se presentan en la tabla 13, para el número de hojas transformado y la prueba de Dunnett para comparar los tratamientos de fuentes de fertilizante con el testigo, en la tabla 12.

En la prueba de Tukey se formaron dos subconjuntos, donde se presentan las medias transformadas, con una diferencia significativa $p \leq 0,05$ entre el tratamiento 2 y los demás tratamientos. Las medias de tratamientos con alguna letra en común, no se consideran significativamente diferentes.

Tabla 11. Comparaciones de medias de altura transformada por la prueba de Tukey.

Altura transformada			
HSD Tukey ^{a,b}			
TRATAMIENTO	N	Subconjunto	
		1	2
2	16	3,1850b	
4	16		3,2873a
3	16		3,2902a
1	16		3,3139a

Sig. 1,000 ,470

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Se basa en las medias observadas.

el término de error es la media cuadrática (TRAT * BLOQUE) = ,002.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 16,000.

b. Alfa = 0,05.

En la prueba de Dunnett, en la tabla 12, la cual se utilizó para comparar las medias de altura de planta transformada se encontró que hubo diferencia significativa ($p \leq 0,05$) entre las medias de altura transformada en los tratamientos 2 y 4., siendo superior el tratamiento 4.

Tabla 12. Comparaciones de las medias transformadas de altura por la prueba de Dunnett.

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: ALTURA TRANSFORMADA						
T de Dunnett (bilateral) ^a						
(I) TRATAMIENT O	(J) TRATAMIENTO	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
1	4	,0265	,01756	,352	-,0228	,0759
2	4	-,1023*	,01756	,001	-,1517	-,0530
3	4	,0029	,01756	,997	-,0465	,0523

Se basa en las medias observadas.

el término de error es la media cuadrática (TRAT * BLOQUE) = ,002.

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0,05.

a. Las pruebas t de Dunnett tratan un grupo como un control, y comparan todos los demás grupos con este.

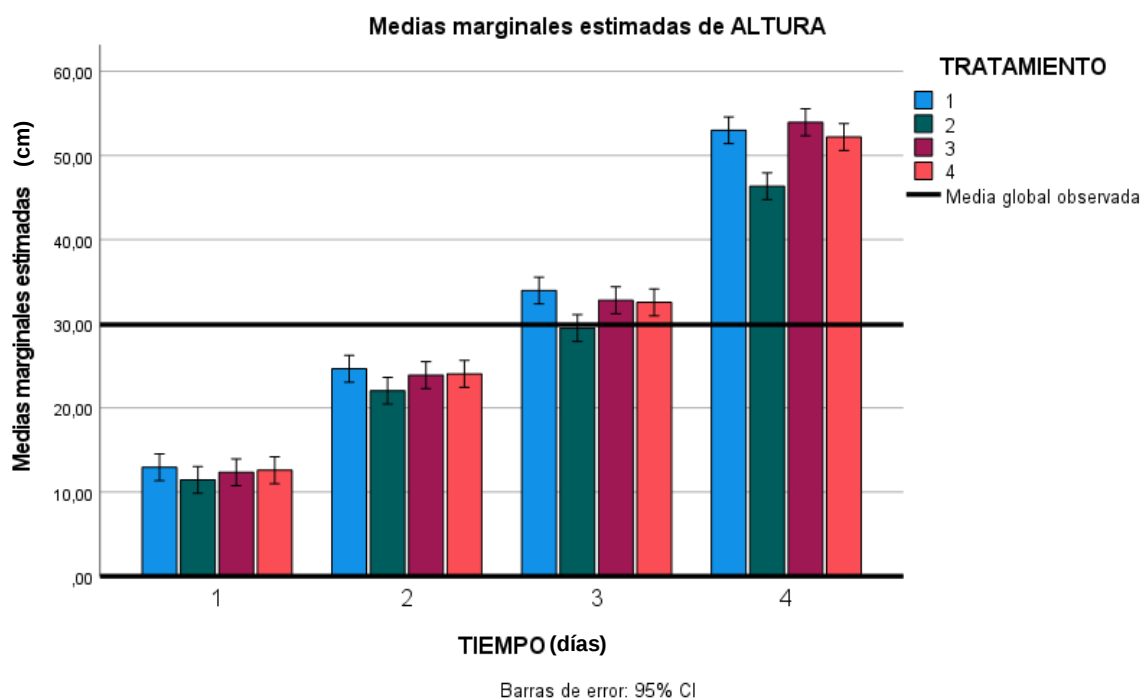


Figura 17. Grafica de la interacción fuente de fertilizante*tiempo de medición. No está presente la interacción.

6.1.4 Numero de tallos

En la tabla 13 se presentan los resultados del análisis de la varianza (ANDEVA) del número de tallos transformados, donde no se encontró diferencias significativas ($F=2,327$; $p: 0,091$) entre las medias del número de tallos transformados, mientras que las diferencias de medias de los tiempos de medición y la interacción resultaron altamente significativas ($p \leq 0,001$). Es por esto que se debe explorar la interacción en la figura 19.

Tabla 13. Análisis de la variancia del número de tallos transformados.

Pruebas de efectos inter-sujetos					
Variable dependiente: MUMERO DE TALLOS TRANSFORMADOS					
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	1,311 ^a	27	,049	10,663	,000
Intersección	107,869	1	107,869	23698,126	,000
TRAT	,032	3	,011	2,327	,091
BLOQUE	,121	3	,040	8,896	,000
TRAT * BLOQUE	,138	9	,015	3,368	,004
TIEMPO	,855	3	,285	62,609	,000
TRAT * TIEMPO	,164	9	,018	4,011	,001
Error	,164	36	,005		
Total	109,343	64			
Total corregido	1,474	63			

a. R al cuadrado = ,889 (R al cuadrado ajustada = ,806)

Coeficiente de variación= 11,9%

Error estándar de la media=0,1912

La figura 18 muestra la interacción de los factores tratamientos o fuentes de fertilizantes y el tiempo de medición, en la cual se aprecia que los efectos de los tratamientos varían con el tiempo, los efectos de las fuentes de fertilizantes dependen del tiempo de medición en forma altamente significativa ($F=4,011$; $p \leq 0,001$), hay una tendencia en cada tratamiento a aumentar el número de tallos en cada tiempo de medición.

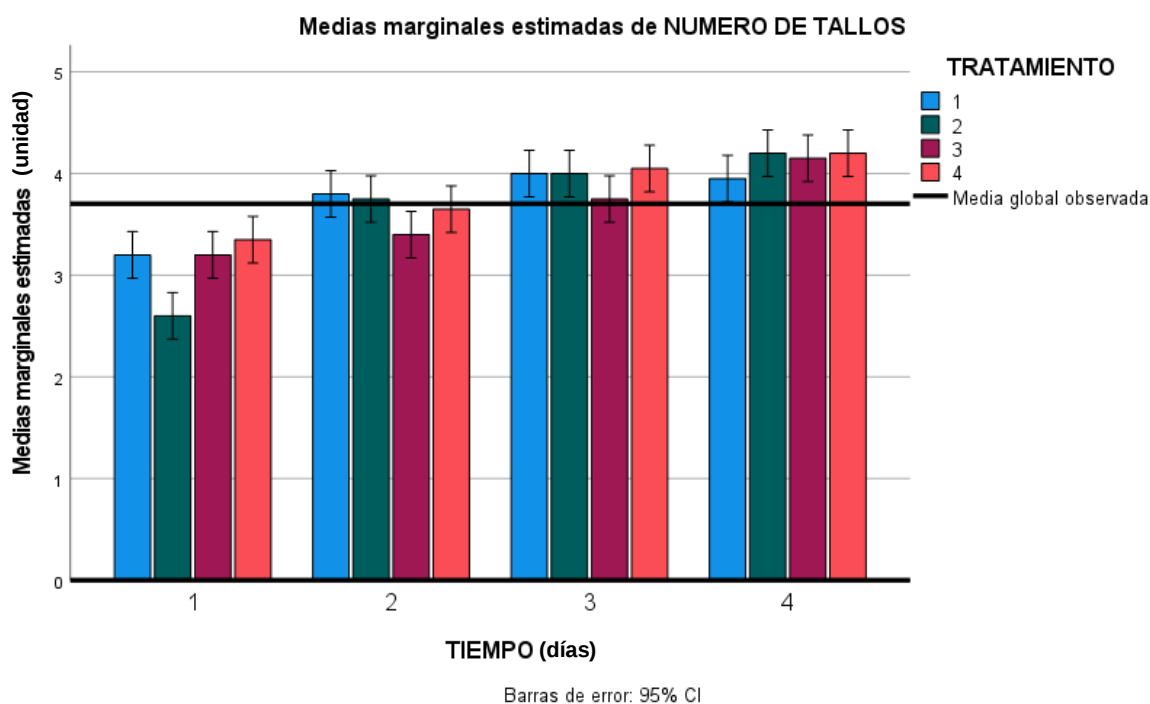


Figura 18. Interacción entre las fuentes de fertilizante y el tiempo de medición

6.1.5 Numero de hojas

En la tabla 14 se presentan los resultados del análisis de la varianza (ANDEVA) del número de hojas transformados, donde se encontró diferencias significativas ($F=9607$; $p \leq 0,001$) entre las medias del número de hojas transformados, mientras que las diferencias de medias de los tiempos de medición resulto altamente significativa, y la interacción de tratamiento*tiempo resultó significativa ($F=2,512$; $p=0,024$).

Tabla 14. Análisis de la varianza del número de hojas transformado.

Pruebas de efectos inter-sujetos

Variable dependiente: NUMERO DE HOJAS TRANSFORMADOS

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	30,742 ^a	27	1,139	98,843	,000
Intersección	728,670	1	728,670	63258,021	,000
TRAT	,335	3	,112	9,697	,000
BLOQUE	,075	3	,025	2,159	,110
TIEMPO	29,855	3	9,952	863,939	,000
TRAT * BLOQUE	,216	9	,024	2,086	,057
TRAT * TIEMPO	,260	9	,029	2,512	,024
Error	,415	36	,012		
Total	759,826	64			
Total corregido	31,156	63			

a. R al cuadrado = ,987 (R al cuadrado ajustada = ,977)

Coeficiente de variación= 20,8%

Error estándar de la media= 0,08790

Por el tipo de diseño utilizado para la prueba de hipótesis sobre las medias o efectos de los tratamientos se utilizó como denominador de la prueba de F el error de parcela principal (tratamiento*bloque) de la tabla 15. Contraste entre las medias del número de hojas transformadas entre los tratamientos. Se encontró que hay diferencias significativas entre las medias del número de hojas transformado ($F=4649$; $p=0,032$).

Tabla 15. Contraste de medias de número de hojas transformado entre tratamientos.

Resultados de prueba					
Variable dependiente: NUMERO DE HOJAS TRANSFORMADOS					
Origen	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Tratamiento	,335	3	,112	4,649	,032
Error ^a	,216	9	,024		

a. TRAT * BLOQUE

Debido a que se encontró diferencias significativas, se utilizaron dos pruebas de comparaciones múltiples, la prueba de Tukey, cuyos resultados se presentan en la tabla 16, para el número de hojas transformado y la prueba de Dunnett para comparar los tratamientos de fuentes de fertilizante con el testigo, en la tabla 17.

En la prueba de Tukey se formaron dos subconjuntos, donde se presentan las medias transformadas, con una diferencia significativa $p \leq 0,05$ entre el tratamiento 2 y el 4. Las medias con alguna letra en común, no se consideran significativamente diferentes.

Tabla 16. Comparación de las medias entre los tratamientos de fuentes fertilizante mediante la prueba de Tukey.

NUMERO DE HOJAS TRANSFORMADOS			
HSD Tukey ^{a,b}			
TRATAMIENTO	N	Subconjunto	
		1	2
2	16	3,2584d	
3	16	3,3743bc	3,3743bc
1	16	3,4120ab	3,4120ab
4	16		3,4523a
Sig.		,081	,517

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Se basa en las medias observadas.

el término de error es la media cuadrática (TRAT * BLOQUE) = ,024.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 16,000.

b. Alfa = 0,05.

En la prueba de Dunnett la cual se utilizó para comparar las medias del número de hojas transformado se encontró que hubo diferencia significativa ($p \leq 0,05$) entre las medias de los tratamientos 2 y 4., siendo superior el tratamiento 4.

Tabla 17. Comparación de medias contra el testigo por la Prueba de Dunnett.

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: NUMERO DE HOJAS TRANSFORMADOS						
T de Dunnett (bilateral) ^a						
(I) TRATAMIENTO	(J) TRATAMIENTO	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
1	4	-,0402	,05480	,807	-,1943	,1139
2	4	-,1939*	,05480	,016	-,3480	-,0398
3	4	-,0780	,05480	,395	-,2321	,0761

Se basa en las medias observadas.

el término de error es la media cuadrática (TRAT * BLOQUE) = ,024.

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0,05.

a. Las pruebas t de Dunnett tratan un grupo como un control, y comparan todos los demás grupos con este.

La figura 19 muestra la interacción de los factores tratamientos o fuentes de fertilizantes y el tiempo de medición, en la cual se aprecia que los efectos de los tratamientos varían con el tiempo, los efectos de las fuentes de fertilizantes dependen del tiempo de medición en forma

altamente significativa ($F=4,649$; $p=0,024$), hay una tendencia en cada tratamiento a aumentar el número de hojas en cada tiempo de medición.

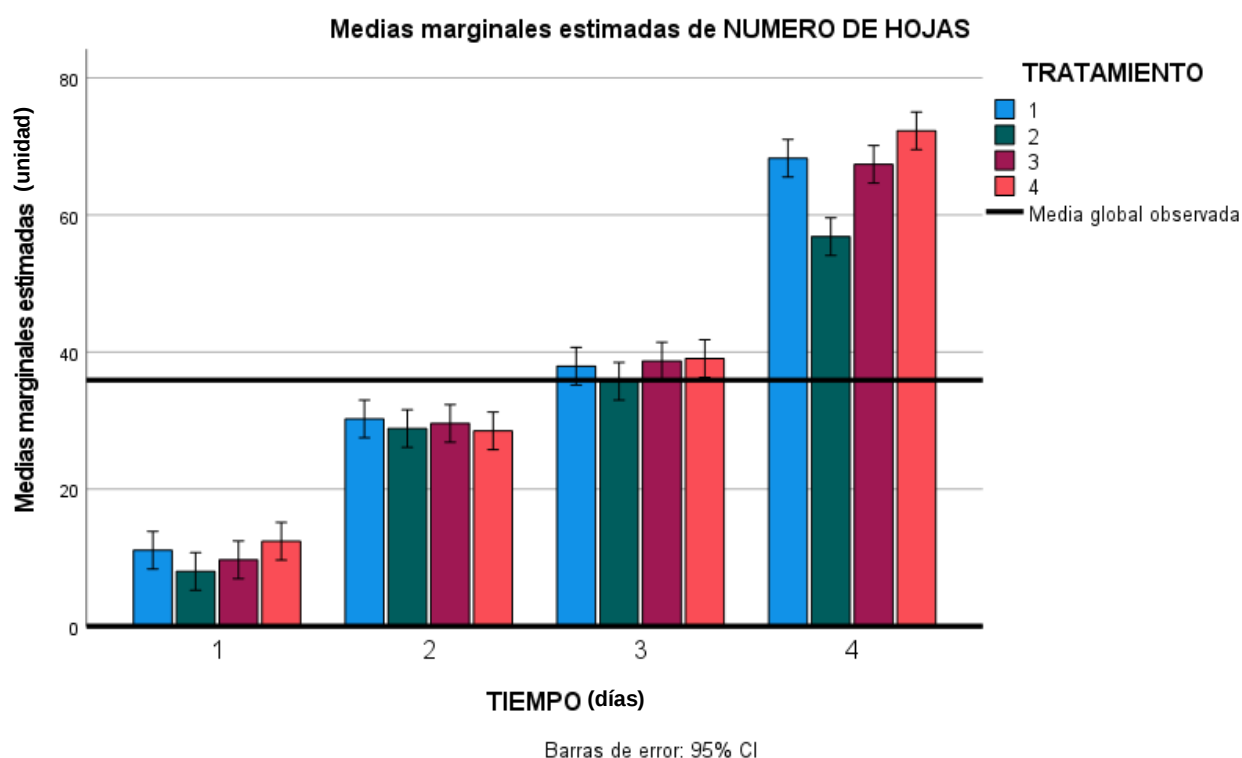


Figura 19. Grafica de interacción entre fuente de fertilizante y tiempo de medición

6.1.6 Área foliar

No se encontró un efecto significativo entre los tratamientos o fuentes de fertilizante sobre el área foliar transformada, las fuentes de fertilizantes no se diferenciaron en sus medias del área foliar evaluada (Tabla 18). Entre los tiempos de medición si hubo efecto altamente significativo ($p \leq 0,001$) entre las medias del área foliar transformada. De igual manera la interacción entre tratamiento y tiempo de medición no resulto significativa.

Tabla 18. Análisis de la varianza del área foliar transformada.

Pruebas de efectos inter-sujetos					
Variable dependiente: AFT					
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	28,847 ^a	27	1,068	9,471	,000
Intersección	2016,102	1	2016,102	17872,734	,000
TRAT	,583	3	,194	1,724	,179
BLOQUE	,118	3	,039	,347	,791
TIEMPO	26,355	3	8,785	77,880	,000
TRAT * BLOQUE	,882	9	,098	,869	,561
TRAT * TIEMPO	,909	9	,101	,895	,540
Error	4,061	36	,113		
Total	2049,010	64			
Total corregido	32,908	63			
a. R al cuadrado = ,877 (R al cuadrado ajustada = ,784)					
b. Coeficiente de variación= 12,8%					
c. Error estándar de la media= 0,09034					

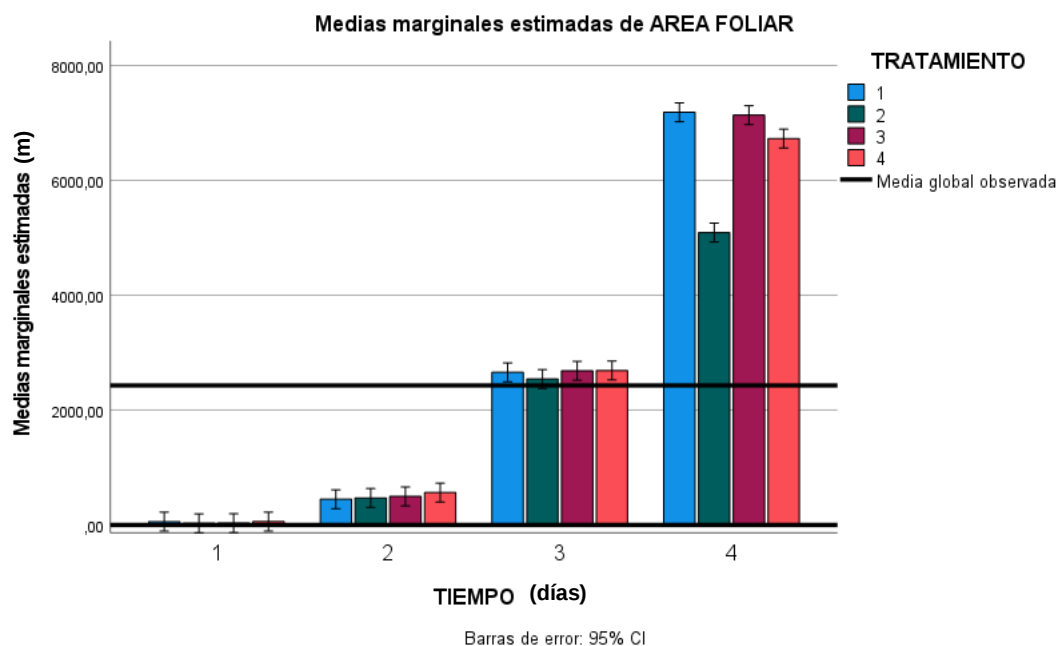


Figura 20. Grafica de la interacción entre fuente de fertilizante y tiempo de medición. No resultó significativa.

6.1.7 Índice de área foliar

En la tabla 19 se muestra el resultado de la prueba del análisis de la varianza del índice de área foliar transformado, donde se aprecia que no resultó significativo el efecto de las diferentes fuentes de fertilizantes sobre el índice de área foliar transformado ($F=1,724$; $p=0,179$). La interacción entre las fuentes de fertilizantes y el tiempo de medición tampoco resultó significativa, mostrándose en la figura 21.

Tabla 19. Análisis de la varianza para el índice de área foliar transformado

Pruebas de efectos inter-sujetos

Variable dependiente: IAFT

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	28,847a	27	1,068	9,471	,000
Intersección	3041,357	1	3041,357	26961,610	,000
TRAT	,583	3	,194	1,724	,179
BLOQUE	,118	3	,039	,347	,791
TIEMPO	26,355	3	8,785	77,880	,000
TRAT * BLOQUE	,882	9	,098	,869	,561
TRAT * TIEMPO	,909	9	,101	,895	,540
Error	4,061	36	,113		
Total	3074,265	64			

Total corregido	32,908	63
-----------------	--------	----

a. R al cuadrado = ,877 (R al cuadrado ajustada = ,784)

b. Coeficiente de variación= 12,8%

c. Error estándar de la media= 0,09034

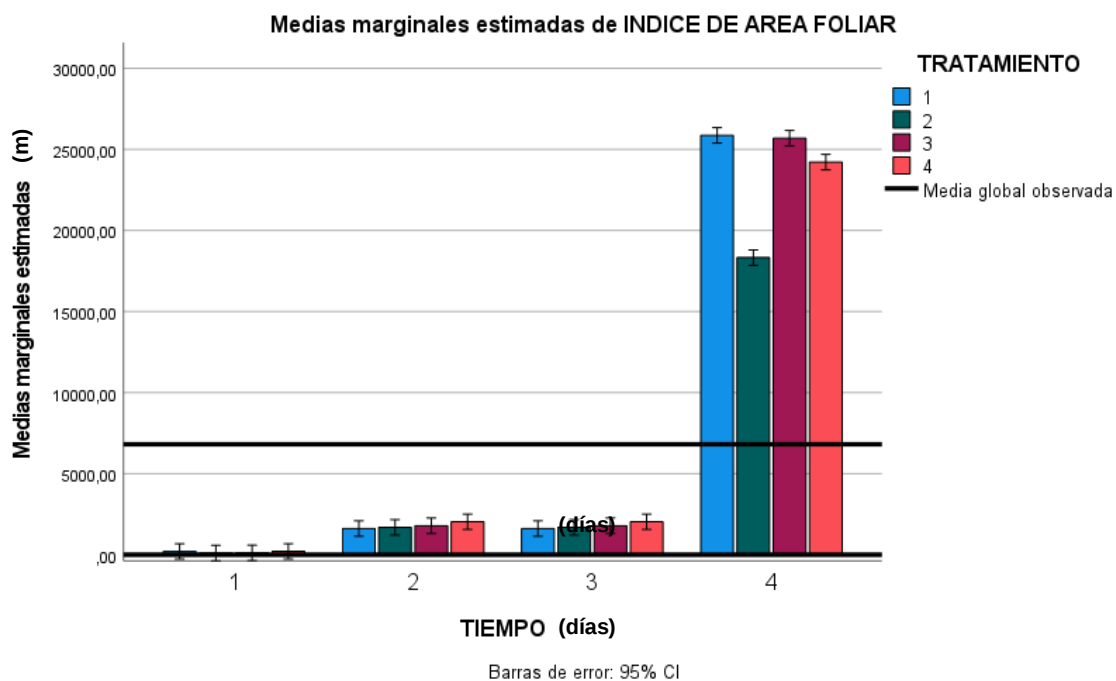


Figura 21. Grafica de la interacción entre las fuentes de fertilizante y el tiempo de medición.
No resulta significativa.

6.2 Componentes de calidad

Para realizar el análisis estadístico de las variables de calidad se utilizó el modelo de bloques completos al azar, ya que se realizó una medición al final del ciclo del cultivo.

6.2.1 Modelo lineal estadístico:

Un modelo que describe cada observación con el diseño de Bloques Completos al Azar es:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + B_j + E_{ij} \quad \begin{matrix} i=1,2,\dots, t \\ j=1,2,\dots, r \end{matrix}$$

Dónde: Y_{ij} = es el valor de la respuesta en la unidad experimental del bloque j en el tratamiento i .

μ = Media general.

T_i = Efecto del i -ésimo tratamiento de fuente de fertilizante

B_j = Efecto del j -ésimo bloque.

E_{ij} = Error aleatorio asociado a Y_{ij} .

Para el caso de las variables dependientes relacionadas con la producción y calidad de tubérculos se encontró al aplicar la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, que las variables número de tubérculos, tamaño, el peso de la masa seca de los tubérculos y peso de la masa seca aérea, sus datos, presentaron una distribución cercana a la normal; mientras que primera y peso de masa seca aérea no presentaron una distribución normal, por lo que se utilizó una transformación de esos datos, para poder cubrir el supuesto de normalidad. Se aplicaron pruebas para encontrar la transformación adecuada. Se aplicó la transformación logarítmica a las variables primera y peso de masa seca aérea.

Tabla 20. Pruebas de normalidad de las variables relacionadas con la producción de tubérculos.

Pruebas de normalidad							
		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	Gl	Sig.	Estadístico	Gl	Sig.
NUMERO DE TUBERCULOS	DE	,130	16	,200*	,931	16	,250
PRIMERA		,268	16	,003	,865	16	,023
SEGUNDA		,152	16	,200*	,924	16	,198
RICHIE		,143	16	,200*	,941	16	,368
PESO MASA SECA AEREA		,227	16	,027	,718	16	,000
PESO MASA SECA TUBERCULOS		,138	16	,200*	,976	16	,926
RENDIMIENTO		,130	16	,200*	,931	16	,250

*, Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

En la tabla 22 se presenta los estadísticos de las variables primeras y peso masa seca aérea, donde se pudo observar que los coeficientes de variación y los errores estándar de esas variables, disminuyeron con la transformación logarítmica, al igual que los indicadores estadísticos de asimetría y curtosis.

Tabla 21. Estadísticos de las variables dependientes de producción sin transformar

Estadísticos							
NUMERO DE TUBERCULOS	PRIMERA	SEGUNDA	RICHIE	PESO MASA SECA AEREA	PESO MASA SECA TUBERCULOS	RENDIMIENTO	

N	Válido	16	16	16	16	16	16	16
	Perdidos	0	0	0	0	0	0	0
Media		22,69	2,5000	7,5625	13,0000	1092,9063	44,5938	22,6875
Error estándar de la media		2,263	,34157	1,12904	1,71513	26,79588	1,46715	2,26333
Mediana		21,50	3,0000	7,0000	12,0000	1057,5000	45,2500	21,5000
Desv. Desviación		9,053	1,36626	4,51617	6,86052	107,18352	5,86861	9,05331
Asimetría		,711	-,717	,690	,977	2,513	-,051	,711
Error estándar de asimetría		,564	,564	,564	,564	,564	,564	,564
Curtosis		-,050	-,592	-,487	1,147	7,468	-,606	-,050
Error estándar de curtosis		1,091	1,091	1,091	1,091	1,091	1,091	1,091
Rango		31	4,00	15,00	27,00	439,00	21,50	31,00
Mínimo		12	,00	2,00	3,00	1001,00	34,00	12,00
Máximo		43	4,00	17,00	30,00	1440,00	55,50	43,00
Coeficiente de variación(%)		39,9	54,8	59,8	52,8	9,8	13,16	39,8

Tabla 22. Estadísticos de las variables dependientes de producción transformadas

Estadísticos			
		PRIT	PMSAT
N	Válido	16	16
	Perdidos	0	0
Media		1,1462	6,9926
Error estándar de la media		,13302	,02239
Mediana		1,3863	6,9636
Desv. Desviación		,53209	,08957
Asimetría		-1,374	2,246
Error estándar de asimetría		,564	,564
Curtosis		,940	6,084
Error estándar de curtosis		1,091	1,091
Rango		1,61	,36
Mínimo		,00	6,91
Máximo		1,61	7,27
Coeficiente de variación (%)		46,0	1,3

6.2.2 Análisis de varianza componentes de calidad

Desde la tabla 23 hasta la tabla 29 se realizaron los análisis de la varianza para las variables de calidad y no se encontró en ningún ANDEVA diferencias significativas entre las medias del número de tubérculos y variables de calidad en ninguna de la prueba estadísticas realizadas. Es decir, que estos resultados mostraron que hubo diferencias entre las medias de las diferentes fuentes de fertilizante en las variables dependientes evaluadas.

Tabla 23. Análisis de la varianza del número de tubérculos

Pruebas de efectos inter-sujetos					
Variable dependiente: NUMERO DE TUBERCULOS					
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	824,375 ^a	6	137,396	3,053	,065
Intersección	8235,563	1	8235,563	182,984	,000
TRAT	438,687	3	146,229	3,249	,074
REP	385,688	3	128,563	2,857	,097
Error	405,063	9	45,007		
Total	9465,000	16			
Total corregido	1229,438	15			
a. R al cuadrado = ,671 (R al cuadrado ajustada = ,451)					
b. Coeficiente de variación=39,9%					
c. Error estándar de la media=2,263					

Tabla 24. Análisis de la varianza de primera transformada

Pruebas de efectos inter-sujetos					
Variable dependiente: PRIT					
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.

Modelo corregido	2,195 ^a	6	,366	1,605	,251
Intersección	21,020	1	21,020	92,219	,000
TRAT	,805	3	,268	1,177	,372
REP	1,391	3	,464	2,034	,180
Error	2,051	9	,228		
Total	25,267	16			
Total corregido	4,247	15			

a. R al cuadrado = ,517 (R al cuadrado ajustada = ,195)

b. Coeficiente de variación= 46,8%

c. Error estándar de la media=0,13302

Tabla 25. Análisis de la varianza de tubérculos de segunda

Pruebas de efectos inter-sujetos					
Variable dependiente: SEGUNDA					
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	202,875 ^a	6	33,813	2,953	,070
Intersección	915,063	1	915,063	79,908	,000
TRAT	82,187	3	27,396	2,392	,136
REP	120,688	3	40,229	3,513	,062
Error	103,063	9	11,451		
Total	1221,000	16			
Total corregido	305,938	15			

a. R al cuadrado = ,663 (R al cuadrado ajustada = ,439)

Coeficiente de variación= 59,8%

Error estándar de la media=1,12904

Tabla 26. Análisis de la varianza de tubérculos richie

Pruebas de efectos inter-sujetos					
Variable dependiente: RICHIE					
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	333,000 ^a	6	55,500	1,339	,333
Intersección	2704,000	1	2704,000	65,244	,000
TRAT	187,500	3	62,500	1,508	,278
REP	145,500	3	48,500	1,170	,374

Error	373,000	9	41,444
Total	3410,000	16	
Total corregido	706,000	15	
a. R al cuadrado = ,472 (R al cuadrado ajustada = ,119)			
b. Coeficiente de variación= 52,8%			
c. Error estándar de la media= 1,71513			

Tabla 27. Análisis de la varianza del peso de materia seca aérea transformado

Pruebas de efectos inter-sujetos					
Variable dependiente: PMSAT					
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	,046 ^a	6	,008	,934	,515
Intersección	782,344	1	782,344	94938,062	,000
TRAT	,011	3	,004	,454	,721
REP	,035	3	,012	1,414	,301
Error	,074	9	,008		
Total	782,465	16			
Total corregido	,120	15			
a. R al cuadrado = ,384 (R al cuadrado ajustada = -,027)					
b. Coeficiente de variación=1,3%					
c. Error estándar de la media= 0,02239					

Tabla 28. Análisis de la varianza del peso de masa seca de tubérculos

Pruebas de efectos inter-sujetos					
Variable dependiente: PESO MASA SECA TUBERCULOS					
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	226,844 ^a	6	37,807	1,174	,397
Intersección	31817,641	1	31817,641	988,243	,000
TRAT	186,172	3	62,057	1,927	,196
REP	40,672	3	13,557	,421	,742
Error	289,766	9	32,196		
Total	32334,250	16			
Total corregido	516,609	15			

- a. R al cuadrado = ,439 (R al cuadrado ajustada = ,065)
- b. Coeficiente de variación = 13,16%
- c. Error estándar de la media= 2,26333

Tabla 29. Análisis de la varianza del rendimiento de tubérculos

Pruebas de efectos inter-sujetos					
Variable dependiente: RENDIMIENTO					
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	824,375 ^a	6	137,396	3,053	,065
Intersección	8235,563	1	8235,563	182,984	,000
TRAT	438,687	3	146,229	3,249	,074
REP	385,688	3	128,563	2,857	,097
Error	405,063	9	45,007		
Total	9465,000	16			
Total corregido	1229,438	15			

- a. R al cuadrado = ,671 (R al cuadrado ajustada = ,451)
- b. Coeficiente de variación=39,8%
- c. Error estándar de la media= 2,26333

El rendimiento de tubérculos se obtuvo aplicando la fórmula de Hay y Walker (1989):
rendimiento (kg/ha) = N° plantas x N° tubérculos por planta x peso promedio del tubérculo fresco (kg). Este rendimiento se expresó en toneladas por hectárea (t/ha).

Rendimiento T1 (kg/ha) = 3200 plantas x 25 tubérculos x 0,17 kg= 13,6 ton/ha

Rendimiento T2 (kg/ha) = 3200 plantas x 26 tubérculos x 0,16 kg=13,3 ton/ha

Rendimiento T3 (kg/ha) = 3200 plantas x 29 tubérculos x 0,185 kg= 16,7 ton/ha

Rendimiento T4 (kg/ha) = 3200 plantas x 15 tubérculos x 0,17= 8,1 ton/ha

7. CONCLUSIONES

El análisis de varianza destaca que el tratamiento con fertilización química-orgánica ($300/800 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) mostró el mayor rendimiento $16,7 \text{ ton/ha}^{-1}$, evidenciando su eficacia frente a los otros tratamientos evaluados.

Los diferentes tratamientos de fertilización influyeron de manera significativa en variables como altura, número de hojas, área foliar y peso seco de los tubérculos, lo que indica que la elección de la fuente de fertilizante juega un papel importante en la productividad del cultivo.

La fertilización química-orgánica demostró ser el tratamiento más efectivo para lograr un equilibrio óptimo entre rendimiento y calidad en el cultivo de papa amarilla; este tratamiento no solo promovió un desarrollo uniforme de las plantas, reflejado en indicadores como el área foliar y el índice de área foliar, sino que también mejoró la calidad de los tubérculos en términos de tamaño y peso.

8. RECOMENDACIONES

Se recomienda implementar la fertilización química-orgánica como práctica estándar para el cultivo de papa criolla en Nariño, dado su balance entre alto rendimiento y sostenibilidad ambiental.

Realizar análisis periódicos del suelo para ajustar las dosis de fertilización y mantener un balance adecuado de nutrientes, corrigiendo factores limitantes como la acidez mediante encalado.

Incentivar el uso de fertilizantes orgánicos y prácticas agroecológicas, no solo para mejorar la productividad, sino también para preservar los recursos naturales y la calidad del suelo a largo plazo.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AgroAvances. (2018). *La investigación desarrolla papa resistente a enfermedades de la hoja e indicada para cultivo orgánico*. AgroAvances. <https://agroavances.com/noticias-detalle.php?idNot=4207>
- Agrosavia. (1981). *ACTUALIZACIÓN DE SUELOS CON ENFASIS EN LOS SUELOS DE NARIÑO*.
https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/18382/43210_50966.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Angan, J. (2018). *ESPACIO GEOGRAFICO*. Bloggsport.
https://santanderdevalencia.blogspot.com/p/aspecto-fisico_20.html
- Arias, V., Bustos, P., & Núñez, C. (1993). *EVALUACION DEL RENDIMIENTO EN PAPA CRIOLLA (Solanum phureja) VARIEDAD "YEMA DE HUEVO", BAJO DIFERENTES DENSIDADES DE SIEMBRA EN LA SABANA DE BOGOTA*". Revistas Unal.
<https://revistas.unal.edu.co/index.php/agrocol/article/view/25442/25938>
- Buesaquillo, N. (2020). *Implementación de un sistema productivo de papa (Solanum Implementación de un sistema productivo de papa (Solanum tuberosum sub especie andígena) como modelo de producción tuberosum sub especie andígena) como modelo de producción tecnificado en el corregimiento de Los Milagros, Bolívar Cauca tecnificado en el corregimiento de Los Milagros, Bo. Unisalle*.
https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1185&context=ingenieria_agronomica
- Colaboradores de Wikipedia. (2023, 22 octubre). *Solanum tuberosum*. Wikipedia, la enciclopedia libre. https://es.wikipedia.org/wiki/Solanum_tuberosum
- Cherlinka, V. (2023, 1 noviembre). *Quemaduras por fertilizante: causas y prevención*. EOS Data Analytics. <https://eos.com/es/blog/quemaduras-por-fertilizantes/>
- Espinoza, J. (2007). *Suelos Volcánicos, Dinámica del Fósforo y Producción de Papa*. Cipotato.
<https://cipotato.org/wp-content/uploads/congreso%20ecuatoriano%202/JESPINOZA.pdf>

- Fioreze, C., & Ceretta, C. A. (2006). *Fontes orgânicas de nutrientes em sistemas de produção de batata*. *Ciencia Rural*, 36(6), 1788-1793. <https://doi.org/10.1590/s0103-84782006000600018>
- Gobernación de Nariño. (2018). *Departamento | Gobernación de Nariño*. <https://sitio.narino.gov.co/departamento/>
- Google Earth. (2023). *Mapas*. <https://www.earth.google.com>
- Gonzales, S., Guerrero, R., & Arias, A. (1972). *Propiedades físicas de algunos suelos de la sabana de Túquerres*. Dialnet. [Dialnet-PropiedadesFisicasDeAlgunosSuelosDeLaSabanaDeTuque-6191617%20\(1\).pdf](#)
- Huamán, E. (2023, 24 mayo). *Efectos de cuatro niveles de fertilizante y dos modalidades de aplicación en el cultivar de papa «Amarilla Redonda» (Grupo Phureja)*. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/5765>
- Huertos y más. (2020, 9 enero). *¿La planta de papa produce frutos?* Huertos y más - Tu huerto urbano en casa. <https://huertosymas.com/la-planta-de-papa-produce-frutos/>
- ICA. (1994). DECRETO No. 1840 DE AGOSTO 3 DE 1994. Instituto Colombiano Agropecuario.
- IBM Corp. Released 2015, IBM SPSS Statistics for Windows, versión 23:0 Armonk, NY: IBM Corp.
- YARA. (2018, 23 marzo). *Incrementar la producción de la papa*. Yara. <https://www.yara.com.co/nutricion-vegetal/papa/rendimiento-de-la-papa/>
- Loarte, L. P. (2019). *Producción de papa amarilla. Un estudio desde sus factores para el desarrollo agrícola*, Huánuco. <https://www.redalyc.org/journal/5860/586062187001/html/#:~:text=Se%20concluye%20que%20la%20principal,la%20producci%C3%B3n%20de%20dicho%20tub%C3%A9rculo.>
- Lara, J. (2016). *EVALUACIÓN DE LA FERTILIZACIÓN SOBRE EL RENDIMIENTO DE CUATRO CLONES DE PAPA CRIOLLA (Solanum phureja Juz et Buk) EN EL MUNICIPIO DE CHITAGÁ, NORTE DE SANTANDER*. Universidad de Pamplona. <http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/handle/20.500.12744/571>
- Martínez, A. G. (2019, 16 abril). *Departamento de Nariño*. [todacolombia.com](https://www.todacolombia.com). <https://www.todacolombia.com/departamentos-de-colombia/narino/index.html>

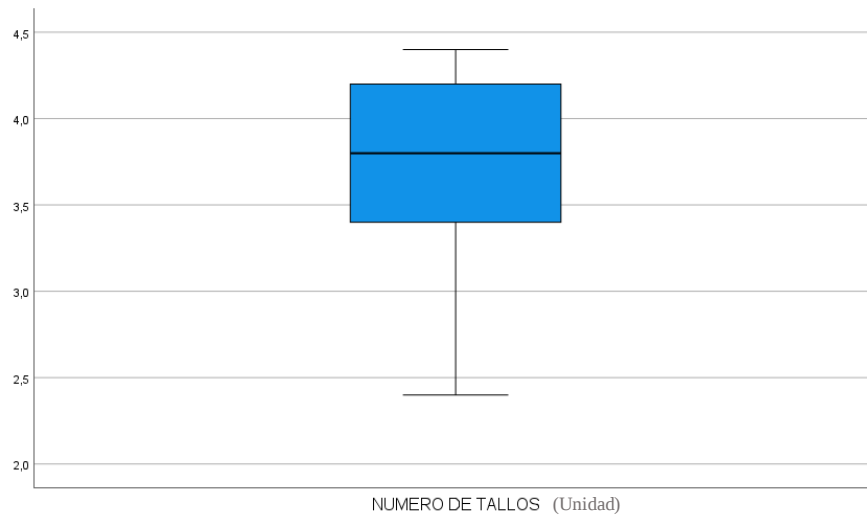
- Miranda, R. (2008). *CARACTERIZACION DE LA PRODUCCION DE PAPA EN EL DEPARTAMENTO DE NARIÑO MEDIANTE EL ANALISIS DE DATOS MULTIVARIADOS*. Universidad del Norte. <https://manglar.uninorte.edu.co/bitstream/handle/10584/9007/99159.pdf?sequence=1>
- Monteros, C., Valverde, F., & León, F. (2008, 1 junio). *Respuesta del cultivo de papa variedad yema de huevo (Solanum phureja) a la fertilización química y orgánica, con y sin defoliaciones a tres densidades de siembra en una localidad de la provincia de Cotopaxi*. <https://repositorio.iniap.gob.ec/jspui/handle/41000/979>
- Municipios de Colombia. (2018). *Túquerres en el departamento de Nariño - municipio y alcaldía de Colombia*. Municipios. <https://www.municipio.com.co/municipio-tuquerres.html>
- Muñoz, L & Lucero, A. (2008). *Efecto de la fertilización orgánica en el cultivo de papa criolla Solanum phureja*. *Agronomía Colombiana*, 26 (2), 340-346. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-99652008000200019&lng=en&tlng=es.
- Nodos de Biodiversidad. (2019, 29 abril). *6 pasos para cultivar tubérculos andinos - conexión bio*. Conexión Bio. <https://conexionbio.jbb.gov.co/pasos-para-cultivar-tuberculos/>
- Orjuela, H., Blasco, M., & Unigarro, A. (1987). *CARACTERIZACIÓN DE SUELOS VOLCÁNICOS DE NARIÑO, COLOMBIA, CON ENFASIS EN EL COMPONENTE BIOLOGICO*. DIALNET. <https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fdialnet.unirioja.es%2Fdescarga%2Farticulo%2F6191645.pdf&psig=AOvVaw0FmhbmcpqPuGmqh8MJ0NDz&ust=1721253515579000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=0CAYQrpoMahcKEwjQ46GWx6yHAxUAAAAAHQAAAAAQBA>
- Ñústez, C., & Rodríguez, L. (2018). *Manual de recomendaciones técnicas para su cultivo en el departamento de Cundinamarca*. Universidad Nacional de Colombia. http://investigacion.bogota.unal.edu.co/fileadmin/recursos/direcciones/investigacion_bogota/Manuales/09-manual-papa-criolla-2020-EBOOK.pdf
- Rojas, L., & Cunya, J. (2014). *Productividad de diez cultivares promisorios de papa chaucha (Solanum tuberosum, grupo Phureja) de la región Cajamarca Perú*. *Scientia Agropecuaria*, 5(4), 165-175. <https://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2014.04.01>

- Sánchez, M. A. (2017). *Determinación de la ploidía en accesiones de papas nativas (Solanum tuberosum grupo andigenum) procedentes del banco de germoplasma vegetal de CORPOICA*. Dialnet. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6137004>
- Sánchez, J., & Rubiano, Y. (2015). PROCESOS ESPECÍFICOS DE FORMACIÓN EN ANDISOLES, ALFISOLES y ULTISOLES EN COLOMBIA. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-12372015000300008
- Secretaría De Agricultura Y Desarrollo Rural. (2019). *La papa un alimento con historia y cultura*. gob.mx. <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/la-papa-un-alimento-con-historia-y-cultura#:~:text=Todo%20comienza%20hace%208%2C000%20a%C3%B1os,frontera%20de%20Bolivia%20y%20Per%C3%BA.>
- SQM - Solutions for human progress. (2022, 17 mayo). *Papa con QROP en Ecuador, proceso de iniciación en tubérculo*. SQM Specialty Plant Nutrition. <https://sqmnutrition.com/essays/proceso-de-iniciacion-de-tuberculos/>
- Suarez, C., & Torres, J. (2014). *Vista de la absorción de nutrientes de la papa criolla (Solanum phureja var. Galeras) para la determinación de niveles nutricionales críticos | agronomía colombiana*. Revistas Unal. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/agrocol/article/view/41811/47160>
- Tamargo, A. (2018, 12 septiembre). La importancia del análisis de suelos agrícolas - AGQ Labs Colombia. AGQ Labs Colombia. <https://agqlabs.co/2017/02/03/la-importancia-del-analisis-suelos-agricolas/>
- Universidad de Pamplona. (2005). ACUERDO No.186. https://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portalIG/home_171/recursos/general/18042017/reglamento_estudiantil.pdf
- Villamil, H. J. (2018). *Fisiología de la nutrición de la papa*. Agrosavia. https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/17446/41891_44474.pdf?sequence=1

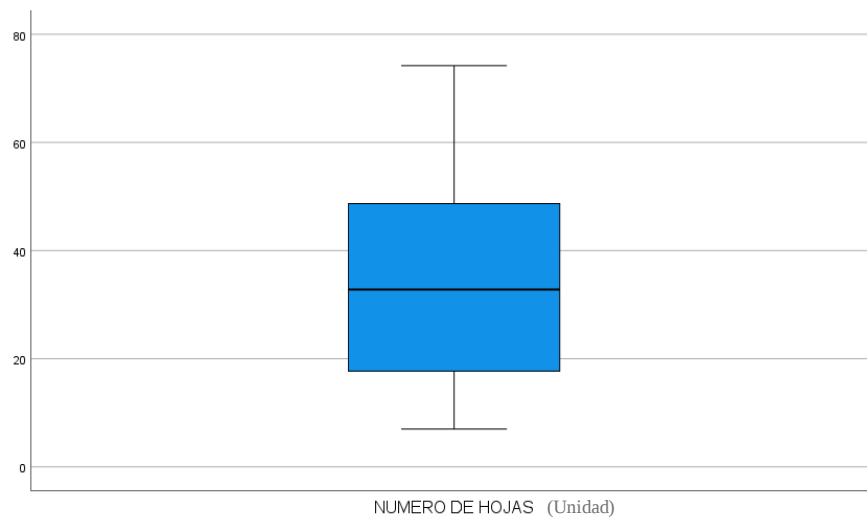
10. ANEXOS

10.1 APENDICE I

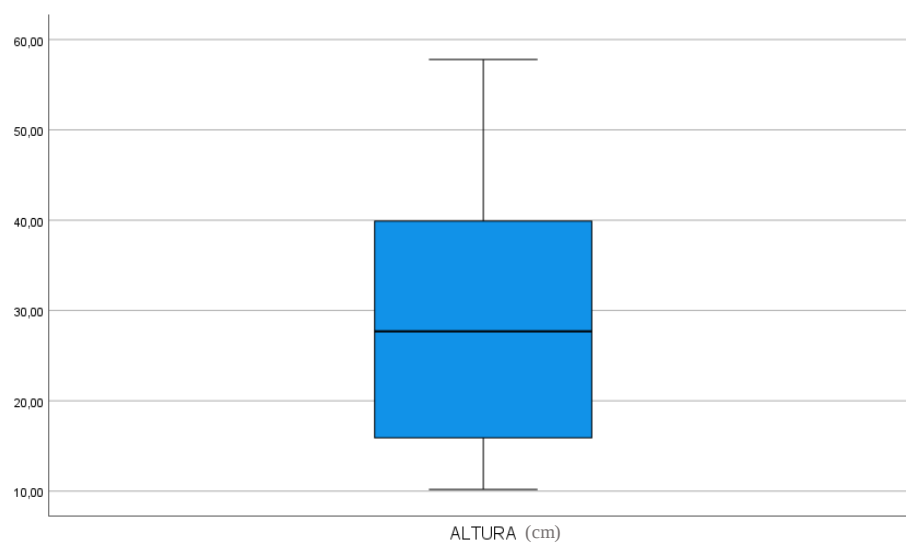
10.1.1 Graficas de caja o box-plot de las variables medidas en el campo



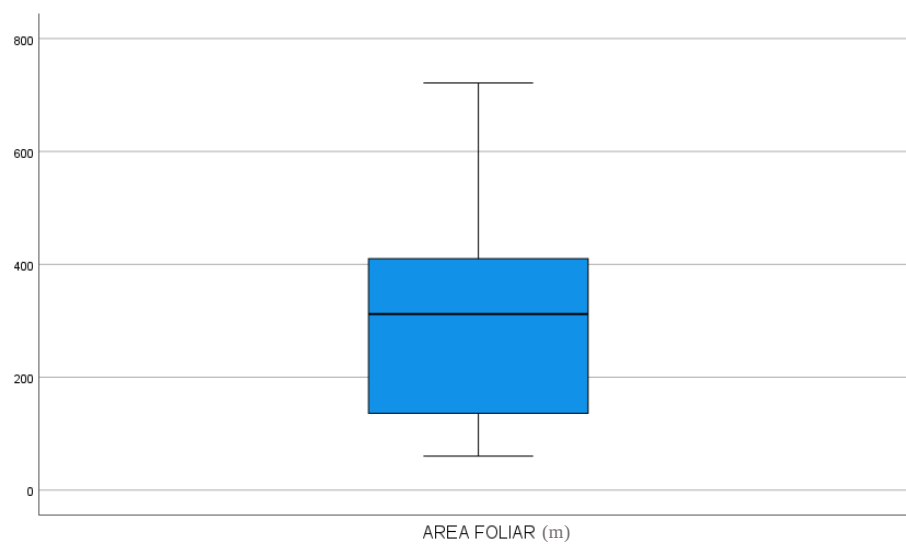
Anexo 1. Grafica de caja o blox-pot de número de tallos.



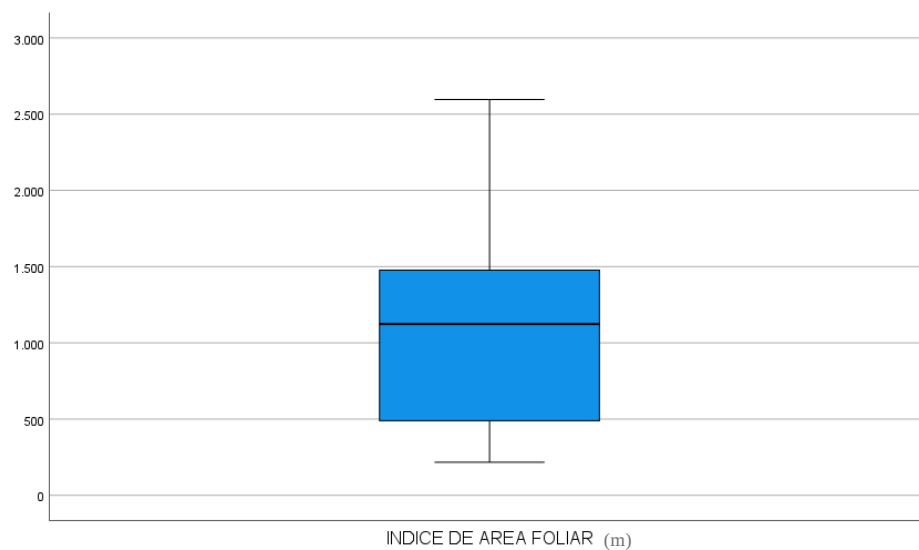
Anexo 2. Grafica de caja o blox-pot de número de hojas.



Anexo 3. Grafica de caja o blox-pot de altura.



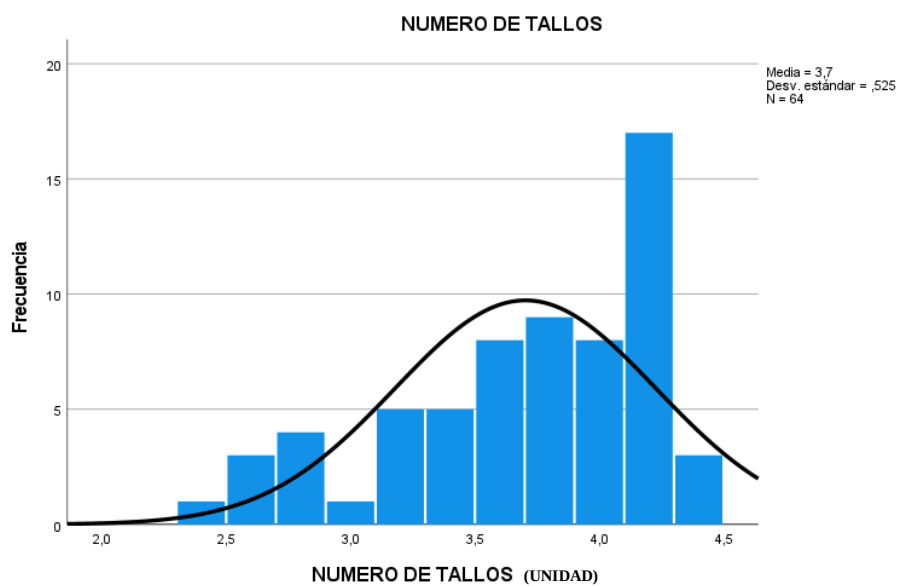
Anexo 4. Grafica de caja o blox-pot del área foliar.



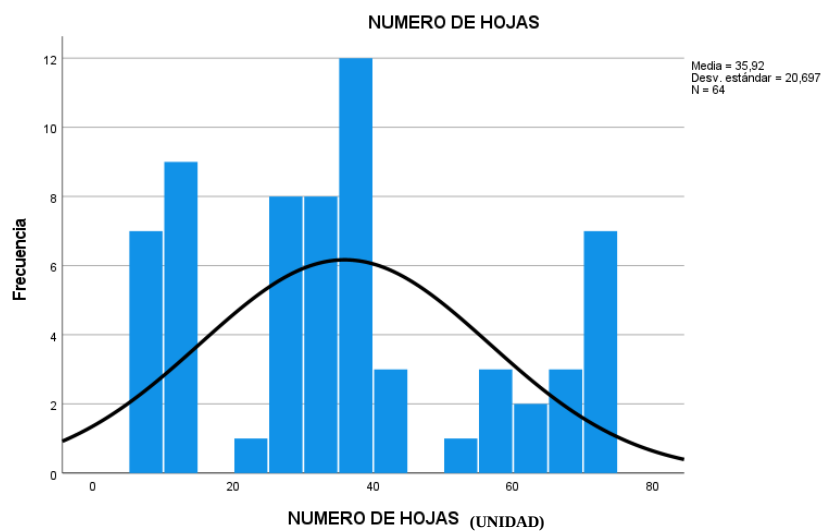
Anexo 5. Grafica de caja o blox-pot del indice de área foliar.

10.2 APENDICE II

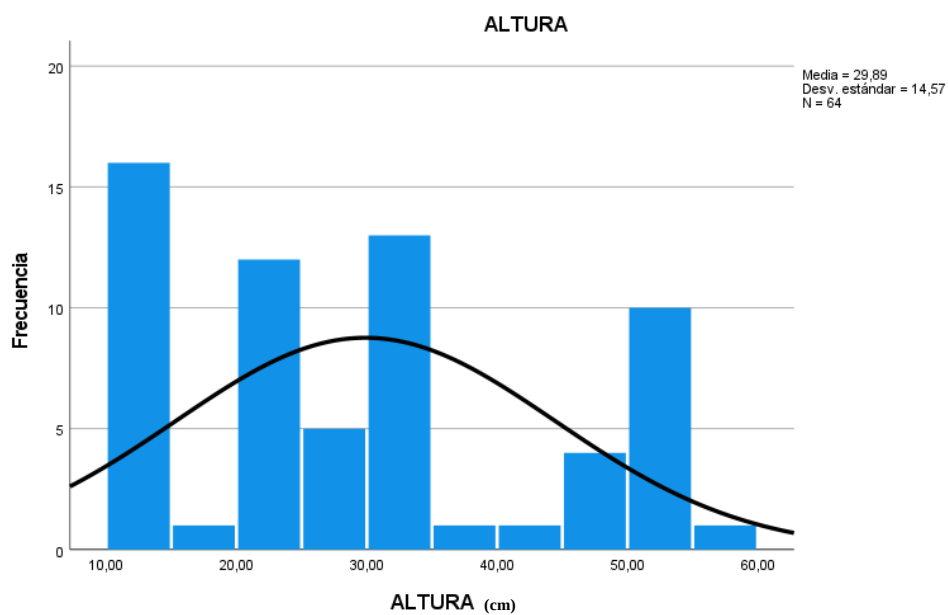
10.2.1 Histogramas de frecuencias con la normal superpuesta en las variables originales



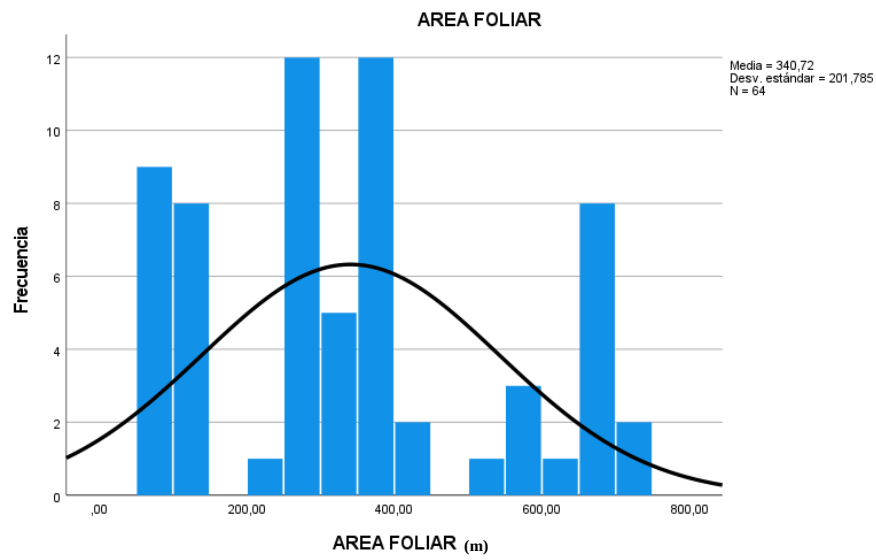
Anexo 6. Histograma de frecuencia número de tallos.



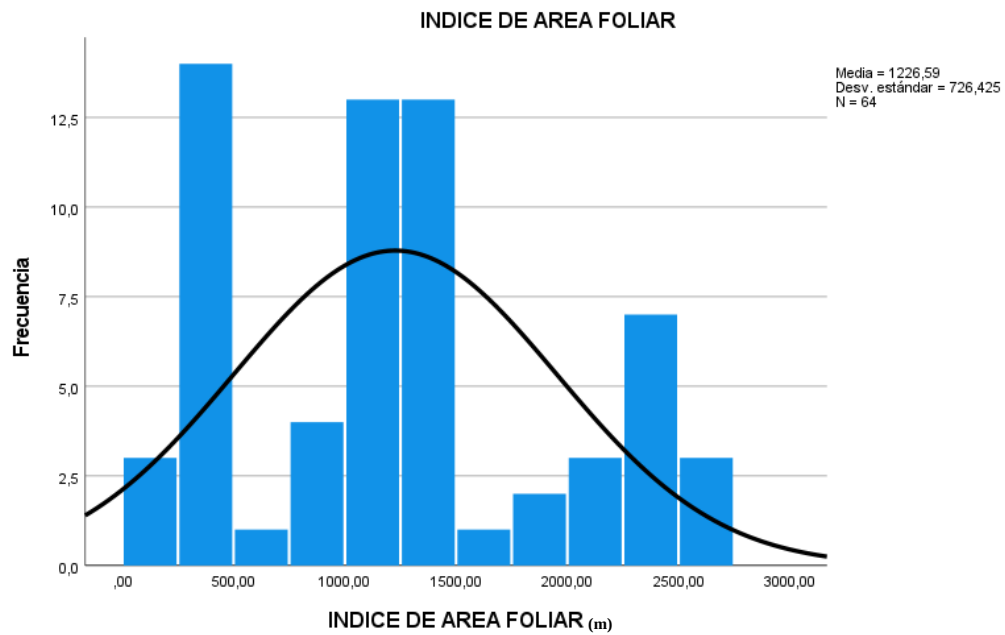
Anexo 7. Histograma de frecuencia número de hojas.



Anexo 8. Histograma de frecuencia de altura.



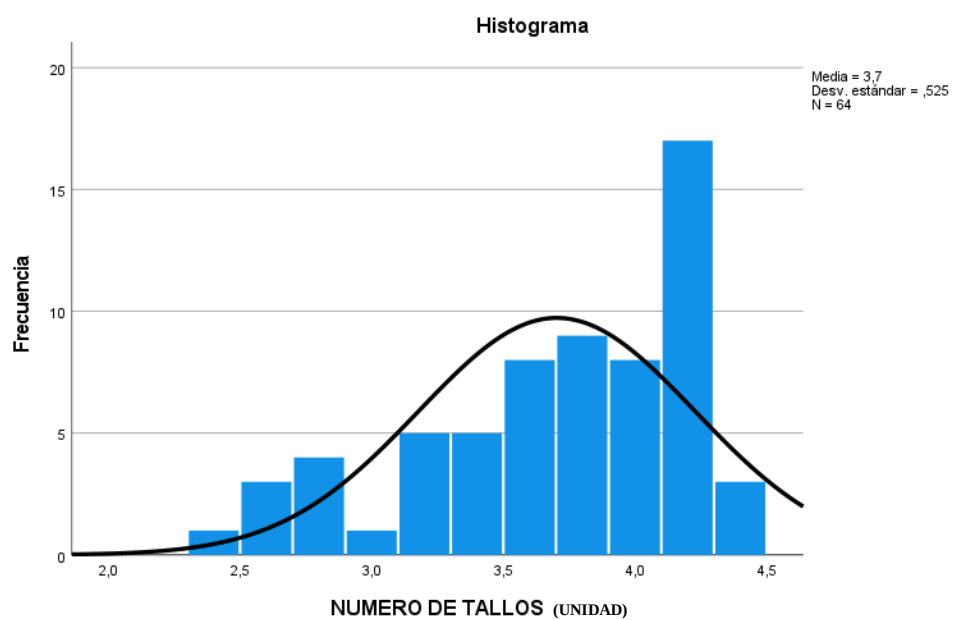
Anexo 9. Histograma de frecuencia de área foliar.



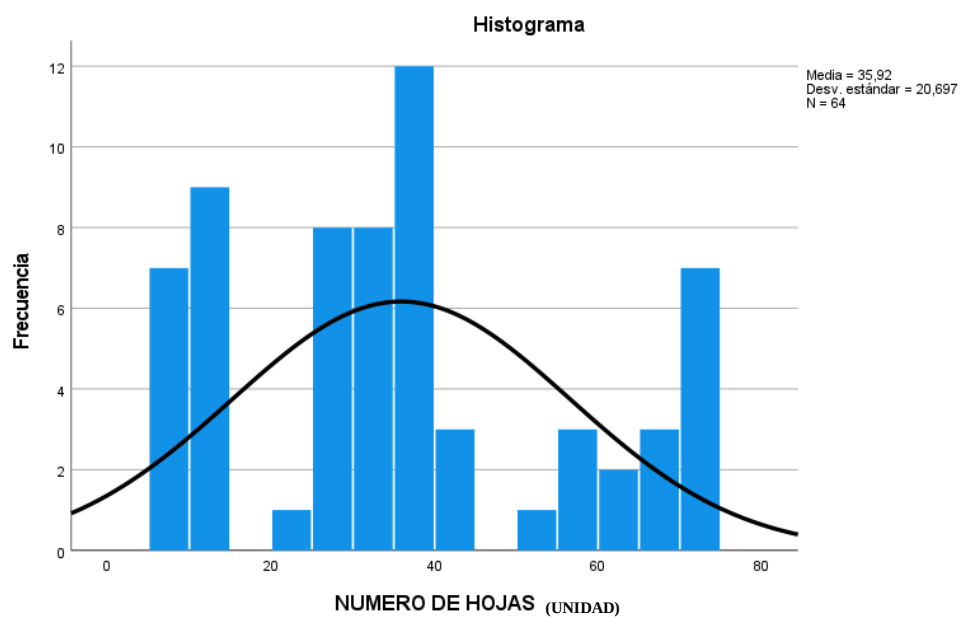
Anexo 10. Histograma de frecuencia de índice de área foliar.

10.3 APENDICE III

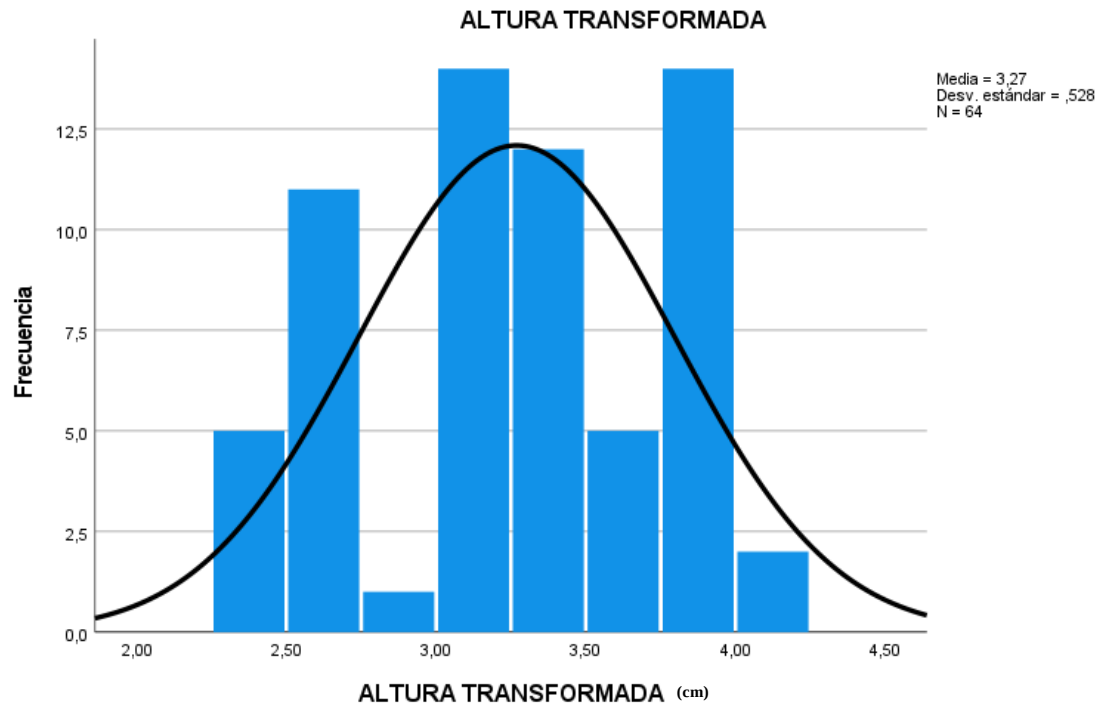
10.3.1 Histogramas de frecuencias con la normal superpuesta en las variables transformadas



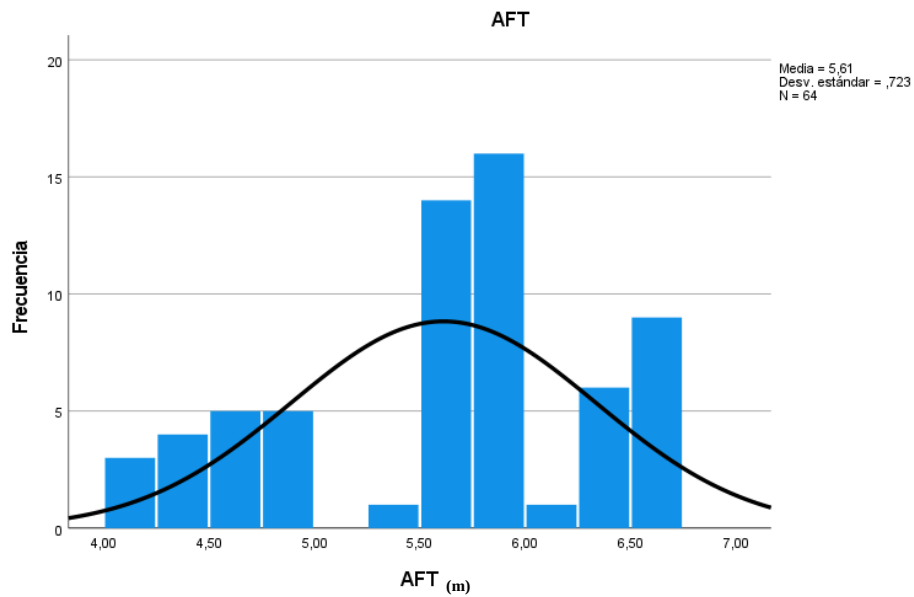
Anexo 11. Histograma datos número de tallos transformados.



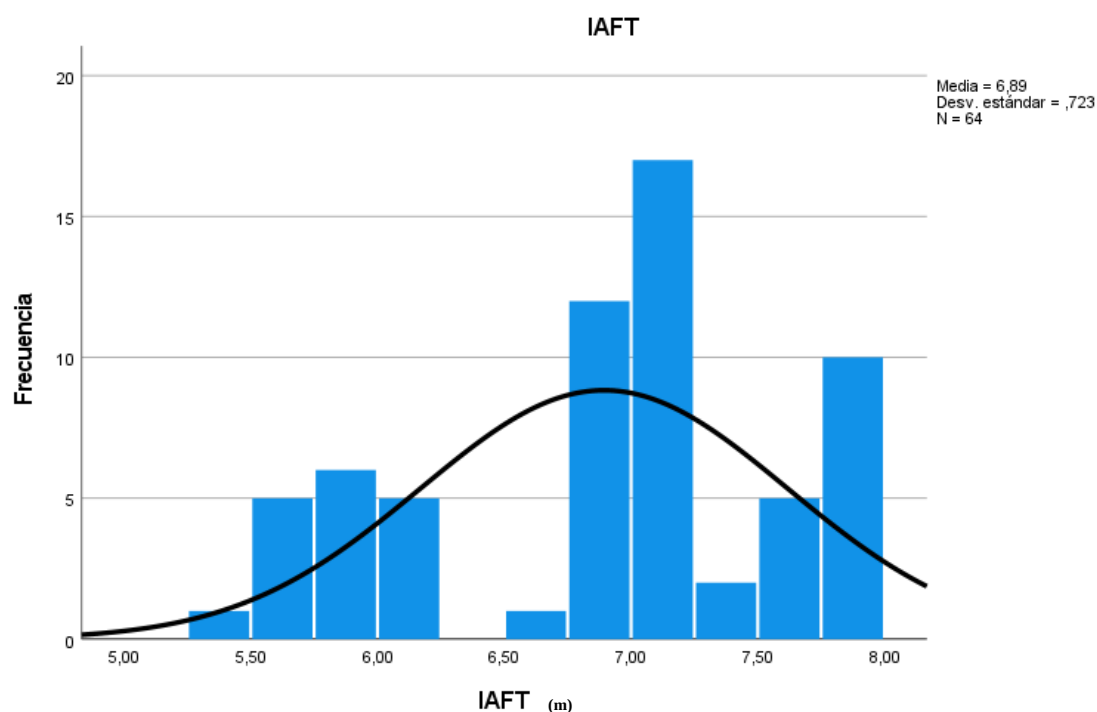
Anexo 12. Histograma datos número de hojas transformados.



Anexo 13. Histograma datos altura transformados.



Anexo 14. Histograma datos área foliar transformados.



Anexo 15. Histograma datos de índice de área foliar transformados.

10.4 APENDICE IV

10.4.1 Pruebas de homogeneidad de varianzas de Levene

Tabla 30. Pruebas de homogeneidad de varianzas de Levene para las variables de producción

Pruebas de homogeneidad de varianzas					
		Estadístico de Levene	de gl	gl	Si g.
NÚMERO DE TALLOS TRANSFORMADOS	Se basa en la media	2,184	3	60	,0
					99
	Se basa en la mediana	,868	3	60	,4
					63
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	,868	3	46	,4
				,287	65
	Se basa en la media recortada	1,804	3	60	,1
					56

NUMERO DE HOJAS TRANSFORMADOS	Se basa en la media	,191	3	60	,9
					02
	Se basa en la mediana	,025	3	60	,9
					95
ALTURA TRANSFORMADA	Se basa en la mediana y con gl ajustado	,025	3	55	,9
				,962	95
	Se basa en la media recortada	,145	3	60	,9
					32
AFT	Se basa en la media	,014	3	60	,9
					98
	Se basa en la mediana	,018	3	60	,9
					97
IAFT	Se basa en la mediana y con gl ajustado	,018	3	59	,9
				,898	97
	Se basa en la media recortada	,014	3	60	,9
					98
AFT	Se basa en la media	,461	3	60	,7
					11
	Se basa en la mediana	,148	3	60	,9
					30
IAFT	Se basa en la mediana y con gl ajustado	,148	3	55	,9
				,194	30
	Se basa en la media recortada	,388	3	60	,7
					62
IAFT	Se basa en la media	,461	3	60	,7
					11
	Se basa en la mediana	,148	3	60	,9
					30
IAFT	Se basa en la mediana y con gl ajustado	,148	3	55	,9
				,194	30
	Se basa en la media recortada	,388	3	60	,7
					62

Tabla 31. Pruebas de homogeneidad de varianzas de Levene para las variables de calidad

ANOVA						
			Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F Sig.
NUMERO TUBERCULOS	DE	Entre grupos	438,	3	146,	2 ,
			688		229	,219 139
		Dentro de grupos	790,	1	65,8	
			750	2	96	
		Total	1229	1		
SEGUNDA			,438	5		
		Entre grupos	82,1	3	27,3	1 ,
			88		96	,469 272
		Dentro de grupos	223,	1	18,6	
			750	2	46	
PRIT		Total	305,	1		
			938	5		
		Entre grupos	,805	3	,268	, ,
						935 454
		Dentro de grupos	3,44	1	,287	
PMSAT			2	2		
		Total	4,24	1		
			7	5		
		Entre grupos	,011	3	,004	, ,
						411 748
PESO MASA SECA TUBERCULOS		Dentro de grupos	,109	1	,009	
				2		
		Total	,120	1		
				5		
		Entre grupos	186,	3	62,0	2 ,
RICHIE			172		57	,254 135
		Dentro de grupos	330,	1	27,5	
			437	2	36	
		Total	516,	1		
			609	5		
RICHIE		Entre grupos	187,	3	62,5	1 ,
			500		00	,446 278
		Dentro de grupos	518,	1	43,2	
			500	2	08	

Total	706,	1
	000	5

10.5 APENDICE V

10.5.1 Pruebas de hipótesis corroboradas en el experimento

NUMERO DE TALLOS

H_0 : Los efectos de los niveles del tipo de fuente de fertilizante sobre el número de tallos de papa son nulos o cero (0).

H_A : No todos los efectos de los niveles del tipo de fuente de fertilizante sobre el número de tallos de papa son nulos o cero (0)

H_0 : Los efectos de los niveles del tiempo de medición sobre el número de tallos de papa son nulos o cero (0).

H_A : No todos los efectos de los niveles del tiempo de medición sobre el peso de los frutos de mora hojas son nulos o cero (0).

H_0 : Los efectos de los niveles del tipo de fuente de fertilizante sobre el número de tallos de papa son los mismos para cada nivel del tiempo de medición.

H_A : Los efectos de los niveles del tipo de fuente de fertilizante sobre el número de tallos en papa no son los mismos para cada nivel del tiempo de medición.

NUMERO DE HOJAS

H_0 : Los efectos de los niveles del tipo de fuente de fertilizante sobre el número de hojas de papa son nulos o cero (0).

HA: No todos los efectos de los niveles del tipo de fuente de fertilizante sobre el número de hojas de papa son nulos o cero (0)

H₀: Los efectos de los niveles del tiempo de medición sobre el número de hojas de papa son nulos o cero (0).

HA: No todos los efectos de los niveles del tiempo de medición sobre el número de hojas de papa son nulos o cero (0).

H₀: Los efectos de los niveles del tipo de fuente de fertilizante sobre el número de hojas de papa son los mismos para cada nivel del tiempo de medición.

H_A: Los efectos de los niveles del tipo de fuente de fertilizante sobre el número de hojas de papa no son los mismos para cada nivel del tiempo de medición.

ALTURA DE LA PLANTA

H₀: Los efectos de los niveles del tipo de fuente de fertilizante sobre la altura de la planta de papa son nulos o cero (0).

HA: No todos los efectos de los niveles del tipo de fuente de fertilizante sobre la altura de la planta de papa son nulos o cero (0)

H₀: Los efectos de los niveles del tiempo de medición sobre la altura de la planta de papa son nulos o cero (0).

HA: No todos los efectos de los niveles del tiempo de medición sobre la altura de la planta de papa son nulos o cero (0).

H₀: Los efectos de los niveles del tipo de fuente de fertilizante sobre la altura de la planta de papa son los mismos para cada nivel del tiempo de medición.

H_A : Los efectos de los niveles del tipo de fuente de fertilizante sobre la altura de la planta de papa no son los mismos para cada nivel del tiempo de medición.

AREA FOLIAR

H_0 : Los efectos de los niveles del tipo de fuente de fertilizante sobre el área foliar de la planta de papa son nulos o cero (0).

H_A : No todos los efectos de los niveles del tipo de fuente de fertilizante sobre el área foliar de la planta de papa son nulos o cero (0)

H_0 : Los efectos de los niveles del tiempo de medición sobre el área foliar de la planta de papa son nulos o cero (0).

H_A : No todos los efectos de los niveles del tiempo de medición sobre el área foliar de la planta de papa son nulos o cero (0).

H_0 : Los efectos de los niveles del tipo de fuente de fertilizante sobre el área foliar de la planta de papa son los mismos para cada nivel del tiempo de medición.

H_A : Los efectos de los niveles del tipo de fuente de fertilizante sobre el área foliar de la planta de papa no son los mismos para cada nivel del tiempo de medición.

INDICE DE AREA FOLIAR

H_0 : Los efectos de los niveles del tipo de fuente de fertilizante sobre el índice de área foliar de la planta de papa son nulos o cero (0).

H_A : No todos los efectos de los niveles del tipo de fuente de fertilizante sobre el índice de área foliar de la planta de papa son nulos o cero (0)

H_0 : Los efectos de los niveles del tiempo de medición sobre el índice de área foliar de la planta de papa son nulos o cero (0).

H_A : No todos los efectos de los niveles del tiempo de medición sobre el índice de área foliar de la planta de papa son nulos o cero (0).

H_0 : Los efectos de los niveles del tipo de fuente de fertilizante sobre el índice de área foliar de la planta de papa son los mismos para cada nivel del tiempo de medición.

H_A : Los efectos de los niveles del tipo de fuente de fertilizante sobre el índice de área foliar de la planta de papa no son los mismos para cada nivel del tiempo de medición.