



Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja

Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovales

Carrera de Agronomía

Efecto de la fertilización sobre el contenido de antocianina y parámetros morfológicos de crecimiento durante el desarrollo vegetativo de dos genotipos de papa nativa (*Solanum tuberosum* L.), en la ciudad de Loja.

Trabajo de integración curricular previo a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo.

AUTOR:

Danny Jheison Puchaicela Sagbay

DIRECTORA:

Dra. Marlene Lorena Molina Müller PhD.

Loja – Ecuador

2023

Certificación

Loja, 16 de agosto de 2022

Dra. Marlene Lorena Molina Müller

DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

C E R T I F I C O:

Que he revisado y orientado todo el proceso de elaboración del Trabajo de Integración Curricular denominado: **Efecto de la fertilización sobre el contenido de antocianina y parámetros morfológicos de crecimiento durante el desarrollo vegetativo de dos genotipos de papa nativa (*Solanum tuberosum* L.), en la ciudad de Loja.** previo a la obtención del título de **Ingeniero Agrónomo**, de la autoría de la estudiante **Danny Jheison Puchaicela Sagbay**, con **cédula de identidad Nro.110165783**, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja, para el efecto, autorizo la presentación del mismo para su respectiva sustentación y defensa.



Dra. Marlene Lorena Molina Müller

DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Autoría

Yo, **Danny Jheison Puchaicela Sagbay**, declaro ser autor/a del presente Trabajo de Integración Curricular o de Titulación y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos y acciones legales, por el contenido del mismo. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja la publicación de mi Trabajo de Integración Curricular o de Titulación, en el Repositorio Digital Institucional – Biblioteca Virtual.

Firma:



Cédula de identidad: 1150165783

Fecha: 16/03/2023

Correo electrónico: danny.puchaicela@unl.edu.ec

Teléfono: 0988333282

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

Yo, **Danny Jheison Puchaicela Sagbay** declaro ser autor/a del Trabajo de Integración Curricular o de Titulación denominado: **Efecto de la fertilización sobre el contenido de antocianina y parámetros morfológicos de crecimiento durante el desarrollo vegetativo de dos genotipos de papa nativa (*Solanum tuberosum* L.), en la ciudad de Loja**, como requisito para optar por el título de **Ingeniero Agrónomo**, autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos, muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido en el Repositorio Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Institucional, en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia del Trabajo de Integración Curricular o de Titulación que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los dieciséis días del mes de marzo de dos mil veintitrés.

Firma:



Autor: Danny Jhesion Puchaicela Sagbay

Cédula: 1150165783

Dirección: Colinas Lojanas: Avenida Benjamín Carrión y Jatumpamba

Correo electrónico: danny.puchaicela@unl.edu.ec

Teléfono: 0988333282

DATOS COMPLEMENTARIOS

Director del Trabajo de Integración Curricular

Dra. Marlene Lorena Molina Müller PhD.

Dedicatoria

Dedico mi trabajo de tesis a mi Dios y a mi Virgen por brindarme salud, conocimiento y sabiduría que cada día pedía a ellos y que me dejen desmayar y proteger a toda mi familia.

A mis queridos padres Ángel Puchaicela y Laura Sagbay, me apoyaron durante mi carrera universitaria, con sus palabras de aliento me motivaron que siga adelante y que cumpla mis ideales.

A mis queridos hermanos Alexandra, Jhenny, Mary y Jhuli gracias por creer en mis capacidades, aunque hemos pasado momentos difíciles siempre me han brindado su amor y apoyo y quienes han sido los que han creído en mi desde el principio hasta el final con sus consejos y sus lecciones de vida que cada día eh aprendido de ellos.

Danny Jhesion Puchaicela Sagbay

Agradecimiento

Agradezco primeramente a mi Dios y a mi Virgen por darme sabiduría, conocimiento y salud, en segundo lugar, agradezco a la Universidad Nacional de Loja y a todos los docentes de la carrera de Agronomía que me han formado durante todo mi camino de estudio y han sabido brindarme todo su apoyo y dedicación.

A la Dra. Marlene Molina PhD, directora de tesis por toda la confianza que ha depositado en mí para poder realizar mi tesis. A mi profesora de Trabajo de integración curricular Marina Mazón PhD, por su tiempo y dedicación que me ha brindado durante la realización de tesis.

A la Ing. Beatriz Guerrero Técnica del laboratorio de Bromatología expresó todo mi agradecimiento por dedicarme tiempo completo en la realización de fase de laboratorio de mi tesis.

A la Ing. Tania Sarango Técnica del laboratorio de análisis químico que me facilitó con los reactivos y con su conocimiento me ayudado a desarrollar mi tesis y a la Ing. Yajaira Arévalo por facilitarme el uso de espacios en el laboratorio de análisis químico.

A mis compañeros Wilson Camacho, Elvis Sarango, Jimmy Torres y Bryan Celi por compartir todos estos años de estudio y compañerismo que me han brindado

Y finalmente a mis padres Ángel Puchaicela y Laura Sabgay por apoyarme durante todo mi recorrido de formación ya que nunca me desampararon y me brindaron todo su amor y a mis queridos hermanos que me motivaron y me ayudaron en mi formación profesional.

Danny Jhesion Puchaicela Sagbay

Índice de contenidos

Portada	i
Certificación	ii
Autoría	iii
Carta de autorización	iv
Dedicatoria	v
Agradecimiento	vi
Índice de contenidos	vii
Índice de tablas.....	xiii
Índice de figuras.....	xiv
Índice de anexos.....	xv
1. Título	1
2. Resumen	2
2.1 Abstract.....	3
3. Introducción	4
3.1. Objetivo general.....	6
3.2. Objetivos Específicos.....	6
4. Marco teórico	7
4.1. Origen del cultivo de papa.	7
4.2. Clasificación Taxonómica	7
4.3. Descripción botánica.....	7
4.3.1. Brote	7
4.3.2. Planta.....	8
4.3.3. Raíz.....	8
4.3.4. Hojas.....	8
4.3.5. Flor	8
4.3.6. Fruto y semilla.....	8
4.3.7. Tubérculo	8
4.4. Fases fenológicas	9

4.4.1. Fase I. Emergencia	9
4.4.2. Fase II. Estolonización	9
4.4.3. Fase III. Tuberización.....	9
4.4.4. Fase IV. Crecimiento de los tubérculos.....	9
4.4.5. Fase V. Maduración	10
4.4.6. Fase VI. Senescencia.....	10
4.5. Requerimientos del cultivo	10
4.5.1. Clima	10
4.5.2. Humedad	10
4.5.3. Suelo.....	10
4.5.4. Temperatura.....	10
4.5.5. Altitud.....	11
4.5.6. Vientos	11
4.5.7. Luz.....	11
4.6. Fertilización en cultivo de papas.....	11
4.6.1. Nitrógeno.....	11
4.6.2. Fósforo	11
4.6.3. Potasio	12
4.6.4. Calcio	12
4.6.5. Magnesio	12
4.6.6. Azufre.....	12
4.7. Cultivo de papa en el Ecuador.....	12
4.8. Zonas de producción en el país	13
4.9. Variedades de papas nativas	13
4.10. Características de las variedades nativas	13
4.11. Variedades de papa nativa escogidas para el proyecto de tesis	14
4.11.1. Variedad de papa nativa Chaucha amarilla alargada.....	14
4.11.2. Variedad de papa nativa negra o yema de huevo	14
4.12. Origen de las antocianinas	14
4.13. Estructura de las antocianinas	14
4.14. Estabilidad de las antocianinas	15

a. pH:	15
b. Temperatura:	15
c. Pigmentación	16
5. Metodología	17
5.1. Ubicación	17
5.2. Tipo de investigación	17
5.3. Diseño experimental	17
5.4. Modelo matemático del diseño experimental.	20
5.5. Análisis estadístico.....	20
5.6. Metodología General	21
5.6.1. Manejo del experimento.....	21
5.6.2. Siembra	21
5.6.3. Toma de muestras para el análisis de suelo	21
5.7. Labores preculturales	21
5.7.1. Arado.....	21
5.7.2. Deshierbe químico.....	22
5.7.3. Trazado de parcelas	22
5.7.4. Desinfección de la semilla.....	22
5.7.4. Aplicación de tratamientos.....	22
5.8. Labores culturales	22
5.8.1. Deshierba.....	22
5.8.2. Control de plagas.....	22
5.8.3. Aporque	23
5.8.4. Riego	23
5.8.5. Control de enfermedades.....	23
5.8.6. El muestreo.....	23
5.6. Metodología para cada objetivo.....	23
5.6.1. Metodología para el primer objetivo.....	23
5.6.1.1. Preparación de la muestra.....	24
5.6.2. Metodología para el segundo objetivo.....	26
5.6.2.1. Fenología del cultivo.....	26

5.6.2.2. Altura de planta	26
5.6.2.3. Diámetro del tallo.....	26
5.6.2.4. Área foliar	26
5.6.3. Metodología para el tercer objetivo	27
5.6.3.1. Medición de pH y conductividad eléctrica.....	27
6. Resultados	28
6.1. Contenido de antocianinas extraído de la cutícula de tubérculos de papa.	28
6.2. Contenido de antocianinas extraído del tallo de papa nativa.	28
6.2. Estadios fenológicos principales.....	29
6.3. Altura de planta.....	30
6.4. Diámetro de tallo.....	31
6.5. Área Foliar	33
6.6. Determinación del pH y conductividad eléctrica (CE)	34
6.6.1. pH del suelo.....	34
6.6.2. Conductividad Eléctrica	35
7. Discusión	37
8. Conclusiones	40
9. Recomendaciones	41
10. Bibliografía	42
11. Anexos	49

Índice de tablas

Tabla 1. Requerimiento nutricional en el cultivo de papa	18
Tabla 2. Tratamientos utilizados en la evaluación de genotipos de cultivo de papa.	18
Tabla 3. Dosis de fertilizante por tratamiento.....	22
Tabla 4. Etapas del desarrollo y acumulación térmica en estadios vegetativos.....	31

Índice de figuras

Figura 1. Estructura y sustituyentes de las antocianinas.....	15
Figura 2. Mapa de ubicación del estudio realizado sobre el efecto de fertilización de papa. Mapa de la República del Ecuador (A). Mapa de la provincia de Loja (B). Mapa de ubicación de la parcela de estudio (C).	17
Figura 3. Esquema de diseño de campo.....	19
Figura 4. Flujograma de extracción y cuantificación de antocianinas de papa nativa en laboratorio	26
Figura 5. Contenido de antocianinas en función del genotipo.....	29
Figura 6. Interacción entre Genotipo*Fertilización en el contenido de actocianinas en tallos de papa.	30
Figura 7. Altura de genotipos de papa nativa durante la aplicación de los tratamientos.....	32
Figura 8. Dinámica del crecimiento de genotipos de papa nativa.	32
Figura 9. Diámetro de tallo en función del genotipo de papa nativas.	33
Figura 10. Diámetro de tallo en función de la fertilización.	34
Figura 11. Dinámica del diámetro de genotipos de papa nativa.....	34
Figura 12. Formula del índice de área foliar de los genotipos del cultivo de papa.	35
Figura 13. Comparación de bloques en área de índice foliar.....	36
Figura 14. pH del suelo en el cultivo de papa nativa durante la aplicación de tratamiento.....	37
Figura 15. Dinámica del pH en el suelo durante la aplicación de los tratamientos.	38
Figura 16. Conductividad eléctrica del suelo en el cultivo de papa nativa durante la aplicación de los tratamientos.	38
Figura 17. Curva de nivel de conductividad eléctrica obtenido en medias o promedio general de cada tratamiento.	39

Índice de anexos

Anexo 1. Genotipos.....	48
Anexo 2. Arado del terreno.....	48
Anexo 3. Deshierbe Químico	48
Anexo 4. Trazado de parcelas.....	48
Anexo 5. Aplicación de fertilizantes.....	49
Anexo 6. Aporcado del cultivo.....	49
Anexo 7. Control de enfermedades.....	49
Anexo 8. Toma de datos	50
Anexo 9. Pesado de muestras.....	50
Anexo 10. Extracción de cascara	50
Anexo 11. Muestras terminadas.....	50
Anexo 12. Preparación de muestra y rotavaporacion.....	51
Anexo 13. Cuantificación de muestra	51
Anexo 15. Leída en fotospectometro.....	51
Anexo 16. Anexos de resultados de antocianinas.....	52
Anexo 17. Anexos resultados de calculo de fertilización.....	53
Anexo 18. Certificación de traducción de abstract.....	55

1. Título

“Efecto de la fertilización sobre el contenido de antocianina y parámetros morfológicos de crecimiento durante el desarrollo vegetativo de dos genotipos de papa nativa (*Solanum tuberosum* L.), en la ciudad de Loja”

2. Resumen

El cultivo de papa es uno de los más importantes para el ser humano, ya que, contiene grandes propiedades nutricionales y antioxidantes. Las papas nativas además de ser ricas en nutrientes, presentan antioxidantes naturales (carotenoides, flavonoides y antocianinas), los mismos que cumplen un papel fundamental para la salud y la industria. En Ecuador la papa es el principal cultivo que se desarrolla en la sierra norte. En el mundo se cultivan alrededor de 5000 variedades de papas, en el Ecuador existen alrededor de 400 variedades cultivadas en parcelas de 0,1 a 0,5 ha sobre los 3200 m.s.n.m., a esta altura la fuerte radiación solar y suelos orgánicos andinos brindan a estos productos su naturalidad especial. El presente estudio tiene como objetivo determinar el efecto de la fertilización sobre el contenido de antocianina y parámetros morfológicos de crecimiento durante el desarrollo vegetativo de dos genotipos de papa nativa (*Solanum tuberosum* L.), en la ciudad de Loja. El ensayo de campo se estableció bajo un Diseño Completamente al Azar, con arreglo bifactorial, con un total de seis tratamientos y tres repeticiones; los factores evaluados fueron fertilización (3 niveles) y genotipo de papa (2 niveles). La variable de antocianinas se evaluó cuando planta llegó a floración. Las variables morfológicas como: altura, diámetro de la planta se evaluaron cada 7 días, área foliar al momento que la planta llegó a floración. El pH y conductividad eléctrica fueron evaluadas cada 10 días. Los análisis estadísticos indicaron diferencias significativas para el contenido de antocianinas siendo el Genotipo 2 (papa negra) así mismo de manera directa la fertilización influyo en la altura y en el diámetro siendo el tratamiento 4 (negra+azufre) con mejor resultado. Las otras variables de pH y conductividad eléctrica respondieron de manera positiva a los niveles de fertilización en todos los tratamientos haciendo suelos alcalinos. Se concluye que el cultivo de papa negra es mucho mejor en comparación con la otra variedad de papa con una fertilización base de magnesio y azufre, quienes influyen el contenido de antocianinas.

Palabras claves: Antioxidantes, desarrollo vegetativo, nutrición, solanaceae.

2.1. Abstract

Potatoes are one of the most important crops for humans, since they contain significant nutritional and antioxidant properties. In addition to being rich in nutrients, native potatoes have natural antioxidants (carotenoids, flavonoids and anthocyanins), which play a fundamental role in health and industry. In Ecuador, potatoes are the main crop grown in the northern highlands. In Ecuador, there are about 400 varieties grown in plots of 0.1 to 0.5 ha above 3200 m.a.s.l. At this altitude, the strong solar radiation and organic Andean soils give these products their special naturalness. A study was conducted in Loja to assess the effects of fertilization on anthocyanin content and morphological growth parameters during vegetative development of two native potato genotypes (*Solanum tuberosum* L.). A completely randomized field trial was conducted in which nine treatments and three replications were used; the factors considered were fertilization (3 levels) and potato genotype (2 levels). The anthocyanin variable was evaluated when the plant reached flowering. Morphological variables such as height, plant diameter was measured every 7 days, leaf area at the moment the plant reached flowering. PH and electrical conductivity were evaluated every 10 days. Based on a statistical analysis, genotype 2 (black potato) and fertilization influenced height and diameter directly, with treatment 4 (black+sulfur) having the best results. The other variables of pH and electrical conductivity responded positively to fertilization levels in all treatments, making alkaline soils. With magnesium and sulfur-based fertilization, which affect anthocyanin content, the black potato crop performs better than other potato varieties.

Keywords: Antioxidants, vegetative development, nutrition, solanaceae.

3. Introducción

En la zona andina, la papa es el segundo cultivo más importante después del maíz, siendo un componente importante de la canasta básica (FAO, 2018). Actualmente, la papa ha conquistado los lugares más remotos del planeta; si bien es cierto que no en todas partes se le somete a intensa explotación y cultivo, por lo menos ya es aceptada en Asia, África, Oceanía y otros lugares (Rios, 2010).

Hasta el año 2019, se ha producido alrededor de 358 000 toneladas de papa a nivel nacional, así mismo, se ha alcanzado un rendimiento de 12,37 t/ha y el área cosechada ha sido de 30 164 ha. En sí, los objetivos del agricultor es producir un cultivo con alto rendimiento, de buena calidad y que satisfaga las necesidades del mercado al cual se dirige. En este sentido, la productividad y calidad del cultivo, está determinado tanto por el genotipo del material utilizado como semilla y las condiciones ambientales presentes en la zona a cultivar. (Cortéz, 2017)

Ramos (2015), menciona que las provincias con más producción son: Carchi, Chimborazo, Cañar, Cotopaxi, Pichincha, Azuay y Loja. Además, los ingresos de cientos de miles de familias, incluyendo productores, comerciantes, procesadores, entre otros dependen del cultivo de la papa. Por otra parte, variedades nativas de papa han sido reemplazadas por variedades mejoradas o comerciales que tienen rendimientos más altos y mayores oportunidades de mercado. Hoy en día, gran parte de la población desconoce la existencia de la papa nativa y es considerada como un cultivo endémico. El incipiente desarrollo comercial e industrial de la papa nativa se debe al desconocimiento de sus características sensoriales y nutricionales. Por ello es de gran importancia desarrollar investigaciones que destaquen y permitan mostrar las cualidades organolépticas, nutricionales y funcionales de la papa nativa a los potenciales consumidores y procesadores (Fernández, 2020).

Las antocianinas son un grupo de pigmentos polifenólicos que se encuentran ubicuamente en el reino vegetal. En las papas, las antocianinas sirven para atraer polinizadores y dispersar plagas, pero además están relacionadas con la protección contra diversos estreses abióticos y bióticos. La concentración de estos antioxidantes en los tubérculos de papa se ve afectada por factores tales como el genotipo, ambiente, manejo agronómico del cultivo y procesos postcosecha (André *et al.*, 2009).

Moreno *et al.* (2015) señalan que existen variedades con pulpa y piel amarilla, roja, rosada y morada, que tienen contenidos importantes de carotenoides, antocianinas y solaninas, antioxidantes naturales. Diferentes estudios evidencian los efectos adversos de los mismos en altas concentraciones que pueden ser potencialmente dañinos para humanos y a su vez estos poseen propiedades beneficiosas para la salud que los hace convenientes para su uso en la industria farmacéutica.

Las antocianinas pueden perder color durante el calentamiento, porque el equilibrio se desplaza hacia las formas incoloras carbinol y chalcona. Por lo tanto, la estabilidad de las antocianinas en relación con las variaciones de pH y la temperatura es uno de los principales problemas de estudio químico en matrices alimentarias (Rojano *et al.*, 2012).

Entre los factores agronómicos, la fertilización es importante porque un manejo equilibrado de nutrientes asegura que las plantas puedan alcanzar su genética potencial reflejado en los parámetros de calidad y rendimiento (Gómez, 2005). Esto, convierte a este factor como uno de los más importantes en el manejo de cultivo de papa que brinda beneficios en el cultivo, como corregir insuficiencias, retocar los beneficios por unidades de cultivo, además mejora el desarrollo en todas sus fases fenológicas.

Un adecuado suplemento de Mg y S es esencial para el rendimiento y calidad del tubérculo, especialmente si tienen como destino el procesamiento industrial. Silva *et al.* (2020) establecieron que durante la etapa vegetativa inicial el Mg se acumula principalmente en la parte aérea, sin embargo, al iniciar la tuberización la mayor del nutriente es movilizado para el crecimiento de los tubérculos y acumulación de antocianina. Resultados positivos de un adecuado aporte de S sobre el rendimiento del cultivo de papa han sido reportados por diversos autores (Muthanna *et al.*, 2017; Roy *et al.*, 2014) Aplicaciones de S entre 34 y 60 kg han aumentado significativamente el rendimiento y calidad del tubérculo. En plantas de papa con déficit de nutrientes se ha observado una baja utilización de nitrógeno, fósforo y potasio, así como menor peso seco en los tubérculos y bajo contenido de aminoácidos, especialmente la disminución de antocianinas.

A partir de los anterior se plantearon los siguientes objetivos:

3.1. Objetivo general

Determinar el efecto de la fertilización sobre el contenido de antocianina y parámetros morfológicos de crecimiento durante el desarrollo vegetativo de dos genotipos de papa nativa (*Solanum tuberosum* L.), en la ciudad de Loja.

3.2. Objetivos Específicos

- Establecer el efecto que ejerce el azufre y el magnesio sobre el contenido de antocianina durante el desarrollo vegetativo de dos genotipos de papa nativa (*Solanum tuberosum* L.).
- Evaluar el efecto del azufre y el magnesio sobre parámetros morfológicos de crecimiento durante el desarrollo vegetativo de dos genotipos de papa nativa (*Solanum tuberosum* L.).
- Identificar el impacto de la fertilización sobre el pH y la conductividad eléctrica del suelo.

4. Marco Teórico

4.1. Origen del cultivo de papa.

La papa es originaria de la zona limítrofe entre Perú y Bolivia, próxima al lago Titicaca, a altitudes mayores de 3500 m, de donde provienen numerosas especies silvestres y cultivadas. Con la llegada de los españoles la papa pasó a Europa y de allí a todo el mundo (Terranova 2010). La adaptabilidad de la papa a diversas condiciones de temperatura, fotoperiodismo, suelos entre otros y de producir desde los 80 o 90 días en adelante, han hecho que se haya estudiado, en especial fuera de América, y que hoy aparezca junto al trigo y maíz con muchos antecedentes bibliográficos (INIAP, 2014).

4.2. Clasificación Taxonómica

Zhio (2011) describe que la papa pertenece a las siguientes categorías taxonómicas:

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta.

Clase: Magnoliopsida.

Subclase: Asteridae.

Orden: Solanales.

Familia: Solanaceae.

Género: *Solanum*.

Especie: *Solanum tuberosum* L.

4.3. Descripción botánica

4.3.1. Brote

El brote es un tallo que se origina en el “ojo” del tubérculo. El tamaño y apariencia del brote varía según las condiciones en los que se ha almacenado el tubérculo. Está constituido por: lenticelas, pelos, yema terminal, yema lateral, nudo y primordios radiculares (Egusquiza, 2010)

4.3.2. Planta

La planta es vigorosa, tiene un desarrollo bastante rápido, cubre bien el terreno. Tamaño medio, tallos en número de cuatro, color morado con pigmentación verde, presencia de alas dentadas, entrenudos largos y manifiestos, ramificación basal (INIAP, 2011)

4.3.3. Raíz

La raíz es la estructura subterránea responsable de la absorción de agua. Se origina en los nudos de los tallos subterráneos y en conjunto forma un sistema fibroso, las raíces de la papa son de menor profundidad, son débiles y se encuentran en capas superficiales (Egusquiza, 2010)

4.3.4. Hojas

Según el INIAP (2011), las hojas son compuestas, imparipinnadas, color verde intenso, abiertas, débilmente diseccionadas, con tricomas en haz y envés, tamaño medio, cuatro pares de folíolos primarios unidos por un peciolo, que se alternan con un par de hojuelas entre ellos. El mismo autor menciona que las hojas carecen de hojuelas entre peciolos, el folíolo terminal es mediano, asimétrico, ovado con el ápice agudo y pseudo estípulas medianas.

4.3.5. Flor

Las flores son abundantes a moderadas, inflorescencia cimosa con pedúnculo, presencia de hoja en formación en la base del ramillete floral. Cáliz: cinco sépalos morados con pigmentación verde, acuminado y pubescente. Corola: cinco pétalos, rotada, morada y tamaño medio. Estambres: anteras amarillas y largas. Pistilo: verde, con estigma más largo que las anteras. Con alta fertilidad como hembra o macho (INIAP, 2011).

4.3.6. Fruto y semilla

El fruto o baya de la papa se origina por el desarrollo del ovario. La semilla conocida también como semilla sexual, es el óvulo fecundado, desarrollado y maduro. El número de semillas por fruto puede variar desde cero hasta 400 (Egusquiza, 2010).

4.3.7. Tubérculo

Los tubérculos son de forma oblonga, piel de color rosado intenso, sin color secundario, pulpa amarilla. Ojos superficiales y bien distribuidos. La dormancia de la semilla es de 120 días (Cuesta, 2006). La formación del tubérculo es consecuencia de la proliferación del tejido de reserva que estimula el aumento de células hasta un factor de 64 veces; el tubérculo de papa es el tallo

subterráneo especializado para el almacenamiento de los excedentes de energía (almidón) (Cuesta, 2006)

4.4. Fases fenológicas

El ciclo fenológico del cultivo de papa se puede dividir en 6 fases, iniciando desde la fase de emergencia o brotación (fase 1), hasta la fase de maduración, cosecha (fase 6). La duración del ciclo fenológico está determinada por la variedad y las condiciones agroclimáticas de cada una de las regiones productivas.

4.4.1. Fase I. Emergencia

Periodo comprendido entre la siembra y la emergencia de las plántulas (10 días), durante esta fase la plántula sobrevive de las reservas contenidas en el tubérculo-madre (Arciniega, 2007)

4.4.2. Fase II. Estolonización

Periodo comprendido entre la emergencia y el desarrollo de estructuras diferenciadas denominadas estolones (20 días). Los estolones crecen a partir de yemas axilares (crecimiento horizontal), el número de estolones es proporcional al número de yemas axilares presentes en el tallo (Arciniega, 2007).

4.4.3. Fase III. Tuberización

La formación de los tubérculos de la papa es acompañada por alteraciones morfológicas y bioquímicas en la planta. La producción de tubérculos es fuertemente relacionada con un grado de estímulos involucrados durante la fase de inducción (30 a 40 días); es decir residuo de foto asimilada, la planta debe estar en su máximo desarrollo vegetativo (mayor índice de área foliar). (Arciniega, 2007)

4.4.4. Fase IV. Crecimiento de los tubérculos

El crecimiento de los tubérculos presenta un carácter exponencial, o sea la proporción de asimilados exportados por las hojas se duplica, siendo dirigida la mayor parte a los tubérculos. En este estado la planta se encuentra en su máximo desarrollo vegetativo (60 días) el aumento de la materia seca se debe a la translocación de los carbohidratos de la hoja para los órganos de reserva (Arciniega, 2007).

4.4.5. Fase V. Maduración

La maduración de los tubérculos se presenta cuando la cáscara o piel se encuentra en su grado máximo, en términos de brillo presenta mayor capacidad de almacenamiento y una piel (peridermo) más gruesa (Arciniega, 2007).

4.4.6. Fase VI. Senescencia.

El amarillamiento de las hojas, consecutivamente la mayor cantidad de hojas de un color amarillo, seguido de un color marrón en un 50 % de follaje, posteriormente la muerte de hoja, tallos blanquecinos, y secos (Parra, 2022)

4.5. Requerimientos del cultivo

4.5.1. Clima

La papa se cultiva en altitudes superiores a 2 800 msnm. indica que al efectuar la plantación la temperatura del suelo debe ser superior a los 7°C, con unas temperaturas nocturnas relativamente frescas. El frío excesivo perjudica especialmente a la papa, ya que los tubérculos quedan pequeños y sin desarrollar. Si la temperatura es demasiado elevada afecta a la formación de los tubérculos y favorece el desarrollo de plagas y enfermedades (INIAP, 2011).

4.5.2. Humedad

Según Franco (2002) la humedad relativa moderada es un factor muy importante para el éxito del cultivo. La humedad excesiva en el momento de la germinación del tubérculo y en el periodo desde la aparición de las flores hasta la maduración del tubérculo resulta nociva. Una humedad ambiental excesivamente alta favorece el ataque de Mildiú, por tanto, esta circunstancia habrá que tenerla en cuenta.

4.5.3. Suelo

La papa crece mejor en suelos profundos con buen drenaje, de preferencia francos y franco arenosos, fértiles y ricos en materia orgánica. La papa puede ser sembrada en suelos arcillosos de buena preparación y buen drenaje. El pH ideal del suelo para el cultivo de papa está entre 4,5 y 7,5 (Villafuerte, 2011)

4.5.4. Temperatura

Requiere clima frío o fresco para su producción; las temperaturas óptimas para su desarrollo y tuberización se encuentran entre los 15 y los 25 °C. La planta de papa es

termoperiódica, necesita una variación de 10 °C entre la temperatura diurna y la nocturna, si la variación es menor, la planta no crece bien y el rendimiento se reduce (Villafuerte, 2011)

4.5.5. Altitud

El cultivo se adapta bien a alturas comprendidas entre 1000 a 2400 m.s.n.m. En el país, una parte importante de la producción de papa se produce en el subpáramo, actualmente existe un desplazamiento del cultivo hacia el páramo, con el consiguiente deterioro ambiental y el riesgo de pérdida del cultivo por heladas (Romero, 2013)

4.5.6. Vientos

Los vientos deben ser moderados, debido a que la planta de papa no resiste vientos con velocidades mayores a 20 km/h, porque causan daño y pérdidas en la producción (Romero, 2013)

4.5.7. Luz

Romero (2013) opina que cuanto mayor es la intensidad de luz mayor es la fotosíntesis, esta intensidad depende del ángulo de incidencia de los rayos y de la nubosidad del cielo. La cantidad de luz que recibe la planta tiene gran influencia en la tuberización y la duración del crecimiento vegetativo.

4.6. Fertilización en cultivo de papas

En el cultivo de papa se requieren altos niveles de fertilización, especialmente Nitrógeno, Fósforo, Potasio y Azufre que permitan a la planta expresar su mejor rendimiento, calidad y resistencias a condiciones adversas, cambios bruscos de temperatura, estrés hídrico y enfermedades (Kramm, 2017).

4.6.1. Nitrógeno

Es el nutriente que más influye en el rendimiento y la calidad de los tubérculos; interviene en la fotosíntesis, forma parte de las proteínas, ácidos nucleicos y vitaminas. Una falta de nitrógeno produce escaso desarrollo de la planta y da clorosis en el tejido foliar (Coro, 2015).

4.6.2. Fósforo

Es esencial para el crecimiento de las plantas, participa en la fotosíntesis, la transferencia de energía, y en la síntesis y degradación de los carbohidratos. Contribuye a la resistencia de enfermedades y acelera la madurez del tubérculo. La deficiencia de fósforo durante el cultivo

produce síntomas de senescencia temprana en la parte aérea de la planta y reduce el rendimiento y la calidad de los tubérculos (Coro, 2015)

4.6.3. Potasio

Participa en la fotosíntesis y en la síntesis de proteínas; realiza la estabilización del pH, turgencia y osmorregulación, que son condiciones importantes para el metabolismo de las plantas. Exceso de potasio en el suelo bloquea la fijación del magnesio y calcio. La deficiencia de potasio disminuye el crecimiento y el peso de los tubérculos, da clorosis o amarillamiento en bordes de las hojas maduras, posteriormente hay necrosis y defoliación (Zuñiga, 2011)

4.6.4. Calcio

Es necesario para la división y crecimiento celular, juega un papel importante en la absorción de nutrientes y diversos procesos metabólicos. Las plantas con deficiencia de calcio presentan folíolos enrollados hacia arriba y con clorosis. Los tubérculos muestran necrosis difusa de color castaño en el anillo vascular y manchas de media luna en la médula (Zuñiga, 2011)

4.6.5. Magnesio

Es componente de la molécula de clorofila y de los pectados en la pared celular, participa en reacciones de metabolismo energético, en síntesis, de compuestos del núcleo, cloroplasto y ribosoma. Cumple un rol catalítico y con el balance eléctrico. La deficiencia de magnesio se expresa como una clorosis intervenal que empieza en hojas adultas. No se conocen síntomas de exceso de magnesio (Zuñiga, 2011)

4.6.6. Azufre

Constituye parte de los aminoácidos azufrados, cistina, cisteína y metionina de las proteínas. Es constituyente de la tiamina, biotina y de la coenzima A y participa en el metabolismo de azúcares, grasas y proteínas. El efecto por deficiencia de azufre es parecido a la deficiencia de nitrógeno, da clorosis general, los síntomas aparecen primero en hojas jóvenes. No se indican efectos negativos en la planta por exceso de azufre (Gonzalez, 2015)

4.7. Cultivo de papa en el Ecuador

En Ecuador es uno de los principales cultivos con más de 82 000 agricultores involucrados. La producción está orientada principalmente para consumo interno, aproximadamente el 81 % se comercializa para consumo en fresco y las industrias utilizan el resto para procesamiento (INIAP,

2011). La siembra y cosecha de papa se la realiza todo el año. Las papas frescas son virtualmente libres de grasa y colesterol. En el Ecuador el INIAP mantiene la mayor colección de papas nativas, se estima en 550 variedades, las cuales presentan gran variación para diferentes caracteres morfológicos, agronómicos y de calidad (INIAP, 2011; INIAP, 2014).

4.8. Zonas de producción en el país

Zona norte: Carchi e Imbabura. Las variedades más importantes son: Superchola, Diacol-Capiro, Rosada, Roja, Parda, Violeta y Única (INIAP, 2014).

Zona centro: Pichincha, Cotopaxi, Tungurahua, Bolívar y Chimborazo. Las variedades más cultivadas son: INIAP- Gabriela, INIAP-Natividad, INIAP-Cecilia, INIAP-Fripapa, INIAP-Santa Catalina, Superchola, Yema de huevo, Uvilla y Leona blanca (INIAP, 2014).

Zona sur: Cañar, Azuay y Loja, las variedades preferidas son: Bolona, Jubaleña, Suscaleña, Uvilla, Carrizo, Chauchas, INIAP-Santa Catalina, INIAP-Fripapa y Superchola (INIAP, 2014).

4.9. Variedades de papas nativas

En el Ecuador se estima que existen alrededor de 350 variedades de papas nativas que presentan diversidad de formas, colores y tamaños, las más conocidas son: Uvilla, Yema de huevo, Leona negra, Coneja negra, Coneja blanca, Puña, Calvache, Chaucha roja y amarilla, Santa Rosa y Carrizo (Toledo, 2016).

4.10. Características de las variedades nativas

- Tienen formas exóticas y colores llamativos.
- Excelente sabor y textura (calidad y cantidad de almidones).
- Toleran condiciones adversas (sequías, suelos con baja fertilidad, heladas).
- Aportan cantidades importantes de proteínas, fibra y minerales.
- Contenido de grasa es semejante al de frutas y verduras.
- Debido a los volúmenes limitados de comercialización, registran mejores precios que las variedades mejoradas, dependiendo del tamaño y calidad de los tubérculos (Ríos, 2016).

4.11. Variedades de papa nativa escogidas para el proyecto de tesis

4.11.1. Variedad de papa nativa Chaucha amarilla alargada

Son plantas de desarrollo rápido, cubre bien el terreno, planta vigorosa; las hojas son pequeñas de color verde, tipo abiertas; con ocho folíolos primarios ovales y un terminal; las flores se presentan en cantidad moderada, la inflorescencia es cimosa; cáliz compuesto de cinco sépalos de color blanco y cinco pétalos rotados, color rojo morado claro, tamaño medio. Los tubérculos son de forma ovalada, tamaño de medianos a grandes, piel roja y lisa, sin color secundario, ojos medianos, pulpa amarilla intensa, brotes vigorosos (Paca, 2009).

4.11.2. Variedad de papa nativa negra o yema de huevo

La papa negra o patata negra es una de las mejores patatas del Ecuador. Pertenece a la subespecie *Solanum chaucha* o papa negra yema de huevo. Por fuera, tiene tonalidad amarronada y forma redondeada, un tanto irregular, con algunos agujeritos violáceos. Al corte muestra una pulpa amarilla. Su textura resulta carnosa y a la vez cremosa, aúna cuerpo y volatilidad. Tiene un sabor muy peculiar y pronunciado, ligeramente dulce que recuerda a la castaña (Torres *et al*, 2011).

4.12. Origen de las antocianinas

Las antocianinas (del griego ἀνθός (anthos): ‘flor’ + κυανός (kyáneos): ‘azul’) son pigmentos hidrosolubles que se hallan en las vacuolas de las células vegetales y que otorgan el color rojo, púrpura o azul a las hojas, flores y frutos (Fernández, 2019)

El término antocianina fue propuesto en 1835 por el farmacéutico alemán Ludwig Clamor Marquart (1804-1881) para describir el pigmento azul de la col lombarda (*Brassica oleracea*). No obstante, las antocianinas no sólo incluyen a los pigmentos azules de las plantas sino también a los rojos y violetas. Las antocianinas pueden confundirse con los carotenoides, que también le dan color a las flores y hojas, pero a diferencia de las antocianinas, estos no son solubles en agua, sino que están adosados a las proteínas de los cloroplastos. Los carotenoides dan colores rojo-anaranjados o amarillos, mientras que las antocianinas dan un abanico de colores (Fernández, 2020)

4.13. Estructura de las antocianinas

La estructura de la antocianina es el 2- fenilbenzopirilio de la sal de flavilio. Las antocianinas existen como glucósidos de polihidroxi/polimetoxi derivado de la sal. Cuando el

residuo de azúcar es hidrolizado de la antocianina, el resultado es la aglicona, conocida como antocianina (Bonilla I. , 2014)

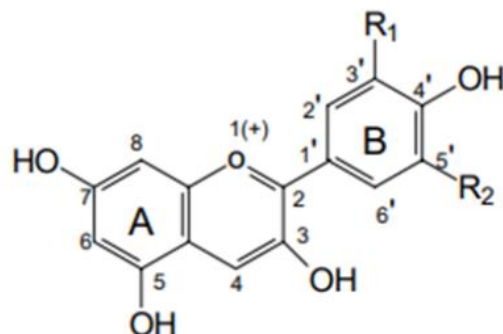


Figura 1. Estructura y sustituyentes de las antocianinas

Fuente: Bonilla (2014).

4.14. Estabilidad de las antocianinas

Las antocianinas son compuestos lábiles y su estabilidad es muy variable en función de su estructura y la composición de la matriz en la que se encuentran y se ve afectada por el pH, temperatura de almacenamiento, presencia de enzimas, luz, oxígeno, estructura y concentración de las antocianinas, y la presencia de otros compuestos tales como otros flavonoides, proteínas y minerales.

- a. **pH:** Uno de los principales factores del medio que afecta la estabilidad del color de las antocianinas es el pH. Dependiendo del pH las antocianinas pueden existir en cuatro especies diferentes: base quinoidal, catión flavilio, pseudobase carbinol y chalcona. En soluciones muy acidas ($\text{pH} < 0,5$) el catión flavilio rojo es la única estructura. Con incrementos de pH la concentración del catión decrece al mismo tiempo que la hidratación da lugar a la base de carbinol incolora. Entre pH 4 y 5.5 habrá poco color, debido a que las dos formas coloreadas estarán en bajas concentraciones (Bonilla I. , 2014).
- b. **Temperatura:** La estabilidad de las antocianinas, así como, el grado de degradación de las mismas esta marcadamente influenciado por la temperatura. La estabilidad

térmica de estos compuestos varía de acuerdo con su estructura, pH, presencia de oxígeno y la interacción con otras moléculas. De forma general, las características estructurales que conllevan a un incremento de la estabilidad en función del pH también llevan a una estabilidad térmica (Hendry y Houghton, 1992). Así tenemos que antocianinas altamente hidrolizadas son menos estables que las metiladas, glucosiladas o asiladas (Bonilla, 2014)

- c. **Pigmentación:** La copigmentación se define como un fenómeno por el cual el color de las antocianinas se vuelve más azul, brillante y estable, debido a la interacción entre diferentes sustancias orgánicas y las antocianinas (Osawa, 1982) refiriéndose específicamente como copigmentación intermolecular (Bonilla , 2014)

5. Metodología

5.1. Ubicación

El trabajo de investigación se desarrolló en la Quinta Experimental Docente “La Argelia” de la Universidad Nacional de Loja, Ubicada entre las latitudes Sur: 03°19'49" y 04°45'00"Norte a 6 Km al sur de la ciudad de Loja, parroquia Punzara, cantón y provincia de Loja, como se observa en la Figura 2.

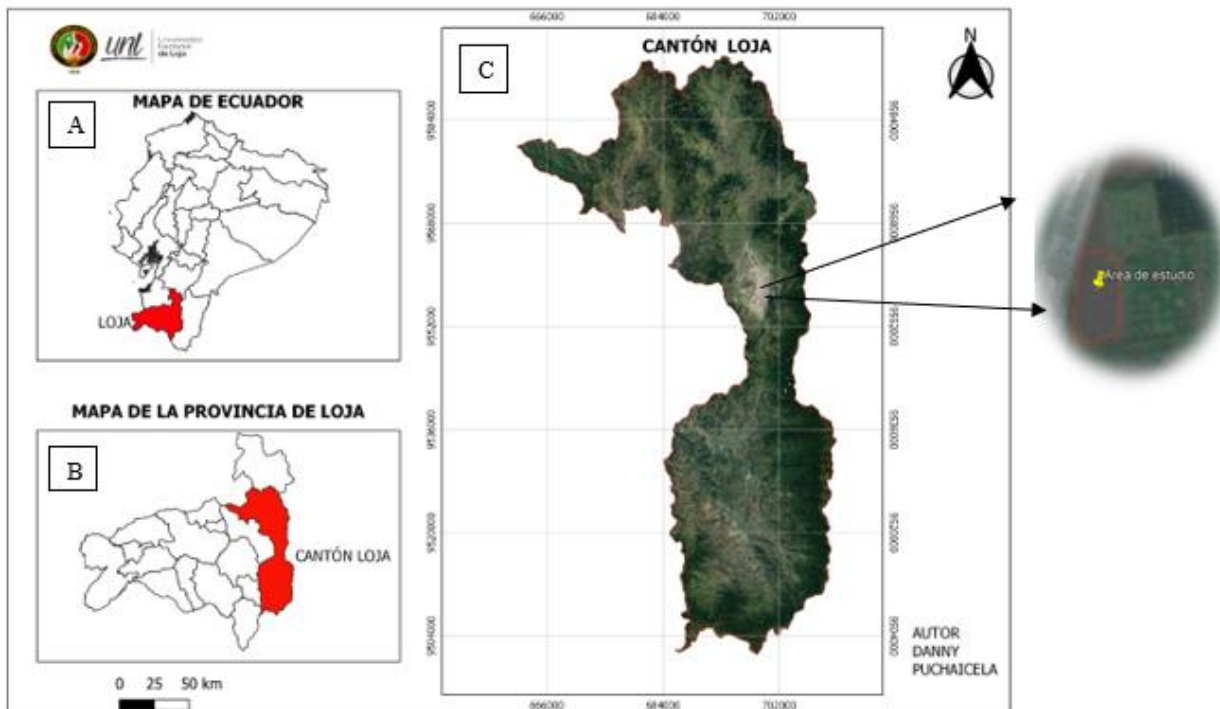


Figura 2. Mapa de ubicación del estudio realizado sobre el efecto de fertilización de papa. Mapa de la República del Ecuador (A). Mapa de la provincia de Loja (B). Mapa de ubicación de la parcela de estudio (C).

5.2. Tipo de investigación

El proyecto de investigación se realizó de manera cuantitativa, recopilando datos correspondientes para los respectivos análisis estadísticos para establecer resultados y conclusiones generalizadas y específicas.

5.3. Diseño experimental

El diseño experimental que se utilizó un diseño de bloques completamente al azar con arreglo bifactorial (DBCA).

A continuación, se presenta un desglose de los componentes del diseño experimental:

1.- Tratamientos: 6 tratamientos.

2.- Repeticiones: 3 repeticiones.

3.- Unidades experimentales: 18 parcelas de 4,80 m de ancho y 2,80 m de largo con un total de 13.44 m².

4.-Factores

Genotipo: Variedad de papa nativa (Negra)

Variedad de papa nativa (Chola)

Fertilización:

a.- Control: Fertilización de acuerdo a los requerimientos del cultivo (Tabla 1)

b.- Azufre: Fertilización base, de acuerdo con el requerimiento del cultivo, duplicación de la dosis de azufre.

c.- Magnesio: Fertilización base, de acuerdo con el requerimiento del cultivo, duplicación de la dosis de magnesio.

Tabla 1. Requerimiento nutricional en el cultivo de papa

Requerimiento nutricional del cultivo					
Nivel	N	P2O5	K2O	S	Mg
Bajo	150 - 200	300 - 400	100 - 150	40 - 60	40
Medio	100 - 150	200 - 300	60 - 100	20 - 40	-
Alto	50 - 100	60 - 200	30 - 60	1 - 20	25

Fuente: Valverde, (1998)

El esquema del diseño experimental dispuesto en campo se muestra en la figura 3; el delineamiento del ensayo se describe en la Tabla 2.

Tabla 2. Tratamientos utilizados en la evaluación de genotipos de cultivo de papa.

Tratamiento	Simbología	Genotipo	Fertilización
1	nn	Chola	Base
2	nn	Chola	Base+ Mg
3	nn	Chola	Base+ S
4	nn	Negra	Base
5	nn	Negra	Base+ Mg
6	nn	Negra	Base+ S

Nota: **T1:** genotipo 1 (papa chola), fertilización 1 (Azufre); **T2:** genotipo 1 (papa chola), fertilización 2 (Magnesio); **T3:** genotipo 1 (papa chola), fertilización 3 (Control); **T4:** genotipo 2 (papa negra), fertilización 1 (Azufre), **T5:** genotipo 2 (papa negra), fertilización 2 (Magnesio), **T6:** genotipo 2 (papa negra), fertilización 3 (Control).

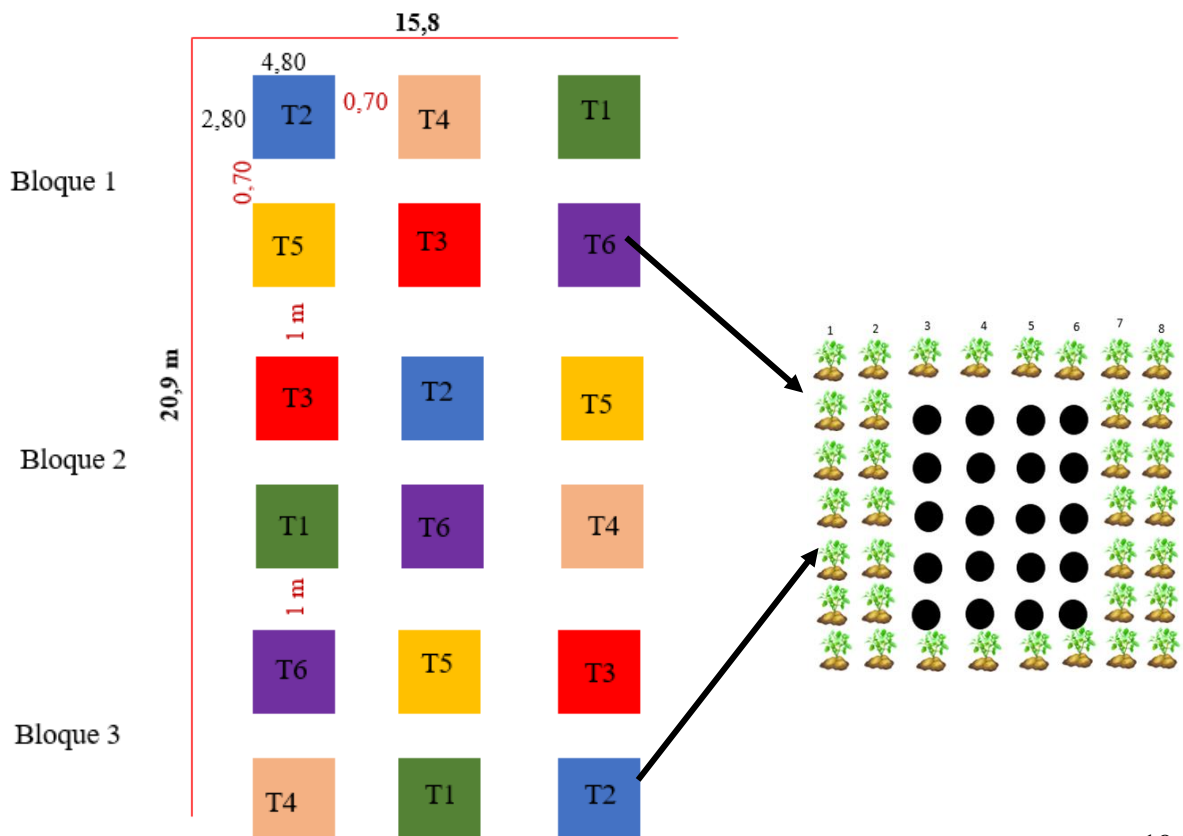


Figura 3. Esquema de diseño experimental de campo. Diseño en bloques completamente al azar con arreglo bifactorial, cada color representa el tratamiento.

5.4. Modelo matemático del diseño experimental.

El modelo matemático del diseño experimental es el siguiente:

Modelo matemático

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \gamma_k + E_{ijk}$$

Donde,

Y_{ijk} es la variable respuesta

μ : Media global de la variable respuesta

α_i : Efecto del genotipo (i:1,2)

β_j : Efecto de la fertilización (j:1,2,3)

$(\alpha\beta)_{ij}$: Interacción entre el genotipo y la fertilización

γ_k : Efecto del factor bloque (k: 1,2,3)

E_{ij} ; Error experimental.

5.5. Análisis estadístico

Los datos que se obtuvieron fueron analizados con el software estadístico InfoStat. Primero, se hizo el análisis de supuestos para determinar si existe distribución normal de los datos para cada variable evaluada. Posteriormente, se realizó análisis de varianza, para determinar la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos, tras lo cual se aplicó un Test de Tukey (95%) para determinar el mejor tratamiento.

5.6. Metodología General

5.6.1. Manejo del experimento

El proyecto de tesis se realizó en dos fases tanto de campo como de laboratorio.

En fase de campo se obtuvo la semilla de papa en el cantón Saraguro provincia de Loja, se distribuyó en campo bajo un diseño experimental de bloques completamente al azar con arreglo bifactorial con tres repeticiones, en total 18 unidades experimentales. A partir de los 15 días después de la emergencia se realizó una corrección de deficiencia de nutrientes se calculó datos de N, P, K, Mg y S. Antes de la aplicación de los tratamientos se hizo una corrección con Cal agrícola para que ayude a regular el pH del suelo.

La fase de laboratorio se realizó en el Laboratorio de Aguas, Suelo y Bromatología de la Universidad Nacional de Loja. La extracción de antocianinas de la cutícula del tubérculo de papa y tallos de papa y en el Laboratorio de Análisis Químico se realizó las mediciones de pH y conductividad eléctrica.

5.6.2. Siembra

Se utilizaron dos variedades de papas nativas (Papa negra y Papa chola) con una fecha de plantación 27 de abril de 2022, bajo una distancia de siembra de 0,6 m entre surco y 0,3 m entre planta, colocando dos semillas de papa por golpe (Anexo 1).

5.6.3. Toma de muestras para el análisis de suelo

Para conocer los requerimientos de nutrientes que tenía el suelo, se realizó un análisis químico del suelo, para lo cual se tomaron varias submuestras siguiendo la forma de un zigzag las que se mezclaron y eliminaron las impurezas. En total se enviaron 2,5 kg al Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas y Aguas de la Estación Experimental “Santa Catalina” del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP).

5.7. Labores preculturales

5.7.1. Arado

El Arado se realizó en forma mecánica con la ayuda de un tractor agrícola y con una buena profundidad para permitir que se afloje el suelo, controlar las malezas y mejorar el drenaje (Anexo 2).

5.7.2. Deshierbe químico

Para la eliminación de toda la vegetación se utilizaron herbicidas químicos (Glifosato y amina 2,4D) en una dosis de 180 ml/L de agua que ayudaron a eliminar las malezas (Anexo 3).

5.7.3. Trazado de parcelas

Una vez concluida la preparación del terreno, se procedió al trazado de las parcelas. Se realizaron un total de 18 parcelas con una dimensión de 4,80 metros de ancho y 2,80 metros de largo, separadas con caminos de 0,70 m entre parcelas y 1 m entre bloque (Anexo 4).

5.7.4. Desinfección de la semilla

Antes de ser plantada la papa semilla, se desinfectó con el fungicida llamado Vitavax que permitió controlar *Phytophthora* y *Rhizoctonia*, utilizando la dosis recomendada por el fabricante, diluyéndose en agua para ser utilizada en una bomba de aspersion de 20 litros en los surcos.

5.6.2. Siembra

Se utilizaron dos variedades de papas nativas (Papa negra y Papa chola) con una fecha de plantación 27 de abril de 2022, bajo una distancia de siembra de 0,6 m entre surco y 0,3 m entre planta, colocando dos semillas de papa por golpe (Anexo 1).

5.7.4. Aplicación de tratamientos

La fertilización se realizó el 03 mayo de 2022, estando el cultivo en fase de germinación. Se calculó la cantidad de fertilizantes a utilizar en la fertilización base, a partir de los resultados obtenidos del análisis de suelo. Se aplicaron diferentes tipos de fertilizantes NPK. En cuanto al Sulfato de amonio y sulfato de magnesio se duplico la dosis, esto se hizo para suplementar las cantidades que requería el cultivo y a los 45 días se aplicó la segunda dosis de urea. 2 se presentan los fertilizantes y dosis empleados (Anexo 5).

5.6.3. Toma de muestras para el análisis de suelo

Para conocer los requerimientos de nutrientes que tenía el suelo, se realizó un análisis químico del suelo, para lo cual se tomaron varias submuestras siguiendo la forma de un zigzag las que se mezclaron y eliminaron las impurezas. En total se enviaron 2,5 kg al Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas y Aguas de la Estación Experimental “Santa Catalina” del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP).

5.8. Labores culturales

5.8.1. Deshierba

La primera deshierba se realizó después de 25 días después de la siembra y se continuó, con el objetivo de mantener el suelo libre de malezas, el deshierbe se realizó de forma manual y con la ayuda de un azadón.

5.8.2. Control de plagas

Después de la deshierba, se observó un ataque de mosca blanca en toda la plantación, que, afectando las hojas y los tallos, esto en las dos variedades. El control de mosca blanca se realizó con Cipermetrina que se utilizó 1 ml por cada litro de agua.

5.8.3. Aporque

El aporque se realizó a los 28 días después de la siembra, acción que consiste en acumular tierra en la base del tallo de las plantas y a lo largo de la hilera de las plantas (Anexo 6).

5.8.4. Riego

Se utilizó riego por aspersión a partir del día 35 después de la plantación. Antes de ello, debido a las condiciones climáticas, no fue necesaria su utilización.

5.8.5. Control de enfermedades.

A los 43 días después de la siembra, se observó un leve ataque de *Phytophthora infestans*, principalmente en la variedad negra, por lo cual, se aplicó Oxithane (Mancozeb+ Oxicloruro de cobre) 2,5 gr por litro de agua. La administración se realizó cada 8 días hasta que las plantas manifestaron mejoría. Sin embargo, a los 60 días después de la siembra, se observó un nuevo ataque en la misma variedad, por lo cual, se aplicó un nuevo producto, Ridomil (4gr Metalaxil+ 64 gr Mancozeb) en una dosis de 2,5 g/litro de agua cada 7 días, el cual, controló la enfermedad adecuadamente.

5.8.6. El muestreo

De cada unidad experimental se tomaron 8 plantas centrales al azar para ser evaluadas altura de planta y diámetro del tallo. De esas 8 plantas, se seleccionaron 3 para la evaluación del contenido de antocianinas en el tubérculo y en el tallo. Cada siete días se realizaban las mediciones de altura de planta y diámetro del tallo.

5.6. Metodología para cada objetivo

5.6.1. Metodología para el primer objetivo

Establecer el efecto que ejerce el azufre y el magnesio sobre el contenido de antocianina durante el desarrollo vegetativo de dos genotipos de papa nativa (*Solanum tuberosum* L.).

El análisis del contenido de antocianinas en cultivo de papa nativa se desarrolló en el Laboratorio de Bromatología y Suelos y en el Laboratorio de Análisis Químico de la Universidad Nacional de Loja, mediante lectura ultravioleta utilizando el método de pH diferencial, de acuerdo a Giusti & Wroslstad (2001) que fue modificado y adaptado a la nueva metodología.

5.6.1.1. Preparación de la muestra

Se realizó un lavado previo de los tubérculos de papa seleccionadas y secaron al ambiente durante 12 horas. Se extrajo la piel con ayuda de un cúter evitando tomar el tejido subyacente. Se pesaron 5 gramos de cutícula del tubérculo de papa por unidad experimental; en el caso de las muestras donde se observó menor cantidad de pigmentos (variedad chola) se pesaron 7 gramos de cutícula del tubérculo para asegurar la lectura del espectrofotómetro (Anexo 9-10-11).

Para cuantificar el antociano en las muestras de tallo, estas se secaron en una estufa a 50 °C durante 30 horas, para posteriormente triturarlas con ayuda de un molino, se pesaron y se procedió a la preparación de las muestras.

Se adicionó metanol (CH₃OH) al 70% acidificado con ácido clorhídrico al 1% en una relación 1:7,5 (un gramo de muestra, 7,5 ml de metanol), realizando varias extracciones hasta que el solvente quede translucido (Anexo 12-13).

Se filtró la muestra al vacío con papel Whatman N°1 y se llevó a rotavaporación a 40 °C al vacío hasta tener un extracto viscoso (Anexo 14).

Se realizó una centrifugación de la muestra durante 10 minutos a 3.500 rpm, para eliminar cualquier residuo. El extracto obtenido se aforo y luego se tomaron alícuotas y se colocó en Buffers de pH 1 (Cloruro de Potasio) y pH 4,5 (Acetato de Sodio).

Medición de absorbancias. Se realizó mediciones de absorbancia con pH 1 y pH 4,5 a 520 y 700 nm.

Luego se leyó en el espectrofotómetro UV-Visible y se determinó la absorbancia siguiendo la siguiente fórmula:

$$A = (A_{\lambda \text{ vis-max}} - A_{700})_{\text{pH } 1.0} - (A_{\lambda \text{ vis-max}} - A_{700})_{\text{pH } 4.5}$$

PM peso molecular = 449.2g/mol para cianidina-3-glucosido

DF = Factor de dilución

l = longitud de la celda, cuyo valor generalmente es 1

ϵ (absortividad molar) = 26 900 (para cianidina-3-glucósido) (Giusti & Wroslad, 2001)

*(B. Guerrero, com. pers.)

En la Figura 4, muestra de manera resumida todo el proceso y la metodología que se utilizó para la extracción y cuantificación de los genotipos de papa nativa.

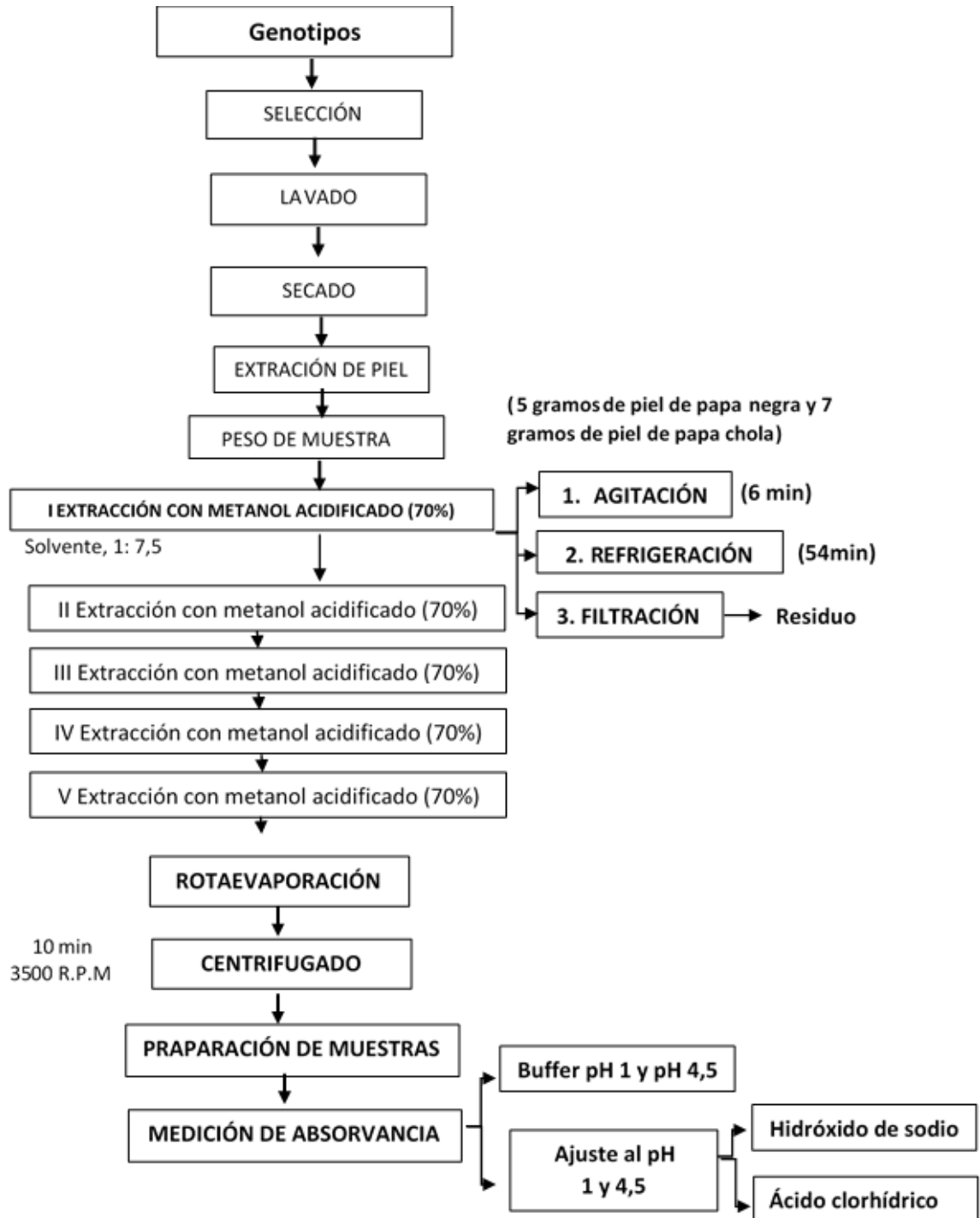


Figura 4. Flujograma de extracción y cuantificación de antocianinas de papa nativa en laboratorio

5.6.2. Metodología para el segundo objetivo

Evaluar el efecto del azufre y el magnesio sobre parámetros morfológicos de crecimiento durante el desarrollo vegetativo de dos genotipos de papa nativa (*Solanum tuberosum* L.).

Las variables que se midieron para este objetivo fueron las siguientes.

5.6.2.1. Fenología del cultivo

Se registró los estadios fenológicos principales de los cultivos usando la escala BBCH, cada cambio de etapa se asignó cuando el 50 % de las plantas de cada parcela cambiaron de un estado a otro.

5.6.2.2. Altura de planta

De cada unidad experimental se seleccionaron 8 plantas centrales, se las etiquetó y con la ayuda de una cinta métrica se midió desde el cuello de la raíz hasta el ápice terminal. Esta medición se realizó cada 7 días hasta que la planta llegó a floración (Anexo 15)

5.6.2.3. Diámetro del tallo

De las plantas seleccionadas y ya etiquetadas, con la ayuda de un calibrador digital se midió el tallo esto se midió en la parte central de la planta.

5.6.2.4. Área foliar

Se tomaron dos plantas por cada unidad experimental cuando el cultivo estaba en floración se las llevó al Laboratorio de Análisis Químico y se quitaron todas las hojas para medición y con la ayuda de un scanner CID se midieron las hojas y se procedió a meter a una estufa durante 48 horas a 70°C pasado el tiempo se las peso.

5.6.3. Metodología para el tercer objetivo

Identificar el impacto de la fertilización sobre el pH y la conductividad eléctrica del suelo.

5.6.3.1. Medición de pH y conductividad eléctrica

Para la medición de pH y conductividad eléctrica en el suelo se tomaron muestras de suelo de las 18 unidades experimentales cada 10 días, y se procedió a llevar al Laboratorio de Análisis Químico de la Universidad Nacional de Loja

Para ello, se recolectaron aproximadamente 50 gramos de suelo para posteriormente se colocaron en vasos precipitados 20 gramos de suelo aproximadamente. Luego, con una probeta se vertió 50 ml de agua destilada y con una varilla de vidrio se removió durante dos minutos.

Se calibro el potenciómetro JENWAY con *buffers* de 4,7,10 hasta que marcó los valores correspondientes. Se esperó durante 5 minutos para que las muestras estén asentadas y con el electrodo del pH metro se obtuvo el valor pH de cada unidad experimental.

Para la conductividad eléctrica de utilizo un calibrador EC/TDS, el cual, se estabilizó con un *buffer* especial hasta que llegó a los 14,5 ms.

Finalmente, obtenido el pH de cada unidad experimental se dejó reposar por 15 minutos las muestras y se midió y se anotó (Anexo 16-17-18).

6. Resultados

6.1. Contenido de antocianinas extraído de la cutícula de tubérculos de papa.

De acuerdo al análisis estadístico realizado el contenido de antocianinas totales en el cultivo de papa nativa no existen diferencias significativas entre los tratamientos, sin embargo, se presentaron diferencias altamente significativas entre los genotipos ($p < 0,0257$; $p \leq 0,05$). La figura 5 muestra que el genotipo 2 (papa Negra) es el que presentó la media más alta (850,42) mientras tanto el genotipo 1 (papa Chola) presentó una media de 397,93.

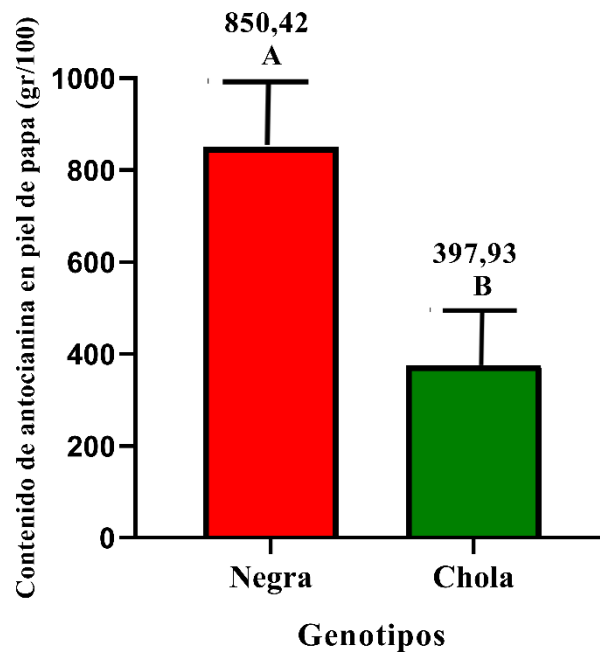


Figura 5. Contenido de antocianina cianidina-3-glucósido (mg de antocianina/100g) extraído de la cutícula de los tubérculos de los dos genotipos. G1 (papa chola), G2 (papa Negra).

*Letras iguales no expresan diferencia estadística significativa mediante prueba de Tukey ($\text{Alfa} < 0,05$). Las columnas del gráfico son las medias, las barras verticales indican el error estándar.

6.2. Contenido de antocianinas extraído del tallo de papa nativa.

Las antocianinas en tallos de papa donde se presentaron diferencias altamente significativas entre los tratamientos ($p < 0,001$; $p < 0,05$). En la figura 6, se visualiza que el tratamiento 4 (negra+azufre) fue el que presentó el mejor resultado.

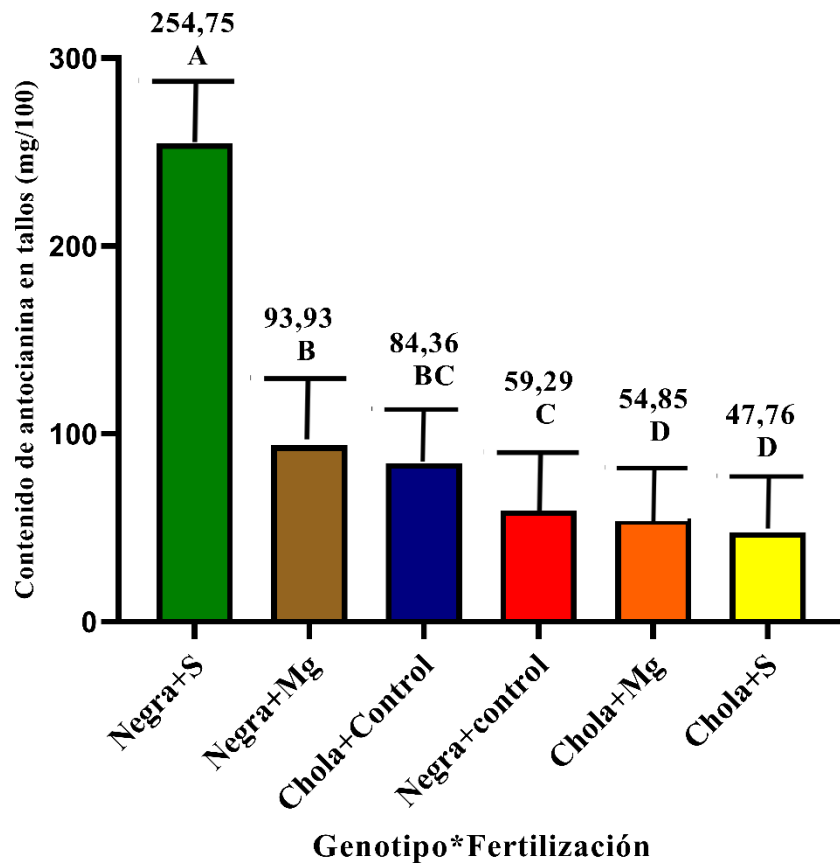


Figura 6. Contenido de antocianina cianidina-3-glucósido (mg de antocianina/100g) extraído en tallos de papa nativa. Tratamiento 1 (chola+azufre), tratamiento 2 (chola+magnesio), tratamiento 3(chola+control), tratamiento 4 (negra+azufre), tratamiento 5 (negra+azufre), tratamiento 6 (negra+azufre).

*Letras iguales no expresan diferencia estadística significativa mediante prueba de Tukey (Alfa<0,05). Las columnas del grafico son las medias, las barras verticales indican el error estándar.

6.2. Estadios fenológicos principales

El ciclo del cultivo llego a los 65 días (2084,77 °Cd) hasta su floración, y no se manifestó diferencia entre los tratamientos. La emergencia de las plántulas se observó alcanzados los 15 dds (326,03 °Cd), y posteriormente el crecimiento longitudinal a los 20 días (626,49°Cd), posteriormente se evidenció el desarrollo de las hojas a los 35 dds (911,10 °Cd). La formación de los brotes fue a los 40 dds (1194,36 °Cd). a los 48 dds se observan ya el desarrollo de las partes vegetativas (1490, 51°Cd). A los 50 dds aparecen las flores en ambos genotipos (1797,11 °Cd) y a los 65 dds es la floración más de 30% de flores abiertas (2084,77 °Cd) (Tabla 4).

Tabla 3. Etapas del desarrollo del cultivo y Acumulación térmica en estadios vegetativos y reproductivos del cultivo de papa.

Etapa	DDS	Etapa fenológica	Descripción de la etapa	Tiempo Térmico (°C)	Tiempo térmico acumulado (°C día)
I	15	Brotación	Germinación-brotación	326,03	326,03
II	20	Crecimiento longitudinal	20% de plantas se tocan entre hileras.	300,46	626,49
III	35	Desarrollo de hojas	Cotiledones completamente desplegados	284,61	911,1
IV	40	Formación de brotes laterales	Primer brote basal	283,27	1194,36
V	48	Desarrollo de partes vegetativas	Formación de tubérculos	296,14	1490,51
VI	50	Aparición de flores	Botones florares de la primera inflorescencia.	306,61	1797,11
VII	65	Antesis	Apertura floral	287,66	2084,77

6.3. Altura de planta

De acuerdo al análisis estadístico, no se manifestaron diferencias significativas entre los tratamientos, sin embargo, se encontraron diferencias altamente significativas entre los genotipos ($p < 0.0466$; $p \leq 0,05$). La figura 7, evidencia que el genotipo 2 (papa Negra) presentó un mejor resultado con una media (59,19).

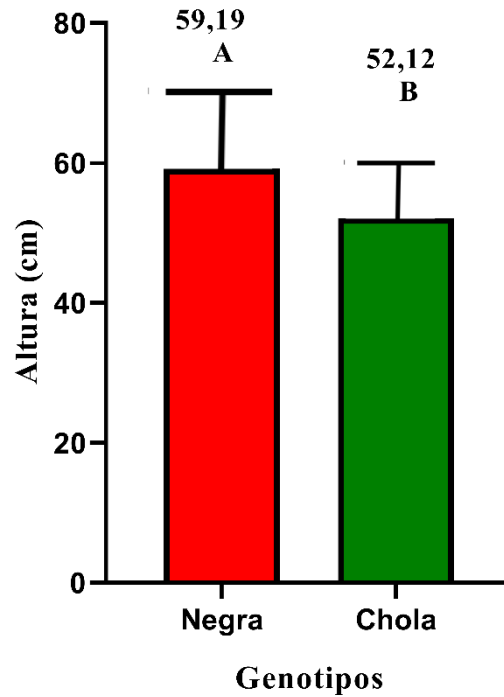


Figura 7. Altura (cm) de los genotipos de papa nativa (*Solanum tuberosum L.*) durante la aplicación de los tratamientos. G1 (papa chola), G2 (papa Negra).

*Letras iguales no expresan diferencia estadística significativa mediante prueba de Tukey (Alfa<0,05). Las columnas del grafico son las medias, las barras verticales indican el error estándar.

6.4. Diámetro de tallo

Se procedió hacer el respectivo análisis estadístico donde hubo un efecto individual de los factores genotipo y fertilización. Figura 9 se observa que el Genotipo 2 (papa Negra) presento diferencias significativas ($p < 0.0468$; $p \leq 0,05$) al genotipo 1 (papa Chola) con una media de (7,26).

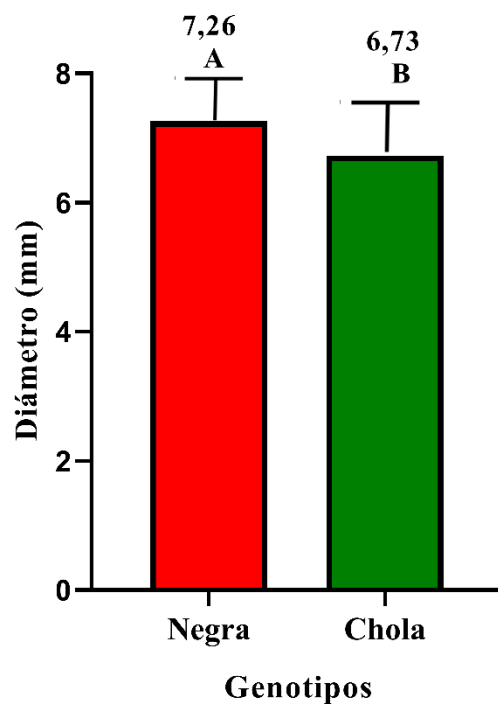


Figura 8. Diámetro (mm) de tallo de plantas de papa nativas (*Solanum tuberosum* L). Variedad Chola y variedad Negra.

*Letras iguales no expresan diferencia estadística significativa mediante prueba de Tukey (Alfa<0,05). Las columnas del grafico son las medias, las barras verticales indican el error estándar.

De igual manera a efectuar los respectivos análisis se encontraron diferencias significativas en el diámetro con la fertilización ($p < 0.0201$; $p \leq 0,05$). En la figura 10 muestra que Fertilización 1 (negra+azufre) es el mejor tratamiento con una media de (7,38).

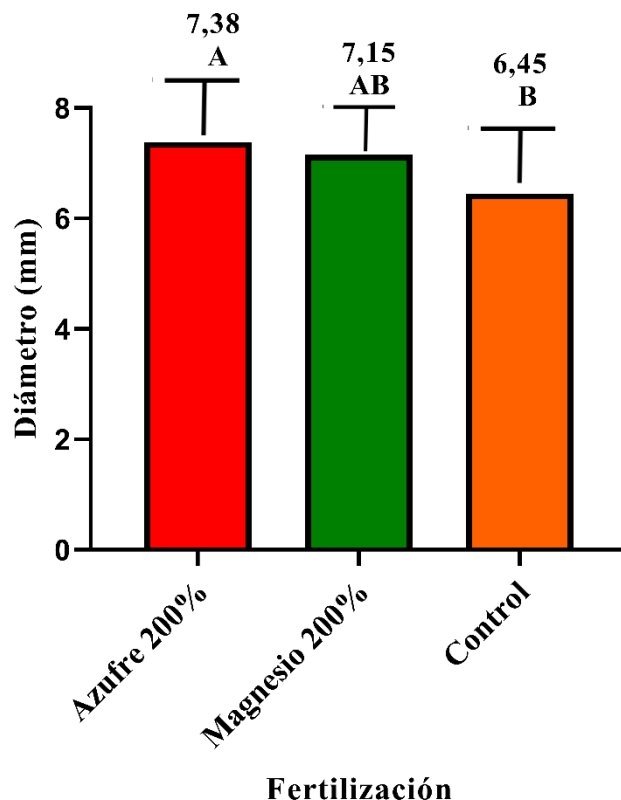


Figura 9. Diámetro (mm) de tallo de plantas de papa de las variedades (chola y negra) en función de la fertilización. Fertilización 1 (Azufre al 200%), fertilización 2 (Magnesio al 200%) y fertilización 3 (requerimientos que el cultivo necesita).

*Letras iguales no expresan diferencia estadística significativa mediante prueba de Tukey (Alfa<0,05). Las columnas del gráfico son las medias, las barras verticales indican el error estándar.

6.5. Área Foliar

El área foliar en el cultivo de papa nativa no presentó diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0,2526$; $p \leq 0,05$). En la figura 13, se observa el área foliar de los tratamientos en donde el tratamiento 4 (negra+azufre) fue superior a tratamiento 5 (negra+magnesio), en cuanto el tratamiento 3 (chola+control) y tratamiento 6 (negra+azufre) se mantuvieron constantes y tratamiento 2 (chola+magnesio) y tratamiento 1 (chola+control) presentaron una menor área foliar.

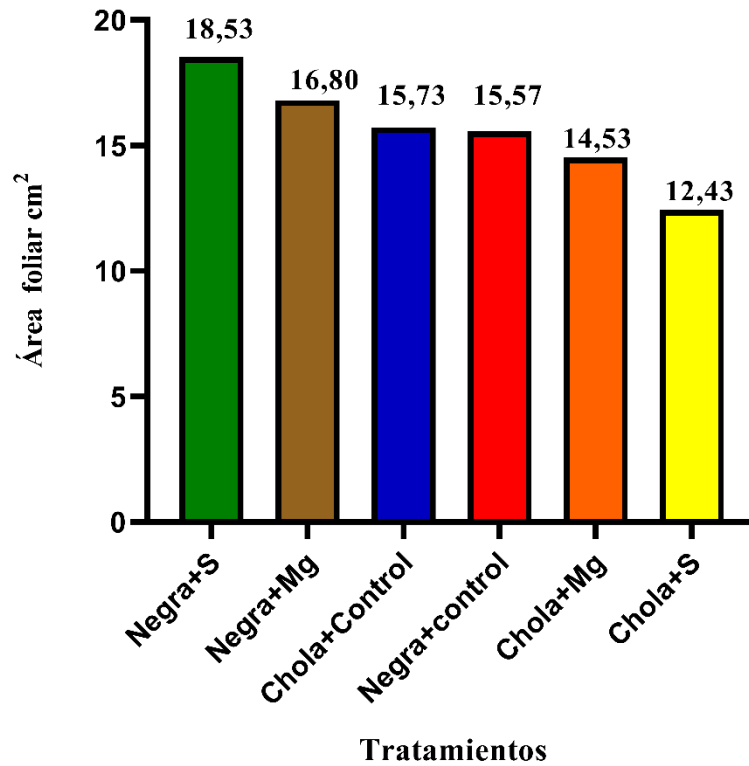


Figura 10. Área foliar (cm²) en plantas de papa nativa variedad chola y negra. Tratamiento 1 (chola+azufre), tratamiento 2 (chola+magnesio), tratamiento 3(chola+control), tratamiento 4 (negra+azufre), tratamiento 5 (negra+azufre), tratamiento 6 (negra+azufre).

6.6. Determinación del pH y conductividad eléctrica (CE)

6.6.1. pH del suelo

Se realizaron análisis estadísticos para la variable de pH, los que indicaron la ausencia de diferencias significativas entre los tratamientos ($p: 0,7649$; $p \leq 0,05$), apreciándose la media mayor para el tratamiento 1 (chola+azufre) con una media de (7,21).

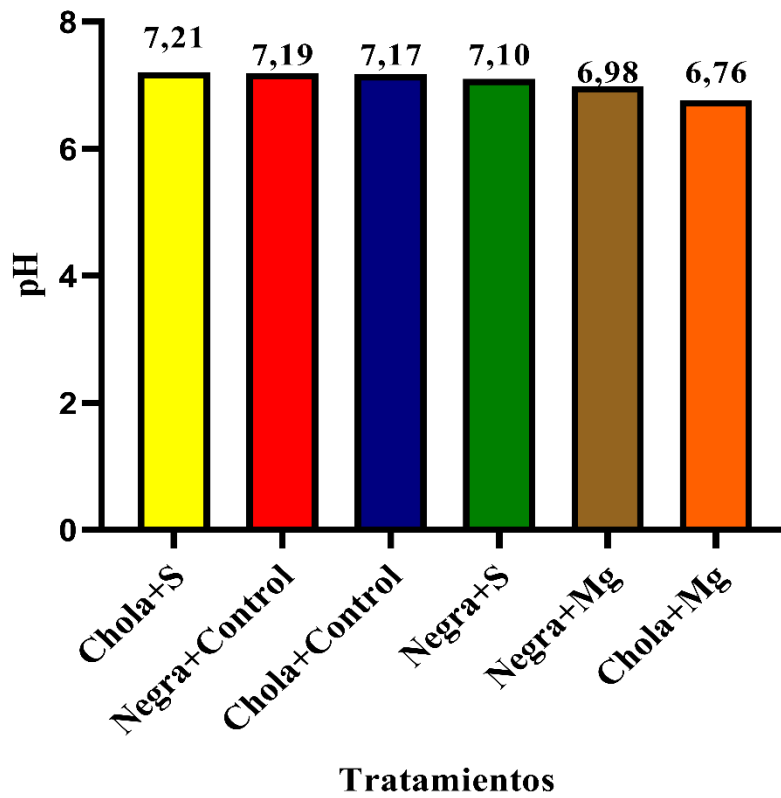


Figura 11. pH del suelo en el cultivo de papa nativa (*Solanum tuberosum* L.) durante la aplicación de tratamiento. Tratamiento 1 (chola+azufre), tratamiento 2 (chola+magnesio), tratamiento 3(chola+control), tratamiento 4 (negra+azufre), tratamiento 5 (negra+azufre), tratamiento 6 (negra+azufre).

6.6.2. Conductividad Eléctrica

La conductividad eléctrica en el cultivo de papa nativa no presentó diferencias significativas ($p:0,5659$; $p \leq 0,05$) entre los tratamientos. Sin embargo, el tratamiento 4 (negra+azufre) tuvo mayor efecto en la conductividad eléctrica. (Figura 16).

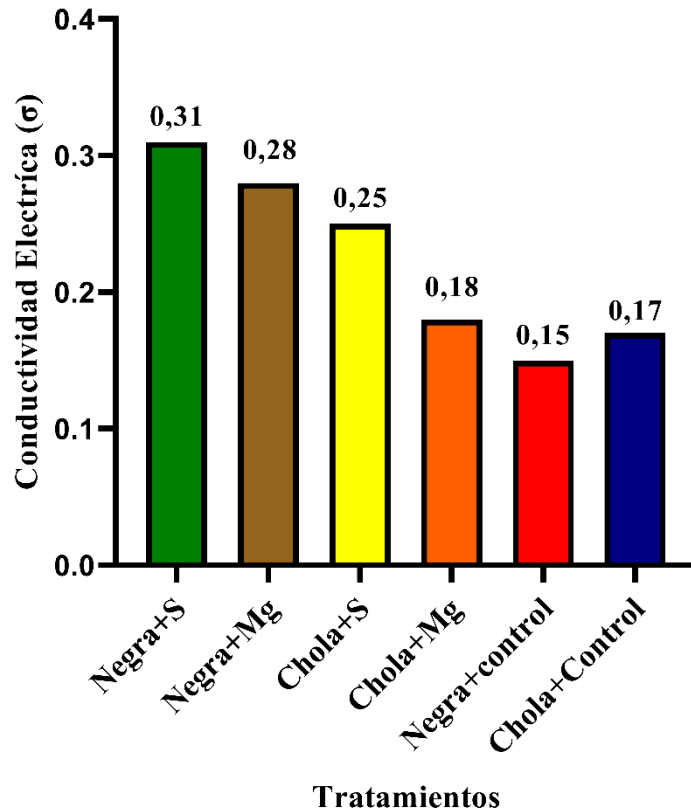


Figura 12. Conductividad eléctrica del suelo en el cultivo de papa nativa durante la aplicación de los tratamientos. Tratamiento 1 (chola+azufre), tratamiento 2 (chola+magnesio), tratamiento 3(chola+control), tratamiento 4 (negra+azufre), tratamiento 5 (negra+azufre), tratamiento 6 (negra+azufre).

7. Discusión

El contenido de antocianinas de la papa de las dos variedades, se observó que el contenido de antocianinas de la papa negra (852,42), es superior la variedad chola presento una media de (397,93) puede deberse al ciclo de cultivo, tipo de suelo y eco tipo. Los valores de AT encontrados en ambos estados son superiores a los reportados en maíces pigmentados (Escalante, *et al*, 2013) y en tomate de árbol (Cuesta, 2013) e inferiores a los obtenidos en mora de Castilla (Romero, 2014), fríjol rojo (Cajas, 2012) y en la variedad de papa roja (Tanquina *et al.*, 2013). El contenido de antocianinas varía de acuerdo con las condiciones de cultivo y la localidad de siembra (Moreno *et al*, 2005); por otro lado, factores tales como pH, temperaturas de almacenamiento, presencia de enzimas, luz, oxígeno y otros compuestos como otros flavonoides, proteínas y minerales influyen en la variabilidad de contenido de antocianinas (Leyva, 2009).

Wang *et al.* (2016), mencionan que el contenido de antocianinas depende de la variedad del genotipo, por ejemplo, para camote, el rango va de 32 a 1390 mg de antocianinas /100 g ms expresado como cianidina 3-glucósido y utilizando el método de cuantificación de pH diferencial. (Fuenzalida, 2008), menciona que, al evaluar dos variedades de papa, una nativa con pigmentación morada (rica en antocianinas) y una mejorada con pigmentación amarilla (rica en carotenoides) con y sin cáscara, la mayor cantidad de polifenoles y actividad antioxidante se encontraba en la papa nativa. Los resultados de los valores de antocianas totales expresados en cianidina-3-glucósido por cada 100 g de muestra en esta investigación son de 852,42 y 397,93 mg equivalente Cy-3-glucósido /100 g. Estudios realizados por Guerrero, (2003) una obtención optima de antocianinas obteniéndose como resultado en la concentración en el contenido de antocianinas 143,221 mg / 100 g de cy-3-glu extracto en base seca con harina de camote con humedad de 6% y 187,67 mg / 100 g de muestra seca de camote fresco. Además, la capacidad antioxidante fue mayor en la papa nativa con pigmentación antociánica que en la papa con pigmentación carotenoide. Generalmente, la piel o cáscara de la papa no se consume, esto provoca una pérdida de vitamina C y otros antioxidantes.

Estos resultados demostraron que el efecto de la aplicación de del fertilizantes 12- 36-12, Azufre y magnesio al momento de la siembra son los mas apropiados para mejorar la emergencia de las plantas. Como comenta Dossier (2006), que los fertilizantes completos con contenidos de azufre y magnesio permiten un aporte equilibrado de microelementos para las necesidades de la

mayoría de los cultivos que ayuda a prevenir deficiencias de estos. Todo el fósforo está en forma disponible y asimilable por la planta. Además, el 20% del fósforo P₂O₅, está en forma de polifosfato que permite una nutrición a lo largo del período de desarrollo radicular. Tiene, la polifosfato, un efecto quelante de los micronutrientes hierro, zinc, manganeso y cobre, lo que influyó positivamente el crecimiento y desarrollo de las plantas al inicio del cultivo. Similares a las observadas en este estudio en los cultivares Klein *et al.* (2005).

La variedad de papa Negra presentó valores superiores de altura, diámetro ecuatorial en comparación con la variedad Chola. Al realizar el análisis de varianza en altura promedio en cm de las plantas de papa los obtuvo mejores resultados se determinó que no existe diferencia significativa entre Genotipo*Fertilización con un nivel de confianza del 95%, y de manera individual el que tuvo mejor resultado fue el Genotipo 2 alcanzando la mayor altura de planta con 62,00 cm con respecto variedad (Chola) con 40,15 cm. Estos resultados guardan estrecha relación a lo planteado por Pérez y Alvarado (2006) comentan que el cultivo de papa alcanzó el mayor porcentaje de con 56,7% a los 47 días y consideran que las condiciones medio ambientales son determinantes para el crecimiento de las plantas e indica que el control del crecimiento de la planta y desarrollo del tubérculo depende de la acción de los genes de las células y la fertilización. Resultados que confirman lo dicho por Bonilla (2009) quien señala que la altura de planta es una variable que depende tanto del comportamiento genético como de las condiciones climáticas de un determinado lugar de la misma manera Gavilánez, (2015) obtuvo alturas de 52,40 cm en papa chaucha roja cultivada en la Estación Experimental Tunshi, parroquia Licto, cantón Riobamba, provincia de Chimborazo, Ecuador. La variación de las alturas de las plantas que puede existir en los diferentes estudios se debe a que el crecimiento y desarrollo de la planta ocurre por una serie de fases y etapas fenológicas controladas por factores genéticos, ambientales y su interacción entre fotosíntesis, respiración, transporte de asimilados, relaciones hídricas y nutrición de la planta (Monteros *et al.* 2010, Jerez *et al.* 2017).

Con respecto al diámetro se encontraron diferencias significativas y se verifico que existen diferencias significativas de manera individual para genotipo y fertilización en donde la mejor fertilización fue el fertilizante con contenido de azufre. En cuanto Coral, (2016) reporta en la prueba de Tukey al 5% para diámetro de tallo de planta indica que a los 39 días el mejor diámetro lo registra el tratamiento tres con 6,33 mm. Y Mamani, (2011) obtuvo un promedio de 5,96 mm

seguido de 5,91 mm para finalmente 5,73 mm en sustrato convencional sacó menos su diámetro esto debe ser por la variedad ya que este utiliza la variedad Ágata variedad comercial y las que utilizo no son todas nativas. En cuanto Coral, (2016), reporta en la prueba de Tukey al 5% para diámetro de tallo de planta indico que a los 240 días el mejor diámetro lo registra 6,33 mm. Esto comenta Wiersema (1987), una planta de papa comúnmente tiene varios tallos, cada tallo forma raíces, estolones y tubérculos y se comporta como si fuera una planta individual. Al respecto Contreras (2002) indica que, el crecimiento de los tallos es un 75% del crecimiento de las hojas. En forma similar, esta función puede ser afectada indirectamente por los mismos factores que afectan el desarrollo del follaje en la planta. Según Martínez (2009), las características morfológicas de la papa dependen en gran medida de las condiciones del clima, suelo y altura del lugar donde se realice la siembra.

En cuanto al pH no se encontraron diferencias significativas, pero de manera individual todos los tratamientos tuvieron un efecto positivo. Se debe señalar que el pH del suelo al inicio del experimento fue de 5.96 y valor alto fue en el tratamiento 1 (chola+azufre) con valor de 7.21, lo que significa que los fertilizantes agregados en cada tratamiento mejoraron el pH del suelo en el cultivo. El cultivo de papa se desarrolla mejor en un rango de pH del suelo de 5.0 a 7.0; en suelos salinos o alcalinos pueden afectar el desarrollo y producción de la papa (INTAGRI 2017). La asimilación de nutrientes por parte de la planta y la actividad de microorganismos en el suelo se desarrollan mejor en el rango de pH indicado. Calderón (2011) comenta que el aumento de pH se da por la fijación de nitrógenos cuando el suelo tiene un pH cercano a la neutralidad o alcalino ($\text{pH} \geq 6.5$), la abundancia de iones produce la precipitación de compuestos insolubles de hierro, manganeso, cobre y zinc,

El área foliar es un índice importante que sugiere, en caso de ser elevado, un buen desarrollo vegetativo en la planta para producir fotoasimilados, capacidad de cobertura del suelo para combatir malezas, así como la relación con la tasa de llenado del tubérculo ya que existe una gran interacción entre la tuberización y la estructura del follaje de la planta. De acuerdo con los resultados que se presentan en la Figura 12, la superficie foliar resultó superior en las plantas del bloque 2 sin diferencias significativas entre tratamientos, aunque sí con respecto al bloque 1 se destaca una disminución considerable de los 60 a los 70 días, lo cual está relacionado con el incremento de la senescencia de las hojas.

8. Conclusiones

- Se evaluó el contenido de antocianinas en el cultivo de papa no se encontraron efectos significativos de la aplicación del magnesio y el azufre sobre el contenido de antocianinas, sin embargo, se encontró un claro efecto genotípico en donde la variedad negra 53,2 % más de antocianina que la variedad chola.
- La aplicación de azufre en la variedad negra provoco incrementos significativos en altura y diámetro comparados con la variedad chola.
- No hubo un efecto de la fertilización sobre el pH y a conductividad eléctrica lo que elevo estos se dio por la aplicación de cal.

9. Recomendaciones

- Evaluar el efecto de fertilizante en otra variedad de papa nativa y en mejores condiciones climáticas para que así exista más variabilidad en el crecimiento y diámetro de tallo.
- La fertilización de fondo debe realizarse de acuerdo al análisis del suelo con el fin de evitar el uso excesivo de fertilizantes, mantener las buenas características del suelo y reducir su impacto.
- Se recomiendan no realizar las labores culturales en días de intensas lluvias, ya que podría provocar compactación del suelo, pudrición de semillas y actuaríamos como diseminadores de patógenos causantes de las enfermedades.
- Sembrar a una mayor distancia entre surcos y plantas, así se evitará la competencia por la luz y nutrientes, evita que se produzca una humedad relativa muy alta, ayuda a obtener una mejor sanidad del cultivo y permite incrementar su rendimiento. Se recomienda una distancia de siembra en papa chaucha (1.20m entre surcos y 0.50m entre plantas).

10. Bibliografía

- Alcon, D. (2016). *CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DEL TUBÉRCULO Y CRITERIOS DE CALIDAD CULINARIA EN VARIEDADES DE PAPA AMARGA (Solanum juzepczukii y Solanum curtilobum)*. La Paz, Bolivia. Recuperado el 16 de 01 de 2022, de <https://repositorio.umsa.bo/xmlui/bitstream/handle/123456789/7629/T-2245.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Amoros, W. B. (2008). *Mejoramiento genético de la papa*. Lima.
- Arciniega, V. (2007). Análisis de la Producción de Papa Bolona utilizando abonos orgánicos en Carigàn – Loja. 24-25. Recuperado el 16 de 01 de 2022
- Barragan, M. (2017). Determinacion del efecto de procesos de coccion en papas nativas pigmentadas (*Solanum tuberosum* spp. andigena) sobre sus compuestos bioactivos. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 19(1). doi:<http://dx.doi.org/10.18271/ria.2017.254>
- Bonilla, I. (2014). NIVELES DE FERTILIZACIÓN AZUFRADA EN EL INCREMENTO DE LA INTENSIDAD DE LA PIGMENTACIÓN DE LA PULPA DE PAPA EN ZONAS ALTOANDINAS DE LA REGIÓN JUNIN. Obtenido de <https://1library.co/document/yev9690z-niveles-fertilizacion-azufrada-incremento-intensidad-pigmentacion-altoandinas-region.html>
- Bonilla, N. (2009). Evaluación y Selección Agronómica de Cuarenta Genotipos de Papa para la Tolerancia al Estrés Hídrico en tres Localidades de Chimborazo. *Escuela Superior Politécnica de Chimborazo*.
- Coral, W. (2016). “*Producción de Semilla de papa (Solanum tuberosum.) usando métodos de multiplicación acelerada, en el Centro Experimental San Francisco Cantón Huaca, Provincia Carchi*”. Tulcan. Recuperado el 08 de 08 de 2022
- Coro, A. (2015). *Evaluación de 6 tecnologías de fertilización química, en el rendimiento del cultivo de papa (Solanum tuberosum L.)*. Riobamba. Recuperado el 18 de 01 de 2022, de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/4343/1/Evaluacion%20de%206%20Tecnologias.%20docx.pdf>
- Cortez, J. (2017). *Rendimiento de dos variables de papa (Solanum tuberosum L.) con la aplicación de tierra negra y fertilizantes inorgánicos* (Vol. 4). Mexico. Recuperado el 14 de 12 de

- 2021, de http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2409-16182017000200008
- Cortéz, J. (2017). Rendimiento de dos variables de papa (*Solanum tuberosum* L.) con la aplicación de tierra negra y fertilizantes inorgánicos. *SciELO*, 50-52. Recuperado el 14 de 12 de 2021, de http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2409-16182017000200008
- Cuesta, X. (2006). Papas nativas ecuatorianas en proceso de extinción. *Revista Agromag. Ministerio de Agricultura y Ganadería*, 30-31. Recuperado el 18 de 01 de 2022
- Egusquiza, V. (2010). *La papa producción, transformación y comercialización*. Lima, Perú: Revista Perú. Recuperado el 18 de 01 de 2022
- FAO. (2018). *Alimentación y agricultura en el mundo: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. Recuperado el 15 de 12 de 2021
- Feijo, L. (2015). Plan Integral de Desarrollo de los. 14-15. Recuperado el 26 de 06 de 2022, de <https://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/13234/1/Feijoo%20Castillo%20Lady%20Guisela.pdf>
- Fernández, R. (2019). *Antocianinas en Solanum tuberosum*. Santiago, Chile. Recuperado el 18 de 01 de 2022, de <https://www.researchgate.net/publication/344245503>
- Fernández, R. (2020). *Antocianinas en Solanum tuberosum: (Vol. 5)*. Barcelona, España. Recuperado el 04 de 01 de 2022, de https://www.researchgate.net/publication/344245503_Antocianinas_en_Solanum_tuberosum_Una_revision
- Fernández, R. (2020). *Antocianinas en Solanum tuberosum: Una revisión*. Recuperado el 04 de 01 de 2022, de https://www.researchgate.net/publication/344245503_Antocianinas_en_Solanum_tuberosum_Una_revision
- Fuenzalida, N. (2008). Determinación de la cantidad de fenoles totales y actividad antioxidante en papas nativas pigmentadas. 24-29.
- Gavilánez, F. (2015). *Efecto de la fertilización foliar y edáfica con hierro y zinc para la biofortificación agronómica del tubérculo de papa (Solanum tuberosum L.)*. Riobamba, Ecuador: Escuela Superior del Chimborazo. .

- Gonzales, O. (2019). *LAS PAPAS BROTADAS O VERDES*. Recuperado el 18 de 01 de 2022, de INFOALIMENTOS: <https://infoalimentos.org.ar/temas/inocuidad-de-los-alimentos/265-las-papas-brotadas-o-verdes#:~:text=un%20plaguicida%20natural-,La%20solanina%20es%20un%20alcaloide%20t%C3%B3xico%20de%20sabor%20amar%20que,tejidos%20florales%20y%20brotes%20principalmente>
- Gonzalez, R. (2015). *Evaluación agronómica de papa, variedad superchola (Solanum tuberosum), con el uso de semilla prebásica, bajo dos modalidades de fertilización edáfica.* Quito, Ecuador. Recuperado el 18 de 01 de 2022, de <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/4550>
- INIAP. (2011). *Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias, Ec.* Santa Catalina, , Quito, Ecuador. Recuperado el 19 de 01 de 2022
- INIAP. (2014). *Manejo del cultivo de papa en Ecuador.* (INIAP, Editor) Recuperado el 18 de 01 de 2022, de <http://tecnologia.iniap.gob.ec/index.php/explore-2/mraiz/rpapa>
- INIAP. (2015). *MANEJO DEL SUELO Y LA FERTILIZACION EN EL CULTIVO DE PAPA.* Recuperado el 18 de 01 de 2022, de <https://repositorio.iniap.gob.ec/jspui/bitstream/41000/2496/1/iniapsc343m.pdf>
- Jerez, E; Martín, R; Morales, D. (2017). Evaluación del crecimiento y composición por tamaño de tubérculos de plantas de papa para semilla. *Cultivos Tropicales*, 38- 40.
- Kramm, V. (2017). *Manual del cultivo de la papa en Chile.* Santiago, Chile: Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Recuperado el 18 de 01 de 2022, de <https://biblioteca.inia.cl/handle/20.500.14001/6706>
- Mamani, M. (2011). *Produccion de semilla pre-básica de papa variedad Ágata (Solanum tuberosum L.spp. tuberosum), a partir de vitro plantas bajo seis densidades de plantación en ambiente protegido.* La Paz, Bolivia.
- Monteros, C; Yumisaca, F; Andrade, J; Reinoso, I. (2010). *Catalogo. Cultivares de papas nativas Sierra Centro Norte del Ecuador.* Quito, Ecuador: Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias INIAP.
- Moreno, G. Andrade, C. Oña, M. Hernández, T. (2015). EFECTO DE LA COCCIÓN SOBRE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE PAPAS NATIVAS (Solanum tuberosum) DEL ECUADOR. : *Revista Científica Ecuatoriana*, 2(2), 1-2. doi:DOI: <https://doi.org/10.36331/revista.v2i2.15>

- Muthanna, M.A., K. Singh, A., Tiwari, A., Jain, V.K., Padhi, M.,. (2017). Effect of Boron and Sulphur Application on Plant Growth and Yield Attributes of Potato (*Solanum tuberosum* L.). *Int. J. Curr. Microbiol*, 399–404. doi:<https://doi.org/10.20546/ijcmas.2017.610.049>
- Paca, J. (2009). *RESPUESTA DEL CULTIVO DE LA PAPA (Solanum tuberosum L.) VARIEDAD CHAUCHA A LA APLICACIÓN DE CUATRO TIPOS DE ABONOS EN TRES DOSIS*” (Vol. 6). Riobamba, Ecuador. Recuperado el 12 de 03 de 2022, de <https://1library.co/document/yd7e4p1y-respuesta-cultivo-solanum-tuberosum-variedad-chaucha-aplicacion-cuatro.html>
- Parra, Y. (2022). *EL CULTIVO DE PAPA: Siembra, Riego, Cosecha Y Más Aspectos Importantes*. Recuperado el 18 de 01 de 2022, de AGRONOMASTER: <https://agronomaster.com/cultivo-de-papa/>
- Pérez, R. y. (2006). Resultados de 10 experimentos de fertilización en papa (*Solanum tuberosum* L.) en los estados Mérida y Táchira. *3er Congreso venezolano de la ciencia del suelo*, 10-11.
- Ramírez, O. C. (2004). Fertilización nitrogenada de la papa (*Solanum tuberosum* L.) en la provincia de Holguin. Dosis óptima de nitrógeno. *Revista Cultivos Tropicales*, 75-80. Recuperado el 18 de 07 de 2022
- Ramos, L. (2015). *MANEJO DEL SUELO Y LA FERTILIZACION EN EL CULTIVO DE PAPA*. (INIAP, Editor) Recuperado el 18 de 01 de 2022, de <https://repositorio.iniap.gob.ec/jspui/bitstream/41000/2496/1/iniapsc343m.pdf>
- Rios, G. (2010). *DISTRIBUCIÓN Y VARIABILIDAD DE Ralstonia solanacearum E.F. Smith, AGENTE CAUSAL DE MARCHITEZ BACTERIANA EN EL CULTIVO DE PAPA* (Vol. 2). Quito, Pichincha, Ecuador. Recuperado el 23 de 05 de 2022
- Ríos, J. (2016). *Determinación del Efecto de Diferentes Niveles de Fertilización en Papa (Solanum tuberosum ssp. Andigena) DIACOL Capiro en un Suelo con Propiedades Ándicas de Santa Rosa de Osos, Colombia*. Colombia. Recuperado el 18 de 01 de 2022, de http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0304-28472010000100002&script=sci_abstract
- Rojano, B., Zapata, C., Bernardo, F.,. (2012). Anthocyanin stability and the oxygen radical absorbance capacity (ORAC) values of Corozo aqueous extracts (*Bactris guineensis*). *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 244-255.

- Romero. (2013). *Comportamiento agronómico, de poscosecha, calidad nutricional y potencial para seguridad alimentaria de 10 cultivares nativos y mejorados de papa (Solanum tuberosum)*. Riobamba. Recuperado el 18 de 01 de 2022, de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2797/1/13T0764%20.pdf>
- Roy, T.S., Rahman, M., Pulok, I., . (2014). Influence of potassium and sulfur on growth and yield of potato crop derived from tps seedling tuber. *Sustain. Agril*, 15-21.
- Silva, C.D., Soares, M.E.P., Ferreira, M.H., Cavalcante, A.C.P., Andrade, G.A.V. De., (2020). Dry matter and macronutrient extraction curves of potato varieties in the Alto Paranaíba region. *Agrícola e Ambient*, 24, 176–186.
- Toledo, M. (2016). *El cultivo de la papa en Honduras*. San José, Costa Rica. Recuperado el 18 de 01 de 2022
- Torres, L, Cuesta, X. Monteros, C y Rivadeneira, J. (2011). VARIEDADES DE PAPA. *CIPOTATO*. Obtenido de <https://cipotato.org/papaenecuador/variedades-de-papa/>
- Valverde, K. (1998). *CIPOTATO*. Recuperado el 26 de 06 de 2022, de <https://cipotato.org/papaenecuador/2017/10/17/cantidad-de-fertilizante-a-aplicar/>
- Villafuerte, J. (2011). *Requerimientos edafoclimáticos de la papa* (Vol. 5). Quito, Pichincha, Ecuador. Recuperado el 18 de 01 de 2022, de Disponible en http://www.agroancash.gob.pe/public/articulos/aip2008/temas/req_edafoclimaticos.htm.
- Wang, S. N. (2016). Chemical constituents and health effects of sweet potato. 89, 90–116. doi:<http://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.08.032>
- Zhio, T. (2011). *La Papa: Taxonomía y Nombres Comunes*. Recuperado el 22 de 01 de 2022, de Peru come papa: <http://zhiotm.blogspot.com/2011/04/la-papa-taxonomia-y-nombres-comunes.html>
- Zuñiga, L. (2011). *Aplicación de tres planes de fertilización foliar para el rendimiento de tres variedades de papa (Solanum tuberosum)*,. Perú. Recuperado el 18 de 01 de 2022

11. Anexos



Anexo 1. Genotipos



Anexo 2. Arado del terreno



Anexo 3. Deshierbe Químico



Anexo 4. Trazado de parcelas



Anexo 5. Aplicación de fertilizantes



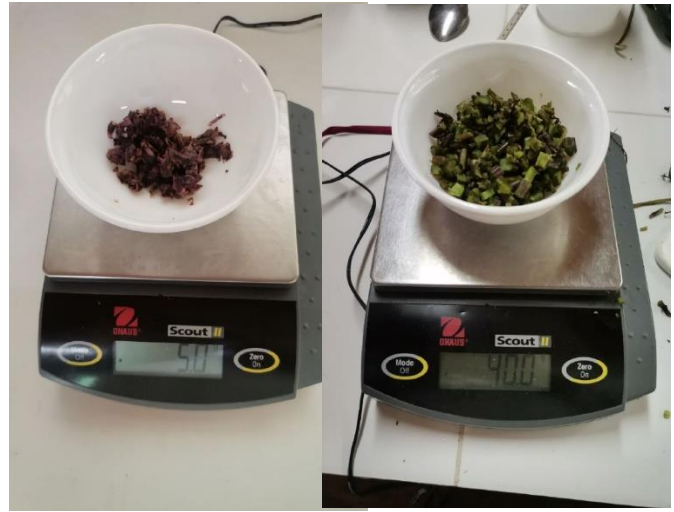
Anexo 6. Aporcado del cultivo



Anexo 7. Control de enfermedades



Anexo 8. Toma de datos



Anexo 9. Pesado de muestras.



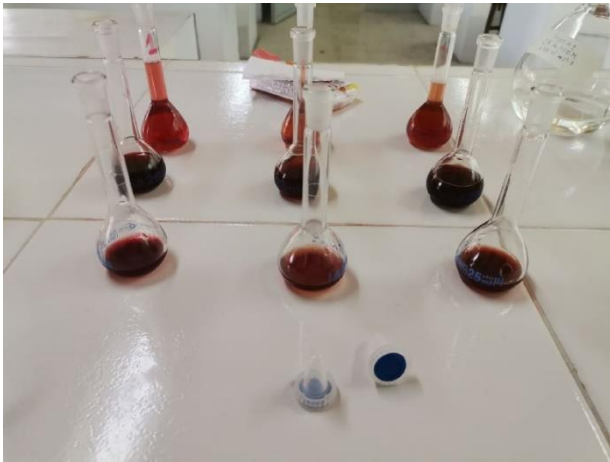
Anexo 10. Extracción de cascara



Anexo 11. Muestras terminadas



Anexo 12. Preparación de muestra y rotavaporación



Anexo 13. Cuantificación de muestra



Anexo 14. Leída en fotoespectrometro.

Anexos 15. Resultados de antocianinas

N° de extracción	Tratamiento	pH1		pH 4,5		Absorbancia total
		Abs (520)	Abs (700)	Abs (520)	Abs (700)	
1	G1B1T4	0,8445	0,0048	0,0427	0,0084	0,8053
2	G1B1T5	0,9143	0,0042	0,0474	0,0101	0,8728
3	G1B1T6	0,5641	0,0277	0,0381	0,0029	0,5013
4	G1B2T4	0,4172	0,0023	0,0246	0,0004	0,3907
5	G1B2T5	0,5154	0,0270	0,0284	0,0008	0,4609
6	G1B2T6	0,8173	0,0044	0,0477	0,0078	0,7729
7	G1B3T4	0,5557	0,0155	0,0366	0,0074	0,5110
8	G1B3T5	0,5461	0,0125	0,0346	0,0750	0,5740
9	G1B3T6	1,1196	0,0045	0,0866	0,0219	1,0504
10	G2B1T1	0,4221	0,0081	0,0618	0,0181	0,3702
11	G2B1T2	0,7732	0,0075	0,0749	0,0178	0,7086
12	G2B1T3	0,4641	0,0080	0,0707	0,0196	0,4050
13	G2B2T1	0,5248	0,0380	0,0395	0,0500	0,4973
14	G2B2T2	0,6558	0,0049	0,0565	0,0152	0,6096
15	G2B2T3	0,6632	0,0041	0,0428	0,0191	0,6354
16	G2B3T1	0,5551	0,0060	0,0389	0,0028	0,5130
17	G2B3T2	0,7725	0,0072	0,0523	0,0094	0,7223
18	G2B3T3	0,6660	0,0093	0,0488	0,0015	0,6094

Anexos 16. Resultados de cálculo de fertilización

Calculo de fertilizacion para 1 ha= 10 000 m ²									
Calculos					Resultado				
100 kg	12	36	12	→	36 kg	P			Completo
	X			←	150 kg	P	X	416,7 kg	12 - 36 - 12
100 kg	12	36	12	→	12 kg	N			
416,7 Kg	12	36	12	→	X		X	50 kg	12 - 36 - 12
150 kg	Requerimiento de N			—	50,0 kg		→	100,0 Kg de N FALTA	
								74,5	
100 kg	Urea			→	46 kg	N			Completo
	X			←	74,5 kg	N	X	162,0 kg	Urea
					Faltantes				
100 kg	Requerimiento de K			—	50,0 kg		→	50,0 kg de K SOBRA	
100 kg	CLK			→	60 kg	K			Completo
	X			←	50,0 kg	K	X	83,3 Kg	CIK
100 kg	(NH ₄) ₂ SO ₄			→	24 kg	S			
	X			←	20 kg	S		83,3 kg	(NH₄)₂SO₄
								28 kg	MgSO ₄
								55,3	kg de sulfato de amonio
100 kg	MgSO ₄			→	25 kg	Mg			
	X			←	40 kg	S		160,0 kg	MgSO₄

Calculo de fertilizacion para Area de tesis= 241,9 m ²						
4. Calculo de Fosforo (P) para 241,9 m²						
416,7 kg	→	10000	m ²			
X	←	241,9	m ²	X	10 kg	12 - 36 - 12
					22 Lb	13 - 36 - 12
5. Calculo de Nitrogeno (N) para 241,9 m²						
162,0 kg	→	10000	m ²			
X	←	241,9	m ²	X	3,9 kg	Urea
					8,6 Lb	Urea
6. Calculo de Potasio (K) para 241,9 m²						
83,3 kg	→	10000				
X	←	241,9		X	2,0 kg	CLK
					4,44 Lb	CLK
7. Calculo de Azufre (S) para 241,9 m²						
55,3 kg	→	10000	m ²			
X	←	241,9	m ²	X	1,3 kg	(NH₄)₂SO₄
					3 Lb	(NH₄)₂SO₄
8. Calculo de Magnesio (Mg) para 241,9 m²						
160,0 kg	→	10000	m ²			
X	←	241,9	m ²	X	3,9 kg	MgSO₄
					8,5 Lb	MgSO₄
8. Calculo de Magnesio (Mg) para 241,9 m²						
83,3 kg	→	10000	m ²			
X	←	241,9	m ²	X	2,0 kg	MgSO₄
					4,4 Lb	MgSO₄

Anexo 17. Certificación de traducción de abstract



Mg. Yanina Quizhpe Espinoza
Licenciada en Ciencias de Educación mención Inglés
Magister en Traducción y mediación cultural

Celular: 0989805087
Email: yaniges@icloud.com
Loja, Ecuador 110104

Loja, 15 de marzo de 2023

Yo, Lic. Yanina Quizhpe Espinoza, con cédula de identidad 1104337553, docente del Instituto de Idiomas de la Universidad Nacional de Loja, y certificada como traductora e interprete en la Senescyt y en el Ministerio de trabajo del Ecuador con registro **MDT-3104-CCL-252640**, certifico:

Que tengo el conocimiento y dominio de los idiomas español e inglés y que la traducción del resumen de trabajo de integración curricular **Efecto de la fertilización sobre el contenido de antocianina y parámetros morfológicos de crecimiento durante el desarrollo vegetativo de dos genotipos de papa nativa (*Solanum tuberosum* L.), en la ciudad de Loja**, cuya autoría del estudiante Danny Jheison Puchaicela Sagbay, con cédula 1150165783, es verdadero y correcto a mi mejor saber y entender.

Atentamente

Firmado
digitalmente
por YANINA
BELEN
QUIZHPE
ESPINOZA
Fecha:
2023.03.15
17:48:48 -05'00'

Yanina Quizhpe Espinoza.

Traductora

Full text translator: servicios de traducción