

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI



FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES

CARRERA DE AGROPECUARIA

Tema: “Aplicación periódica de diversas fuentes de calcio y su influencia en el desarrollo del cultivo de papa (*Solanum tuberosum*)”

Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del
título de Ingeniería en Agropecuaria

AUTOR: Quevedo Torres Jhon Alberto

TUTOR: Ing. Herrera Ramírez Carlos David, MSc.

Tulcán, 2025

CERTIFICADO DEL TUTOR

Certifico que el estudiante Quevedo Torres Jhon Alberto con el número de cédula 0402122899 ha desarrollado el Trabajo de Integración Curricular: "Aplicación periódica de diversas fuentes de calcio y su influencia en el desarrollo del cultivo de papa (*Solanum tuberosum*)"

Este trabajo se sujeta a las normas y metodología dispuesta en el Reglamento de la Unidad de Integración Curricular, Titulación e Incorporación de la UPEC, por lo tanto, autorizo la presentación de la sustentación para la calificación respectiva.

Ing. Herrera Ramírez Carlos David, MSc.

TUTOR

Tulcán, noviembre de 2025

AUTORÍA DE TRABAJO

El presente Trabajo de Integración Curricular constituye un requisito previo para la obtención del título de Ingeniera en la Carrera de agropecuaria de la Facultad de Industrias Agropecuarias y Ciencias Ambientales

Yo, Quevedo Torres Jhon Alberto con cédula de identidad número 0402122899 declaro que la investigación es absolutamente original, auténtica, personal y los resultados y conclusiones a los que he llegado son de mi absoluta responsabilidad.



Quevedo Torres Jhon Alberto

AUTOR

Tulcán, noviembre de 2025

ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Yo, Quevedo Torres Jhon Alberto declaro ser autor de los criterios emitidos en el Trabajo de Integración Curricular: "Aplicación periódica de diversas fuentes de calcio y su influencia en el desarrollo del cultivo de papa (*Solanum tuberosum*)" y eximo expresamente a la Universidad Politécnica Estatal del Carchi y a sus representantes de posibles reclamos o acciones legales.



Quevedo Torres Jhon Alberto

AUTOR

Tulcán, noviembre de 2025

AGRADECIMIENTO

Agradezco a dios, por la vida, salud y fortaleza brindada que me dio para poder culminar esta formación profesional.

A mi madre Elsa Torres que, con su apoyo, comprensión, paciencia que me ha brindado durante esta etapa le agradezco muchísimo por siempre creer en mi.

A mis hermanos mayores que me apoyaron durante todo este trascurso de mi formación académica, les esto muy agradecido por siempre brindarme los mejores consejos y siempre ser los mejores modelos por seguir.

A mis hermanas menores gracias por tenerme paciencia y les estoy muy agradecido por el apoyo que me han brindado.

A mis amigos a mi padre les agradezco por siempre preocuparse por mi bien, a todo mi familia y allegados muchísimas gracias que han sido fundamentales para mi formación.

Al Ing. David Herrera por brindarme sus conocimientos, tener paciencia y acompañarme en el progreso de mi investigación.

A los docentes de la carrera de agropecuaria, por la formación académica, por impartir sus conocimientos y valores para la formación profesional.

A la Universidad Politécnica Estatal del Carchi, por brindarme la oportunidad de formar parte de la institución y formarme profesionalmente.

DEDICATORIA

Esta investigación se la dedico a dios y a mi madre por su apoyo incondicional, ha sido un pilar fundamental en el cumplimiento de mis metas.

A mis hermanos, por su constante apoyo y comprensión les expreso mi más sincero agradecimiento por acompañarme en la realización de este

ÍNDICE

RESUMEN	13
ABSTRACT	14
INTRODUCCIÓN	15
I. PROBLEMA	16
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	16
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	17
1.3. JUSTIFICACIÓN	17
1.4. OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	18
1.4.1. Objetivo general	18
1.4.2. Objetivo específico	18
1.4.3. Preguntas de investigación	19
II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	20
2.1. ANTECEDENTES A LA INVESTIGACIÓN	20
2.2. MARCO TEÓRICO	21
2.2.1. Origen cultivo de papa (<i>Solanum tuberosum</i>)	21
2.2.2. Importancia	22
2.2.3. Taxonomía vegetal	22
2.2.4. Manejo del cultivo.....	25
2.2.4.1. Selección de Semilla.....	25
2.2.4.2. Siembra	25
2.2.4.3. Las plagas insectiles y enfermedades más importantes del cultivo son: ..	26
2.2.4.4. Las enfermedades del cultivo son	26
2.2.4.5. Nematodos	27
2.2.4.6. Cosecha.....	27
2.2.5. Nutrición de la planta	27
2.2.6. Requerimientos en la etapa de inicio de la tuberización.....	27
2.2.7. Requerimientos en la etapa de tuberización	28
2.2.8. Requerimiento nutricional de la Etapa de floración y llenado del tubérculo 28	
2.2.9. Calcio en el cultivo	28
2.2.10. Abonos	28
2.2.10.1. Abono químico.....	28

2.2.10.2. Abono orgánico.....	29
2.2.10.3. Bio cal.....	29
2.2.10.4. Cal agrícola.....	29
2.2.10.5. Mixpac papa siembra.....	29
2.2.10.6. Oxido de calcio.....	30
2.2.10.7. Cal agrícola.....	30
2.2.10.8. Suero de leche.....	31
2.2.10.9. Metalosato calcio.....	32
III. METODOLOGÍA.....	33
3.1. ENFOQUE METODOLÓGICO.....	33
3.1.1. Enfoque.....	33
3.1.2. Tipo de investigación.....	33
3.2. Hipótesis.....	33
3.2.1. Definición y operacionalización de variables.....	33
3.3. Métodos utilizados.....	36
3.3.1 Localización del experimento.....	36
3.3.2 Tratamientos.....	36
3.3.3 Características del ensayo.....	37
3.3.4. Esquema de disposición del ensayo.....	37
3.3.5. Características de la unidad experimental.....	38
3.3.6. Variables de medición.....	39
3.3.7. Análisis estadístico.....	40
3.3.8. Manejo del experimento.....	41
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	42
4.1. RESULTADOS.....	42
4.1.1. Altura de planta (cm) en el cultivo de papa (<i>Solanum tuberosum</i>) bajo el efecto de la aplicación de diferentes fuentes de calcio.....	42
4.1.2. Presencia de tallos principales por planta en el cultivo de papa (<i>Solanum tuberosum</i>) bajo el efecto de la aplicación de diferentes fuentes de calcio.....	44
4.1.3. Diámetro de tallos principales en el cultivo de papa (<i>Solanum tuberosum</i>) bajo el efecto de la aplicación de diferentes fuentes de calcio.....	46
4.1.4. Cobertura foliar del cultivo de papa (<i>Solanum tuberosum</i>) bajo el efecto de la aplicación de diferentes fuentes de calcio.....	48
4.1.5. Rendimiento de tubérculo (kg/ha) en el cultivo de papa (<i>Solanum tuberosum</i>) en el momento de la cosecha en el cultivo de papa.....	50
4.1.6. Relación Costo beneficio.....	51

4.2. DISCUSIÓN	52
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	54
5.1. CONCLUSIONES	54
5.2. RECOMENDACIONES	54
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55
VII. ANEXOS.....	61

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación Taxonómica.....	22
Tabla 2. Composición de cal agrícola	29
Tabla 3. Ingredientes activos.....	30
Tabla 4. Composición de óxido de calcio	30
Tabla 5. Composición de cal agrícola	31
Tabla 6. Composición de suero de leche	31
Tabla 7. Composición del Metalosato de calcio	32
Tabla 8. Operacionalización de variable.....	34
Tabla 9. Descripción de tratamientos	37
Tabla 10. Diseño de bloques	37
Tabla 11. análisis estadístico	40
Tabla 12. Análisis de varianza para la variable altura de planta (cm) en el cultivo de papa (<i>Solanum tuberosum</i>) bajo el efecto de la aplicación de diferentes fuentes de calcio	42
Tabla 13. Altura de planta (cm) en el cultivo de papa (<i>Solanum tuberosum</i>) bajo el efecto de la aplicación de diferentes fuentes de calcio a los 20, 40 y 60 dde	43
Tabla 14. Análisis de varianza para la variable altura de planta (cm) en el cultivo de papa (<i>Solanum tuberosum</i>) bajo el efecto de la aplicación de diferentes fuentes de calcio a los 80, 100 y 120 dde.	43
Tabla 15. Altura de planta (cm) en el cultivo de papa (<i>Solanum tuberosum</i>) bajo el efecto de la aplicación de diferentes fuentes de calcio a los 80, 100 y 120 dde	44
Tabla 16. Análisis de varianza para presencia de tallos principales en el cultivo de papa (<i>Solanum tuberosum</i>) bajo el efecto de la aplicación de diferentes fuentes de calcio	45
Tabla 17. Presencia de tallos principales en el cultivo de papa (<i>Solanum tuberosum</i>) bajo el efecto de la aplicación de diferentes fuentes de calcio a los 20, 40,60, 80 y 100 dde	45

Tabla 18. Análisis de varianza para diámetro de tallos principales en el cultivo de papa (<i>Solanum tuberosum</i>) bajo el efecto de la aplicación de diferentes fuentes de calcio	46
Tabla 19. Diámetro de tallos principales en el cultivo de papa (<i>Solanum tuberosum</i>) bajo el efecto de la aplicación de diferentes fuentes de calcio a los 20, 40 y 60 dde.....	47
Tabla 20. Análisis de varianza para la variable diámetro de tallos principales en el cultivo de papa (<i>Solanum tuberosum</i>) bajo el efecto de la aplicación de diferentes fuentes de calcio.....	47
Tabla 21. Diámetro de tallos principales en el cultivo de papa (<i>Solanum tuberosum</i>) bajo el efecto de la aplicación de diferentes fuentes de calcio a los 80, 100 y 120 dde	48
Tabla 22. Análisis de varianza para la variable cobertura foliar del cultivo de papa (<i>Solanum tuberosum</i>) bajo el efecto de la aplicación de diferentes fuentes de calcio	48
Tabla 23. Cobertura foliar del cultivo de papa bajo el efecto de la aplicación de diferentes fuentes de calcio a los 20, 40 y 60 dde.....	49
Tabla 24. Análisis de varianza para la variable de cobertura foliar del cultivo de la papa (<i>Solanum tuberosum</i>) bajo el efecto de la aplicación de diferentes fuentes de calcio	49
Tabla 25. Prueba de Tukey para cobertura foliar de la planta en el cultivo de papa (<i>Solanum Tuberosum</i>) bajo el efecto de la aplicación de diferentes fuentes de calcio a los 80, 100 y 120 dde.	50
Tabla 26. Análisis de varianza para la variable rendimiento de tubérculo (kg/ha) en el cultivo de papa (<i>Solanum tuberosum</i>) bajo el efecto de la aplicación de diferentes fuentes de calcio.....	51
Tabla 27. Rendimiento de tubérculo (kg/ha) en el cultivo de papa (<i>Solanum tuberosum</i>) cosechado bajo el efecto de la aplicación de diferentes fuentes de calcio	51
Tabla 28. Relación costo beneficio	52

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Vista satelital CESF y zonificación del ensayo con Google earth.....	36
Figura 2. Esquema de disposición del ensayo	38

Figura 3. Características de la unidad experimental	39
Figura 4. Preparación del terreno	64
Figura 5. Siembra.....	64
Figura 6. Aplicación de tratamientos.....	64
Figura 7. Primer Aporque.....	64
Figura 8. Segundo Aporque	64
Figura 9. Toma y recolección de datos	64
Figura 10. Cosecha y comercialización	65
Figura 11. Pesaje de cosecha en kg	65

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Acta de sustentación de Predefensa de Tic.....	61
Anexo 2. Certificado de abstract por parde de idiomas	62
Anexo 3. Adecuación del sitio experimental.....	64
Anexo 4. Aplicación de tratamientos	64
Anexo 5. Recolección de datos del experimento.....	64
Anexo 6. Cosecha y comercialización.....	65

RESUMEN

El propósito de esta investigación fue evaluar diferentes fuentes de calcio y su influencia en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*), variedad super chola. El experimento se llevó a cabo en el Centró experimental "San Francisco " de la Universidad Politécnica Estatal Del Carchi, para lo cual se empleó un diseño experimental de Bloques completamente al Azar conformado de 9 tratamientos y 4 repeticiones cada uno: T1 (Oxido de calcio en drench dosis baja), T2 (Oxido de calcio en drench dosis alta), T3 (Cal agrícola dosis baja), T4 (Cal agrícola dosis alta), T5 (Suero de leche en drench dosis baja), T6 (Suero de leche en drench dosis alta), T7 (Cal agrícola), T8 (Calcio foliar). Los resultados obtenidos mostraron diferentes efectos en el desarrollo del cultivo como por ejemplo el T7 (Cal agrícola dosis 1700 kg/ha) mostró una altura de planta de 89,50 cm: el T1 (Oxido de calcio en drench dosis baja de 8L/ha) tuvo una presencia de 3.00 tallos /plantas, el T8 (Calcio foliar dosis 2.5 ml/L) registro un diámetro de tallo de 1.31 cm, y el T2 (Oxido de calcio en drench dosis alta 16L/ha) contó con una cobertura foliar de 82.23 (%), constituyendo estos con los mejores desempeños en las variables mencionadas. Así mismo el mejor rendimiento lo registró el tratamiento T2 con una dosis de 16L/ha alcanzado un total de 8541.67 kg/ha, mientras que el tratamiento que menos resultado productivo generó fue el T8 (Calcio foliar dosis 2.5 ml/L) 2.5 ml/ha con 5677.08 kg/ha. En el análisis del costo beneficio el tratamiento que mejor resultado mostró fue el T1 con un índice registrado de 0.32.

Palabras claves: Fuentes de Calcio, Drench, Super Chola

ABSTRACT

The purpose of this research was to evaluate different sources of calcium and their influence on the cultivation of potatoes (*Solanum tuberosum*), super chola variety. The experiment was carried out at "San Francisco" Experimental Center of Universidad Politécnica Estatal del Carchi, using a completely randomized block design consisting of 9 treatments and 4 replicates each: T1 (low dose calcium oxide drench), T2 (high-dose calcium oxide drench), T3 (low-dose agricultural lime), T4 (high-dose agricultural lime), T5 (low-dose whey drench), T6 (high-dose whey drench), T7 (agricultural lime), and T8 (foliar calcium). The results obtained showed different effects on crop development. For example, T7 (agricultural lime at a dose of 1700 kg/ha) showed a plant height of 89.50 cm; T1 (lowdose calcium oxide drench at 8 L/ha) had 3.00 stems/plants; T8 (foliar calcium at a dose of 2.5 ml/L) recorded a stem diameter of 1.31 cm, and T2 (calcium oxide in high-dose drench at 16 L/ha) had a leaf coverage of 82.23 (%), constituting the best performances in the aforementioned variables. Therefore, the best yield was recorded by treatment T2 with a dose of 16 L/ha, reaching a total of 8,541.67 kg/ha, while the treatment that generated the lowest yield was T8 (foliar calcium dose 2.5 ml/L) 2.5 ml/ha with 5,677.08 kg/ha. In the cost-benefit analysis, the treatment that showed the best results was T1, with a recorded index of 0.32.

KEYWORDS: Calcium Sources, Drench, Super Chola

INTRODUCCIÓN

La papa es uno de los cultivos tradicionales más importantes en Ecuador, en la producción se asocia con 82,000 productores en un total de 90 cantones. El área plantada por este tubérculo es de 50 mil hectáreas, donde se producen 300 mil toneladas repartidas en cada familia. En el país, cada persona consume un promedio de 30 kg de papas al año. Se estima que aproximadamente 250 mil familias dependen del cultivo de papa como tal, dado que el 50% de los agricultores son considerados pequeños, con áreas cultivadas de 2 hectáreas en promedio que representan el 20% del área total de siembra (Agro.bayer, 2022).

Carchi es el mayor productor de papá por hectárea en el país: 24,9 toneladas al año. Este cultivo en la agricultura se promueve a partir de los sectores público y privado para optimizar su calidad y rendimiento; y así convertirse en el principal cultivo de la economía regional, este tubérculo rodea aproximadamente 7 800 ha/ciclos de tierras en el Carchi (El comercio, 2018).

Las deficiencias nutricionales ocurren externamente con síntomas característicos, en las hojas se detectan deficiencias de nutrientes móviles como nitrógeno, fósforo, potasio y magnesio, mientras que las hojas nuevas o las yemas son más afectadas por los elementos inmóviles, como hierro, calcio, azufre y zinc (Sherwood, 2020). Usando esta referencia surgió la necesidad y se implementó este experimento empleo el calcio a diferentes dosis en el cultivo de papa, la falta y consistencia de este nutriente se pueden ajustar, ya que se utilizará diferentes fuentes de calcio a través de uso.

I. PROBLEMA

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El cultivo de papa es la tercera cosecha de alimentos más importante para el consumo después del arroz y trigo. Alrededor de 1.400 millones de personas usan regularmente papas (50 kg por año) y el rendimiento global supera los 300 millones de toneladas por año. Hay más de 4.000 variedades locales de papa ubicadas principalmente en las montañas de los Andes, tienen diferentes tamaños, colores y formas. Asimismo, existen también especies de papa silvestre, aunque son demasiado amargas para ser consumidas, su biodiversidad incluye importantes características como resistencia natural a plagas, enfermedades y condiciones climática (Cipotato.org, 2018).

La papa es uno de los cultivos tradicionales más importantes en Ecuador y se asocia con 82,000 productores en 90 cantones. El área plantada por este tubérculo es de 50 mil hectáreas, y se producen 300 mil toneladas. En el país, cada persona consume un promedio de 30 kg de papas al año. Se estima que alrededor de 250,000 familias dependen de este cultivo, ya que el 50% de los agricultores se consideran pequeños y las áreas cultivadas son 2 hectáreas en promedio lo que representan el 20% del área total de siembra. La demanda de este tubérculo se concentra en el 74% en el consumo nacional, el 9% en el consumo industrial y el 17% para el uso de tubérculo semillas (Agro.bayer, 2022).

El cultivo del Papa requiere varios elementos nutricionales y químicos importantes para su crecimiento, el INIAP los divide en dos grupos: no mineral y minerales. Los no minerales provienen del agua y la atmósfera, y son nitrógeno (N), el carbono (C), oxígeno (O) e hidrógeno (H), el segundo grupo proviene del suelo y se clasifican en primarios como el nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K), y en el grupo secundario están el calcio (Ca), magnesio (Mg) y azufre (S). También como elementos minerales hay que considerar los micronutrientes como: boro (B), cloro (Cl), cobre (Cu), hierro (Fe), manganeso (Mn), molibdeno (Mo) y zinc (Zn). (Del Monte AG, 2022).

Un macronutriente importante es el calcio porque es necesario para el crecimiento de las plantas y; además, es un factor que afecta directamente la calidad del tubérculo, forma un componente estructural de las paredes celulares principales, y proporciona estabilidad celular, por lo que puede reducir la actividad de algunos microorganismos patógenos. (Adama, 2021).

En el campo, carencias moderadas de calcio no necesariamente posee síntomas en las hojas, pero manchas marrones pueden aparecer alrededor de los estolones en el ápice del tubérculo, las últimas hojas muestran un color verde claro y con un tamaño pequeños, además las puntas están enrolladas, con manchas marrones ubicados en los márgenes de las hojas o ápices (Yara, 2018).

La deficiencia de calcio en las papas puede ocurrir por varias razones, entre ellas puede estar asociada a factores como suelos ácidos, arenosos, o con altos niveles de sodio o aluminio, los cuales limitan la disponibilidad de este nutriente esencial, así como las condiciones climáticas de bajas temperaturas poca luminosidad y alta nubosidad (Yara, 2018).

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuál es el efecto de la aplicación de diversas fuentes y dosis de calcio en el cultivo de papa en la provincia del Carchi?

1.3. JUSTIFICACIÓN

En la actualidad los suelos del Carchi son sobre explotados por los agricultores, ya que se aplican prácticas inadecuadas de cultivo, sobre todo en aquellos suelos que poseen pendientes pronunciadas, generando pérdida de nutrientes y erosión del suelo. (Observación directa, 2025).

Se ha identificado que el calcio es un elemento nutritivo esencial, de los más importantes para el desarrollo de los cultivos. Su presencia óptima garantiza plantas más fuertes, frutas más duras y de calidad, ya que es un elemento constitutivo de la pared celular y de la laminilla media, lo que explica la intervención del calcio con prácticamente todos los procesos fisiológicos del desarrollo de la planta (Manvert Logo Banner, 2022).

Profundizando en las funciones del calcio a nivel de las plantas se puede describir que este participa en la cohesión celular en la lámina media y por ende en la pared celular, participa en la división y el crecimiento celular, y regula la

hidratación de nitrógeno, participa en la translocación de foto asimilados, colabora en el control estomático, activa enzimas como amilasa, fosfolipasa, y neutraliza ácidos orgánicos generados en el metabolismo vegetal. También el calcio ha ganado especial importancia en la homeostasis y los mecanismos de protección propia de las plantas que proceden como otro mensaje en circunstancias con estrés vegetal abiótico y biótico. En la planta, el calcio desempeña varias funciones vitales: Actúa como un componente estructural de la pared celular, siendo fundamental para la permeabilidad de la membrana plasmática como resultado, de esto interviene en el transporte de foto asimilados, contribuyendo al llenado de los frutos. (fertilizanteseconforce, 2015).

La aplicación de la cal en los cultivos como fuente de calcio es muy importante, debido a que ayuda en diferentes aspectos: regula el pH del suelo, ayuda a que el potasio sea asimilado de mejor manera, dando como resultado un mejor llenado o engrose de los productos. La cal estimula el metabolismo de los organismos heterótrofos, con lo cual se obtiene una mayor rapidez de mineralización de la materia orgánica. Para que las bacterias realicen la conversión de la nitrificación necesitan grandes cantidades de calcio activo, y como consecuencia el proceso del nitrógeno tanto simbiótico como no simbiótico, se favorece con una correcta adición de cal (Taticuan, 2018).

Por lo tanto, la presente investigación se encamina en aplicar diferentes fuentes de calcio y diferentes dosis con el fin de cubrir la deficiencia de este elemento en las plantas y a su vez mejorar la productividad de las mismas.

1.4. OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

1.4.1. Objetivo general

Evaluar el efecto de la aplicación periódica de diversas fuentes calcio (óxido de calcio, cal agrícola, suero de leche y calcio foliar) sobre el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*)

1.4.2. Objetivo específico

- Determinar el tratamiento con mejor desempeño agronómico en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) mediante la aplicación de diferentes fuentes de calcio

- Establecer el rendimiento alcanzando en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) baja la influencia de la aplicación de diferentes fuentes y dosis de calcio
- Establecer el análisis económico del experimento en términos del índice costo beneficio.

1.4.3. Preguntas de investigación

¿Qué efecto tienen los tratamientos con diferentes fuentes de calcio sobre los parámetros agronómicos estudiados?

¿Cómo influye la aplicación de distintas fuentes de calcio en el rendimiento del cultivo de papa (*Solanum tuberosum*)?

¿Cuál de los tratamientos evaluados resulta más rentable desde el punto de vista económico, considerando la relación costo-beneficio?

II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. ANTECEDENTES A LA INVESTIGACIÓN

En el trabajo experimental efectuado en la localidad de Yanaccma a 3850 msnm, se tuvo como objeto determinar la dosis de cal y gallinaza que maximice el rendimiento del tubérculo de papa de la variedad amarilla y analizar el mérito económico de los tratamientos. Los tratamientos estudiados fueron: cinco niveles de gallinaza: 0, 2, 4, 6, 8 tn.ha⁻¹ y cinco niveles de Cal: 0, 1.5, 3, 4.5, 6 tn.ha⁻¹, en lo referente a la producción de la papa categoría de primera calidad bajo el efecto de la adición de los insumos evaluados, se obtuvo una adecuada respuesta al proporcionar al suelo 8.0 tn.ha⁻¹ de gallinaza con 5.40 tn.ha⁻¹ de cal, alcanzando una productividad de 32.53 tn.ha⁻¹ de tubérculos cosechados, asimismo al proporcionar al suelo 8.0 tn.ha⁻¹ de gallinaza con 3.0 tn.ha⁻¹ de cal se obtuvo un nivel de productividad de 26.27 tn.ha⁻¹ de tubérculos, además se determinó que los tratamientos que tienen el máximo nivel de gallinaza como: T1 (8.0 tn.ha⁻¹ de gallinaza sin cal), T2 (8.0 tn.ha⁻¹ de gallinaza con 6.0 tn.ha⁻¹ de cal) y T3 (8.0 tn.ha⁻¹ de gallinaza con 3.0 tn.ha⁻¹ de cal) tienen mayor rentabilidad, con niveles de 98, 73 y 78%, respectivamente (Palomino Marcatoma, 2024).

En el experimento denominado efecto de la aplicación foliar de tres dosis de ácido fúlvico y tres dosis de calcio y boro en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*), con el cultivar Canchan INIAA, en la zona media del valle de Ica, se dispuso un diseño experimental de bloques completamente azar con tratamientos constituidos por tres dosis de un ácido fúlvico y tres dosis de calcio y boro, más un testigo, con 5 repeticiones, y se determinó que el ácido fúlvico con una dosis de 6.0 L/ha obtuvo una producción de 37.202 kg/ha, mientras que en el factor dosis del producto a base de calcio y boro con una dosis de 6.0 L/ha su producción correspondiente fue 36.302 kg/ha de tubérculos en promedio; el ácido fúlvico y el producto a base de calcio y boro en sus diferentes dosis superaron ampliamente al testigo quien obtuvo una producción de 31,832 kg/ha, (Cervantes Alejo, 2019).

En el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) se evaluó el potencial del yeso agrícola ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) en combinación con *Bacillus cereus*, *B. subtilis*, *Pseudomonas fluorescens* y *Trichoderma harzianum* como promotores de crecimiento vegetal. El diseño experimental utilizado en esta investigación fue el de bloques completamente azar, con tres tratamientos aplicados al cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) los mismos que estuvieron constituidos por: T1 Testigo, T2 (*Trichoderma harzianum* combinado con 40 kg ha^{-1} calcio), T3 (*B. cereus*, *B. subtilis*, *Pseudomonas fluorescens* y *Trichoderma harzianum* combinados con 40 kg ha^{-1} calcio), la fuente de calcio en T2 y T3 fue yeso agrícola. Las variables evaluadas fueron altura de planta, contenido de clorofila, composición nutrimental de hoja y número de hojas, peso y peso volumétrico del tubérculo, en cuanto a los resultados mientras que el testigo (T1) mostro mayor altura de planta que T2 y T3, el tratamiento T3 destacó significativamente en los parámetros productivos con un aumento del 51.5% en número de tubérculos y un rendimiento de 26.5 t ha , superando al testigo. (José Leal-Almanza, 2018).

La investigación realizada en el CIP- Camacani de la UNA, presento los siguientes objetivos: determinar el efecto de la roca travertino (CaCO_3) sobre: las características físicas-químicas del suelo, rendimiento y costos de producción en el cultivo de papa Var. Imilla Negra. Para el análisis estadístico se utilizó un diseño de bloques completamente al azar, con cinco tratamientos (dosis) y cuatro repeticiones; las dosis fueron 0, 200, 600, 1,000 y 1,800 kg de Ca/ha al suelo, la fuente de calcio fue roca travertino molida, además se aplicaron a todas las parcelas estiércol de ovino a razón de 2 tn/ha . El mayor rendimiento del cultivo de papa en el momento de la cosecha se logró con la dosis 1800 kg de Ca/ha alcanzado un rendimiento de producción a nivel de tubérculo de 41700.50 kg/ha . En el análisis económico del cultivo de papa por hectárea, con la aplicación de roca travertino a la dosis 600 kg de Ca/ha se registró un costo total de $\text{S/}.10683.84$ y se obtuvo mayor rentabilidad (284.69%) con un índice beneficio/ costo de 3.85, valores que superaron a los demás tratamientos (Asqui Saraza, 2018).

2.2. Marco teórico

2.2.1. Origen cultivo de papa (*Solanum tuberosum*)

El origen del cultivo de la papa se remonta a tiempos antiguos en la época precolombina, gracias a la domesticación de diferentes variaciones de tubérculos en

distintas zonas de los Andes. Con el tiempo, este cultivo se difundió por casi todo Sudamérica, incluso con el Ecuador, donde hoy se puede encontrar alrededor de 400 variedades de papas con una combinación de colores. Sin duda este maravilloso superalimento, que data de hace más de 14.600 años atrás, se originó en las faldas de la cordillera de los Andes, es protagonista de varios hechos que marcaron al mundo y cuenta con una historia que no está exenta de polémicas (Laderasur, 2022).

2.2.2. Importancia

La papa ocupa el segundo lugar en importancia entre los cultivos de la Sierra ecuatoriana, y en la zona andina se encuentran más de 500 tipos deferentes de cultivares diferenciándose en cuanto a colores y sabores. Las variedades más notorias son la Super Chola, Capiro y la Chaucha. Sin embargo, existen otras especies que sobresalen por su color púrpura como Yana Shungo, además se puede observar otros cultivares con nombres, formas, colores y sabores muy propios como la Coneja Negra, Yema de Huevo, Puca Shungo y Leona Negra. De este tubérculo, en el país se obtienen 300.000 toneladas/año; sin embargo, el consumo per-capital en Ecuador es el más reducido de la región, oscilando entre 23 y 24 kg/año, siendo superado por países vecinos como Perú (90 kilogramos) y Colombia (50-55 kilogramos), esto a pesar de su importancia en nuestra gastronomía (Del Monte AG, 2023).

2.2.3. Taxonomía vegetal

En la actualidad las papas que se siembran en el mundo se les conoce colectivamente bajo el nombre de *Solanum tuberosum*.

Tabla 1. Clasificación Taxonómica

Reino:	Plantae.
División:	Magnoliophyta.
Clase:	Magnoliopsida.
Subclase:	Asteridae.
Orden:	Solanales.
Familia:	Solanaceae.
Subfamilia:	Solanoideae.
Tribu:	Solaneae
Género:	Solanum.
Subgénero:	Potatoe.
Sección:	Petota.
Especie:	<i>Solanum tuberosum</i> L., 1753.

Fuente: Abonamos (2025)

La conformación del cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) presenta las siguientes características:

- Raíz. El tipo de raíz está determinado por el inicio del material de propagación si proviene de una semilla sexual, formara un sistema de raíces pivotantes, en cambio, si la planta se desarrolla de una semilla asexual como un tubérculo, sus raíces serán fibrosas. En comparación con otras plantas, la papa tiene un sistema de raíces menos fuerte, puesto que su tipo de raíces varía de frágil y superficial a fibroso y profundo (Abonamos, 2025).
- Tallo. Las plantas originarias de semilla sexual tienen simplemente un tallo principal aéreo, mientras que las procedentes de semilla asexual (tubérculo) pueden producir varios tallos. Los tubérculos de papa son tallos reformados y constituyen importantes órganos de almacenamiento de la planta de papa. (Abonamos, 2025).
- Hojas. Normalmente posee hojas compuestas imparipinnadas, alternas, pubescentes, en la base de cada pecíolo se hallan dos hojuelas contiguas llamadas seudoestípulas, desde el sitio de implantación del pecíolo pueden aumentar su tamaño hacia el exterior (Abonamos, 2025).
- Flores. Presenta inflorescencias y su color puede variar, abarcando desde tonos blanco-verdoso hasta cremosos que se acercan al amarillo, pasando por violeta azul pálida y azules oscuros (púrpuras), así como también desde rosas hasta rojos intensos. Las flores de la papa tienen una forma completa y son hermafroditas (Abonamos, 2025).
- Frutos y semillas. Es una baya, el tono cambia de verde claro a verde purpura, por lo general la fruta tiene forma esférica, las semillas tienen una forma ovalada, son delgadas y son de un tamaño diminuto (1.000-1.500 semillas por gramo), las semillas son siempre llamadas como semilla auténtica o semilla sexual para diferenciar de la comercial (tubérculos-semillas), usada para la producción y propagación de plantas (Abonamos, 2025).
- Tubérculo. Morfológicamente el tubérculo se presenta como un tallo subterráneo, que ha sido acortado, engrosado y se caracteriza por su textura carnosa, así como por la presencia de yemas inactivas u ojos. Varían considerablemente en tamaño y forma, siendo principalmente redondos, cilíndricos y alargados. También pueden tener formas ovaladas, planas, ligeramente enroscadas o adoptar distintas irregularidades, el color de la piel de los tubérculos muestra una gran diversidad, que

abarca desde el blanco y amarillo, pasando por el violeta, rojo oscuro, morado, púrpura y hasta negro (Abonamos, 2025).

Los requerimientos edafoclimáticos del cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) son los siguientes:

- Temperatura °C: La principal restricción para el desarrollo del cultivo es la temperatura, dado que, si se encuentran por debajo de 10 °C o por encima de 30 °C, se afecta de manera irreversible el desarrollo del cultivo, mientras que la temperatura ideal para lograr una producción óptima se encuentra entre 20 y 25 °C (Abonamos, 2025).
- Precipitación (mm/año): el requerimiento oscila entre 600 a 1.000 milímetros durante la fase de producción y puede variar según la variedad, los mayores riesgos de deficiencia ocurren durante la germinación y el crecimiento de los tubérculos, por lo tanto, es fundamental realizar algunos riegos adicionales en las etapas más críticas del cultivo cuando no hay precipitaciones (Abonamos, 2025).
- Altitud: Su adaptación está en altitudes desde 460 a 3.000 metros sobre el nivel del mar, y para la producción comercial del cultivo se recomienda desde los 1.500 a 2.800 msnm (Abonamos, 2025).
- Requerimiento de riego hídrico (%): El riego de la papa debería proporcionar aproximadamente una pulgada (25 mm) de agua de forma semanal en la mayoría de los tipos de suelo. No obstante, en terrenos arenosos y con poca materia orgánica, podría ser necesario irrigar hasta 50 mm cada semana. (Eos, 2024).
- Vientos: Vientos moderados con velocidades no mayores a 20 km/h son buenos para el cultivo, si sobrepasan estas velocidades dañan los sembríos porque pueden causar daños a las plantas, como quebramientos, deshidratación, caída de flores o tubérculos expuestos, además de causar estrés (Abonamos, 2025).
- Luz: La papa requiere un período de luz prolongado durante su fase de crecimiento, que puede ir de 8 a 12 e incluso 16 horas de luz (20,000 a 50,000 Lux) diariamente, dependiendo de la variedad plantada, además necesita un período de luz corto para lograr una buena formación de tubérculos (Abonamos, 2025).

- Suelos: Se requiere una profundidad mayor a 50 cm, pH= 5 – 7, densidad aparente de 1.20 g/cm³, materia orgánica de 3.5%, pendiente de 0 a 4% máximo, inclinaciones mayores a 4.1 % ocasionan reducción en la producción del tubérculo los suelos que necesita el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) requiere las siguientes texturas: suelos francos, franco-arenosos, franco-limosos y franco-arcillosos, con buen drenaje y ventilación (Abonamos, 2025).

2.2.4. Manejo del cultivo

2.2.4.1. Selección de Semilla

Seleccione el sembrío, y plantas madre de las cuales se va a recolectar o almacenar los tubérculos – semilla, este debe tener las mejores características preferiblemente, debería ser un terreno en reposo y que cuente con un buen historial sanitario del cultivo, ya que distintos patógenos tienen formas de resistencia que les permiten sobrevivir durante mucho tiempo en el suelo. (Peñañiel, 2021).

2.2.4.2. Siembra

Aunque se puede propagar a través de semillas o injertos, en realidad se plantan tubérculo-semilla o fragmentos de este que generan brotes en las yemas. Cada papa o segmento debe contener al menos dos yemas; se colocan a una profundidad de unos siete a ocho centímetros. La siembra o el surco puede realizarse con un arado o utilizando un azadón, aunque cada vez es más común el uso de sembradoras que son remolcadas por un tractor o que están suspendidas (Carlos, 2012).

Las labores culturales más importantes del cultivo son:

- Retape. Este trabajo se lleva a cabo a menudo en la provincia de Carchi entre el día 15 y el día 21 posterior a la siembra. Ayuda a incorporar la fertilización y controlar las malezas (Cipotato.org, 2024).
- Rascadillo o deshierba. Mediante esta labor se controla las malezas y se remueve superficialmente el suelo para evitar el desgaste de humedad. Esta labor se realiza de 30 a 50 días después de la plantación, no obstante, esto está relacionado con la humedad presente y con la manera en que se ha trabajado el terreno, si la humedad es escasa y si el terreno ha sido preparado correctamente, habrá menos plantas indeseables, en extensiones pequeñas se puede realizar esta labor en forma manual utilizando azadón, o por tracción animal (Cipotato.org, 2024).

- Medio aporque. El medio aporque es un primer levantamiento de tierra alrededor de las plantas y a lo largo de la línea de siembra. La época adecuada para realizar esta labor se encuentra entre los 50 a 80 días después de la plantación. Su función es proporcionar estabilidad a la planta, remover el suelo y controlar malezas. Este trabajo se lleva a cabo de manera manual o a través de maquinaria (tractor o pareja de animales) (Cipotato.org, 2024).
- Aporque. Este trabajo se realiza entre los 90 y 110 días después de la siembra, de la misma manera que el método de aporque; además de ofrecer un entorno adecuado para el desarrollo de tubérculos, con esta labor se configura de manera definitiva los surcos (Cipotato.org, 2024).

2.2.4.3. Las plagas insectiles y enfermedades más importantes del cultivo son:

- Gusano Blanco del tubérculo (*Premnotrypes vorax*): El insecto adulto consume con mayor agrado las hojas (folíolos) del tercio medio e inferior de la planta por su mayor contenido de azúcares y menor cantidad de alcaloides (sabor amargo). Los estados larvarios del insecto causan graves perjuicios, generando galerías como si fueran túneles en los tubérculos (Raúl Andrade Dávila, 2024).
- Polillas de la papa (*Phthorimaea operculella*): *P. operculella* causa daños muy severos en hojas y tallos cuando la planta está en estado de emergencia, también puede alimentarse del tubérculo en campo y almacén (Raúl Andrade Dávila, 2024).
- Pulguilla de la papa (*Epitrix spp*): Los insectos adultos producen huecos pequeños, de 3 mm de diámetro en las hojas menores. Las hojas fuertemente dañadas pueden secarse completamente, lo que afecta la capacidad de fotosíntesis y el rendimiento de la planta, también se alimentan de las raíces, estolones y tubérculos (Raúl Andrade Dávila, 2024).
- Trips (*Thrips tabaci*): Estos insectos se alimentan del contenido celular del envés de las hojas. La planta se debilita, las hojas terminan secándose y la planta reduce su rendimiento en casos severo (Raúl Andrade Dávila, 2024).

2.2.4.4. Las enfermedades del cultivo son

- Lancha o Tizón tardío de la papa (*Phytophthora infestans*): Los síntomas de esta enfermedad se observan como manchas o lesiones de aspecto húmedo en

las hojas, que al cabo de unos días, se tornan necróticas con un tono marrón al estar secas (Raúl Andrade Dávila, 2024).

- Lancha café o Tizón temprano o Lancha con anillos (*Alternaria solani*): En las hojas y, en menor grado en los tallos, se forman manchas necróticas, marcadas internamente por series de anillos concéntricos (Raúl Andrade Dávila, 2024).
- Costra negra (*Rhizoctonia solani Kühn*): El hongo ataca a los brotes y tallos a partir de esclerocios presentes en el suelo o la semilla, es sencillo reconocerlo, en el país numerosos cultivos presentan una baja producción a causa de la rizoctoniasis. *R. solani* que genera manchas marrones deprimidas, de variadas formas y dimensiones, que perjudican los estolones y tallos que se encuentran al nivel del suelo o por debajo de él (Raúl Andrade Dávila, 2024).

2.2.4.5. Nematodos

- Nemátodo del quiste (*Globodera pallida*): *G. pallida* no presenta síntomas específicos en la parte aérea de la planta, es común que haya un crecimiento deficiente, enanismo, amarillamiento y senescencia temprana, (Raúl Andrade Dávila, 2024).

2.2.4.6. Cosecha

La gran parte de las papas se puede recolectar entre 120 y 160 días luego de haber sido sembradas. Cuando llegue el momento de recoger la cosecha se retira con delicadeza los tubérculos, separándolos de los estolones de la planta, cuando las hojas comienzan a marchitarse y secarse (estado de senescencia) es una señal de que los tubérculos están listos para la cosecha (Christian T. Christensen, 2021).

2.2.5. Nutrición de la planta

Los requerimientos nutricionales de la papa varían según la etapa de crecimiento del cultivo, durante su desarrollo, cada fase fisiológica demanda nutrientes especificados en distintas cantidades

2.2.6. Requerimientos en la etapa de inicio de la tuberización

En la etapa del crecimiento del cultivo, las necesidades nutricionales cambian según la fase de desarrollo. En la fase inicial donde se forma el tubérculo, conocida como fase de gancho, es crucial contar con suficiente nitrógeno y potasio para fomentar un crecimiento temprano robusto y promover la acumulación de materia seca. En

esta etapa, el boro también es importante, ya que ayuda a fortalecer el crecimiento y aumentar la cantidad de tubérculos. Además, el azufre contribuye a reducir enfermedades y aumenta el número de tubérculos por planta (Yara, 2017).

2.2.7. Requerimientos en la etapa de tuberización

En la etapa temprana del desarrollo de los tubérculos, el boro y el magnesio son cruciales, ya que fomentan el aumento en el tamaño de los tubérculos. En esta etapa, el zinc y el manganeso también son necesarios para optimizar la textura de la piel de los tubérculos. La inclusión de calcio ya sea solo o junto al boro, es fundamental para obtener una epidermis de buena calidad, disminuir la aparición de manchas internas causadas por óxido y mejorar la resistencia de la planta frente al estrés por sequía o altas temperaturas (Yara, 2017).

2.2.8. Requerimiento nutricional de la Etapa de floración y llenado del tubérculo

Durante la etapa de floración y crecimiento de tubérculos, el nitrógeno, el fósforo, el magnesio y potasio juegan un papel fundamental para garantizar un desarrollo uniforme y saludable de tubérculos. En esta fase el calcio mantiene su importancia al mejorar la calidad de la epidermis del tubérculo y disminuir la incidencia de enfermedades, contribuyendo así a obtener un producto final de mayor calidad (Yara, 2017).

2.2.9. Calcio en el cultivo

El calcio juega un papel fundamental en la formación de las paredes de las células, creando una estructura robusta que garantiza la estabilidad de las células. Las paredes celulares con un contenido más alto de calcio brindan una protección más efectiva contra los ataques de bacterias y hongos. El calcio es un elemento crítico durante la mitosis y la expansión posterior de la célula esencial antes de y durante la fase rápida de crecimiento del tubérculo (Yara, 2018).

2.2.10. Abonos

2.2.10.1. Abono químico

Para lograr un crecimiento óptimo, se elige fertilizantes completos que contengan fósforo (P), potasio (K) y nitrógeno (N). con la adición de micronutrientes. (Eos, 2025).

2.2.10.2. Abono orgánico

Los abonos orgánicos son constituidos por procesos biológicos en los que intervienen residuos de origen vegetal o animal como el compost y la gallinaza, que son fundamentales en el cultivo de papa, ya que mejoran las propiedades químicas y biológicas del suelo, favorecen el desarrollo saludable de las plantas y contribuyen a un aumento significativo en el rendimiento de los tubérculos (Valverde, 2011)

2.2.10.3. Bio cal

Es un producto mineral líquido de aplicación al suelo que actúa regulando las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo evitando agentes patológicos y es completamente soluble en agua y se puede aplicar riego, aspersión o directo al follaje, las dosis son las siguientes: 5-10L/ha en aplicaciones al suelo. 1-2 L/ha para aplicaciones foliares en dispersión (El Finquerito, 2024).

Ingredientes activos

Calcio (CaO) 30%

2.2.10.4. Cal agrícola

La cantidad de cal agrícola que se aplica al suelo depende del grado de acidez y del tipo del suelo. En suelo ligeros y ligeramente ácidos se recomienda una dosis de entre 1 y 2 toneladas por hectárea, mientras que en suelo pesados y fuertemente ácidos puede ser necesario aplicar hasta 4 toneladas por hectáreas (products.pcc.eu, 2023)

Tabla 2. Composición de cal agrícola

Componente	Contenido
Carbonato de calcio (CaCO ₃)	98%
Calcio	40%
Solubilidad	0.0017 g/l
Punto de ebullición	825 °C

Fuente: Abonos con Agrícola (2020)

2.2.10.5. Mixpac papa siembra

Es un abono que puede ser aplicado al suelo, que se adapta a los requerimientos particulares de la cosecha. Su aporte balanceado de nutrientes primarios y secundarios Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Magnesio y Azufre, garantiza la homogeneidad y uniformidad en la aplicación (Agripac, 2021)

Tabla 3. Ingredientes activos

Ingrediente Activo	Porcentaje (%)
N (Nitrógeno)	12%
P ₂ O ₅ (Fósforo)	30%
K ₂ O (Potasio)	10%
MgO (Magnesio)	2%
S (Azufre)	1%
Cl ⁻ (Cloro)	7.6%

Fuente: Agripac (2021).

2.2.10.6. Oxido de calcio

El óxido de calcio líquido conocida como: cal hidratada líquida se obtiene mediante la adición controlada de agua al óxido de calcio sólido (cal viva) este procedimiento se llama adición o apagado, genera una reacción exotérmica que produce hidróxido de calcio (Ca (OH)₂) formando una pasta o lechada de cal. Gracias a su formación líquida este tipo de cal permite aplicaciones eficientes y uniformes sobre el terreno, aportando calcio al cultivo y corrigiendo la acidez del suelo con mayor rapidez, además de mejorar las condiciones físico-químicas del suelo, facilita el trabajo agrícola al ser compatible tanto con equipos mecanizados como con los métodos manuales, su efecto es casi inmediato lo que permite observar mejoras en poco tiempo (Agroenlace, 2023).

Tabla 4. Composición de óxido de calcio

Componente	Contenido
Calcio (Ca)	20.00 %
Magnesio (Mg)	0.10 %
Ácidos carboxílicos	0.30 %
Aminoácidos	5.00 %
Boro (B)	20 ppm
Excipiente c.b.p.	—

Fuente: PNM (2020)

2.2.10.7. Cal agrícola

La cal agrícola es un elemento importante para preservar la calidad del terreno, modificando su pH y el nivel de acidez, lo que beneficia el desarrollo y el bienestar de las plantas, encuentran las siguientes:

- Neutraliza la acidez de ciertos terrenos: Existen terrenos que son inherentemente ácidos, lo que puede perjudicar el crecimiento vegetal. La cal agrícola colabora en neutralizar la acidez del terreno, lo que beneficia el desarrollo de las plantas (Agronet, 2023).

- Mejora la composición del suelo: La cal agrícola optimiza la composición del suelo, particularmente en suelos con alta cantidad de arcilla. Los vuelve menos densos y mejora la aeración, lo que permite una mejor absorción del agua, ya sea del riego o de las precipitaciones. Esto es crucial para asegurar un buen desarrollo de las raíces y, en consecuencia, de las plantas. Aporta calcio: La cal agrícola es una muy buena fuente de calcio, un nutriente fundamental para las plantas, incorporar cal agraria al terreno es un método eficaz para proporcionar calcio a las raíces sin necesidad de usar productos especializados o fertilizantes (Agronet, 2023).
- Actúa como un repelente de plagas: La cal agrícola posee cualidades que ahuyentan o repelen a las babosas y orugas, además de luchar contra diversas enfermedades. Esto es especialmente beneficioso para quienes quieren cultivar sus propios alimentos de manera ecológica y sin recurrir a pesticidas.(Agronet, 2023).

Tabla 5. Composición de cal agrícola

Componente	Contenido
Carbonato de calcio (CaCO ₃)	98%
Calcio	40%
Solubilidad	0.0017 g/l
Punto de ebullición	825 °C

Fuente: Abonos con Agrícola (2020)

2.2.10.8. Suero de leche

El suero de leche obtenido como fracción líquida tras la coagulación de la leche contiene minerales como el calcio en cantidades que pueden alcanzar alrededor de 104 mg por cada 100 g de producto, dado que el suero este compuesto por agua en una concentración del (94%) (Beltrán, 2021)

Tabla 6. Composición de suero de leche

Componente	Rango / Contenido
Sólidos lácteos	63.0 – 70.0 %
Lactosa	46.0 – 52.2 %
Proteína	6.0 – 10.0 %
Calcio	0.4 – 0.6 %
Fosfatos	0.3 – 1.0 % (ordenado)
Lácteo (no especificado)	2.0 %
Cloruros	1.1 %

Fuente: Mundo Lácteo (2022)

2.2.10.9. Metalosato calcio

El quelato aminoácido metalosate calcio ha sido creado para integrarse en un plan habitual de fertilización con el fin de evitar o remediar carencias nutritivas que puedan restringir el desarrollo de las plantas (Ciasa Agro, 2023).

Tabla 7. Composición del Metalosato de calcio

Componente	Contenido
Calcio (Ca)	6.0 %

Fuente: Ciasa Agro (2023)

III. METODOLOGÍA

3.1. ENFOQUE METODOLÓGICO

3.1.1. Enfoque

experimento con base en un diseño de bloques completamente al azar, en el cual se evaluaron variables numéricas como: altura de planta, presencia de tallos principales y diámetro de estos, cobertura foliar, rendimiento del cultivo a la cosecha y relación costo beneficio.

3.1.2. Tipo de investigación

La investigación fue de tipo experimental, en la cual se evaluó la aplicación periódica de diferentes dosis y fuentes de calcio en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) con base en un diseño de bloques completamente al azar (9 tratamientos y 4 repeticiones) con lo cual se determinó los mejores tratamientos de cada variable estudiada.

3.2. Hipótesis

HO: La aplicación periódica de diversas fuentes de calcio influyen en el desarrollo del cultivo de papa (*Solanum tuberosum*)

H1: La aplicación periódica de diversas fuentes de calcio no influyen en el desarrollo del cultivo de papa (*Solanum tuberosum*)

3.2.1. Definición y operacionalización de variables

3.3.1 Definición de variable

Variable independiente: aplicación de fuentes de calcio aplicado en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*)

Variable dependiente: desarrollo del cultivo de papa (*Solanum tuberosum*)

3.3.2 Operacionalización de variables

Tabla 8. Operacionalización de variable

Variable definición	Dimensiones	Indicadores	Técnica	Instrumento
Variable independiente (fuentes de calcio)	Oxido de calcio	Aplicación al suelo de óxido de calcio en dosis baja 8L/ha, cada 20 días	Aspersión en drench	Bomba
		Aplicación al suelo de óxido de calcio en dosis altas 16L/ha, cada 20 días	Aspersión en drench	Bomba
	Cal agrícola	Aplicación edáfica de cal agrícola dosis baja 1350 kg/ha repartidos en cuatro momentos (siembra, primer aporque, segundo aporque y deshierba)	Aspersión manual	Manual
		Aplicación edáfica de cal agrícola dosis alta 2700 kg/ha repartidos en cuatro momentos (siembra, primer aporque, segundo aporque y deshierba)	Aspersión manual	Manual
	Suero de leche en drench	Aplicación al suelo de suero de leche dosis baja 400 L/ha, cada 20 días	Aspersión por drench	Bomba
		Aplicación al suelo de suero de leche dosis alta 800L/ha cada 20 días	Aspersión por drench	Bomba
Variable dependiente	Altura de planta (cm) en el cultivo	Se realizo la medición desde el cuello o base de la planta hasta el ápice de la misma en el cultivo de papa (<i>Solanum tuberosum</i>)	Medición manual y registro	Cinta métrica
	Presencia de tallos principales en el cultivo	Se identifico y registro los tallos que brotaron directamente del tubérculo semilla en el cultivo de papa (<i>Solanum tuberosum</i>)	Observación y registro	Libreta de campo
	Diámetro de tallos principales en el cultivo	Se determino el grosor de los tallos principales en el cultivo de papa (<i>Solanum tuberosum</i>), esta medición se efectuó con el pie de rey en la base o cuello de la planta	Medición manual y registro	Pie de rey
	Cobertura foliar del cultivo	Con la aplicación conopeo para móviles se procedió a capturar la imagen de la cobertura vegetal del cultivo por planta, imagen captada a un metro del suelo, cada 20 días. Esta aplicación determina cuantitativamente el porcentaje de cualquier recubrimiento de vegetación agrícola, con fotos o videos obtenidos por dispositivos móviles. (Urquijo, 2015)	Medición fotográfica y registro	Celular
	Rendimiento de tubérculos (kg/ha) en el cultivo	La cosecha se efectuó cuando los tubérculos alcanzaron su madurez fisiológica, la cual se verifico mediante los siguientes criterios: (I) plantas amarillas y senescentes; (II) no hay desprendimiento de la piel del tubérculo al pasar la yema del pulgar, el tubérculo se separa muy fácil de la planta; y (III) finalización del ciclo vegetativo. se procedió a la recolección de cada tubérculo y a pesar, separando los tubérculos cosechados en primera, segunda y tercera categoría, registrando los datos de esta cosecha para el posterior análisis e interpretación de los resultados. (cipotato.org, 2024)	Pesaje	Balanza, costales y piola

Costo beneficio	Se calculo el índice costo beneficio de cada uno de los tratamientos relacionando el costo total y el valor de la utilidad.	Relación costo beneficio	Se realizo mediante la revisión de los registros obtenidos
-----------------	---	--------------------------	--

3.3. Métodos utilizados

3.3.1 Localización del experimento

En la figura 1 se presenta la ubicación del ensayo el cual se instaló en el Centro Experimental San Francisco perteneciente a la Universidad Politécnica Estatal del Carchi, que se encuentra localizado a una altitud de 2950 msnm



Figura 1. Vista satelital CESF y zonificación del ensayo con Google earth.

3.3.2 Tratamientos

En la tabla 8. se presenta los tratamientos que se implementaron periódicamente en el experimento en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*)

Tabla 9. Descripción de tratamientos

Tratamientos	Composición	Descripción
T1	Oxido de calcio (dosis baja)	Aplicación al suelo vía drench a una dosis de 8L/ha, cada 20 días
T2	Oxido de calcio (dosis alta)	Aplicación al suelo vía drench a una dosis de 16L/ha, cada 20 días
T3	Cal agrícola (dosis baja)	Aplicación edáfica a una dosis total 1350 kg/ha y distribuidas en: Siembra, Primer aporque, Segundo aporque y Deshierba
T4	Cal agrícola (dosis alta)	Aplicación edáfica a una dosis total 2700 kg/ha y distribuidas en: Siembra, Primer aporque, Segundo aporque y Deshierba
T5	Suero de leche (dosis baja)	Aplicación al suelo vía drench a una dosis de 400L/ha, cada 20 días
T6	Suero de leche (dosis alta)	Aplicación al suelo vía drench a una dosis 800L/ha, cada 20 días
T7	Cal agrícola	Aplicación edáfica a una dosis 1700 kg/ha al momento de la siembra
T8	Calcio foliar	Aplicación foliar de calcio (fertilizante inorgánico) a una dosis 2.5 ml/L, cada 10 días
T9	Testigo	No recibieron aplicación de fuentes de calcio ni tratamientos adicionales

3.3.3 Características del ensayo

Para este ensayo se utilizó un diseño experimental de bloques completamente al azar (DBCA) con las siguientes características.

Tabla 10. Diseño de bloques

Diseño de bloques al azar	Dimensiones
Tratamientos	9
Repeticiones	4
Unidades experimentales	36
Área de la unidad experimental	24 m ² (3m x 8m)
Área total del experimento	1260 m ²
Distancia entre unidades experimentales	1.00 m
Distancia entre plantas	0.50 m
Distancia entre surcos	1.00 m
Plantas por cada tratamiento	168
Plantas por unidad experimental	42
Plantas totales en el experimento	1512

3.3.4. Esquema de disposición del ensayo

En la figura 2 se muestra la distribución de las unidades experimentales (tratamientos y repeticiones) en el experimento, el cual se instaló para determinar el efecto de la aplicación de diferentes fuentes de calcio en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*)

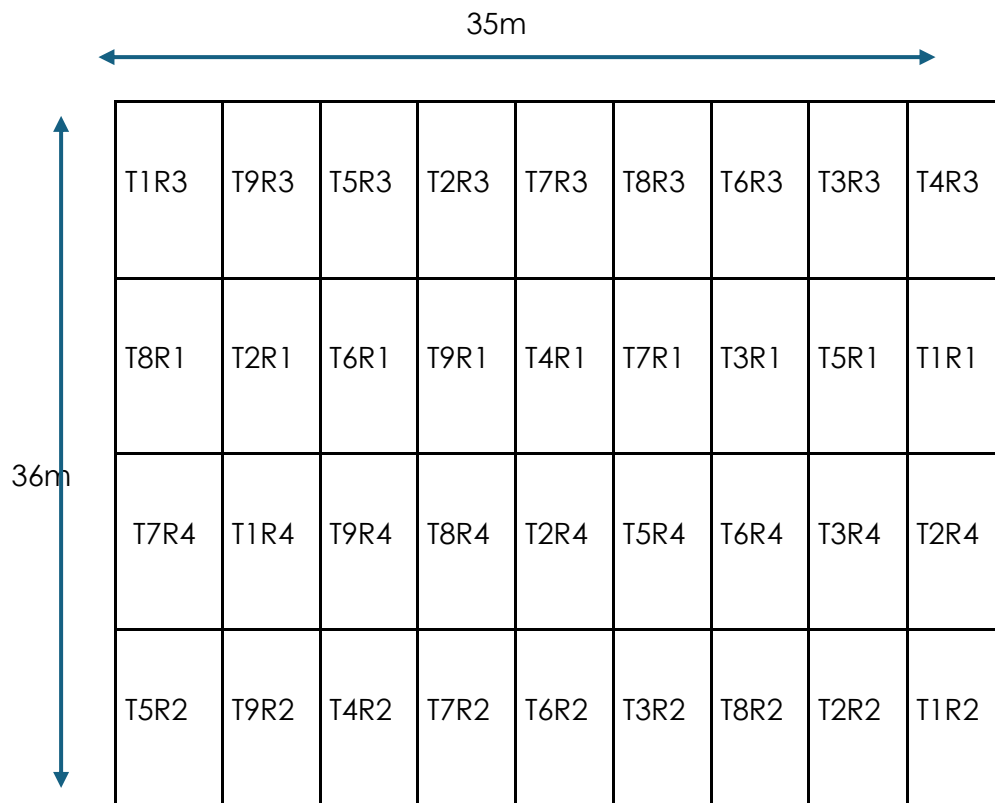


Figura 2. Esquema de disposición del ensayo

3.3.5. Características de la unidad experimental

En la siguiente figura se muestra como estuvo conformada internamente la unidad experimental (distribución de plantas) para el manejo y desarrollo del experimento

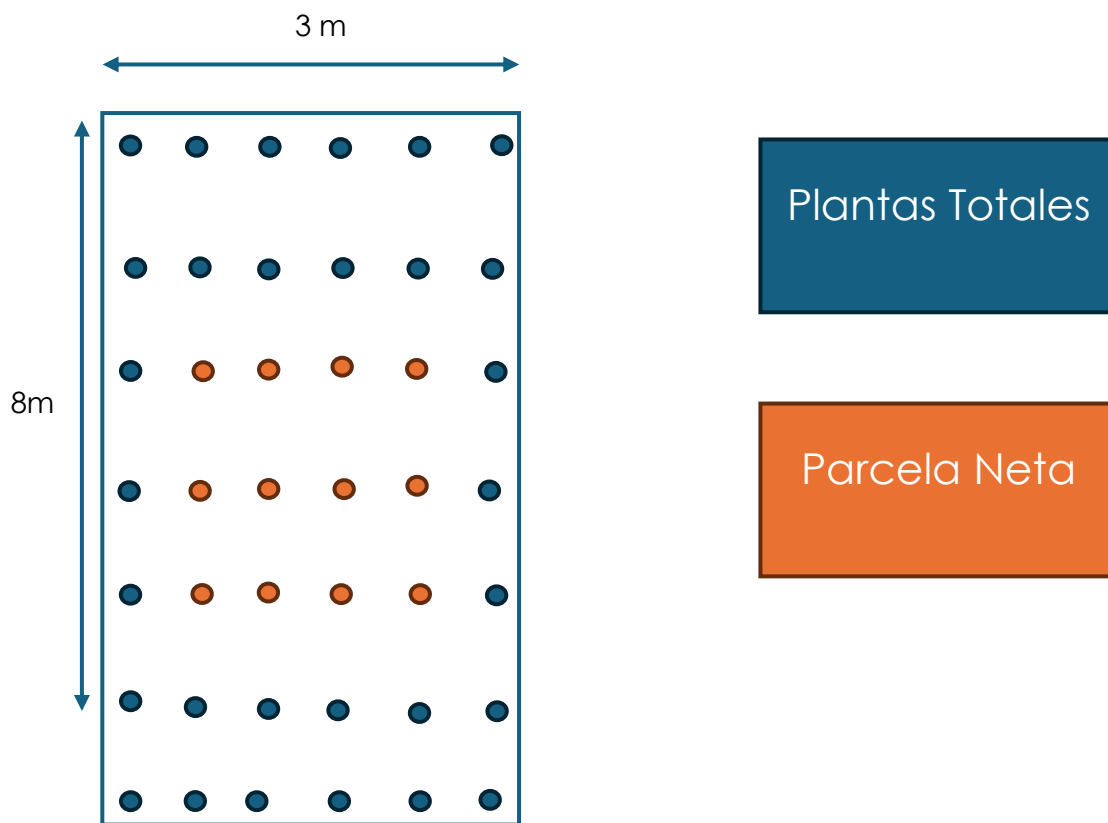


Figura 3. Características de la unidad experimental

3.3.6. Variables de medición

Altura de planta (cm) en el cultivo: la medición se realizó en 12 plantas de la parcela neta, midiendo desde el cuello hasta el ápice de la planta con una cinta métrica (cm) desde el momento de emergencia, hasta los 120 días de edad del cultivo, con una frecuencia de 20 días.

Presencia de tallos principales en el cultivo: Se identifico y contabilizo los tallos que brotaron directamente del tubérculo semilla en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*), desde la emergencia, hasta los 100 días de edad del cultivo, con una frecuencia de 20 días.

Diámetro de tallos principales en el cultivo: para efectuar la medición del diámetro en tallos principales del cultivo de papa se utilizó un calibrador o pie de rey, esta medida se la levanto al nivel del cuello de la planta a 2 cm de altura y se la realizo desde el momento de la emergencia, hasta los 120 días de edad del cultivo, con una frecuencia de 20 días.

Cobertura foliar del cultivo: para la medición de cobertura foliar se necesitó descargar la aplicación canopeo en el celular, posteriormente se procedió a colocar el celular de forma horizontal a un metro de distancia de la planta y se procedió a tomar una fotografía, esta aplicación cuantifica el porcentaje de cubierta vegetal verde viva de cualquier cultivo agrícola, césped o pastizal a partir de fotografías o vídeos obtenidos con el móvil, esta medición se efectuó desde el momento de emergencia, hasta los 120 días de edad del cultivo, con una frecuencia de 20 días. (Urquijo, 2015)

Rendimiento de tubérculos cosechados : La cosecha de tubérculos del cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) se realizó cuando estos alcanzaron su madurez fisiológica, la cual se determinó mediante los siguientes criterios (i) las plantas presentan un color amarillo y signos evidentes de senescencia; (ii) la epidermis del tubérculo no se desprende al frotar con la yema del pulgar, y los tubérculos se separaban fácilmente de la planta; y (iii) el ciclo vegetativo había finalizado por completo (cipotato.org, 2024), de cada parcela se procedió a clasificar los tubérculos por categorías (primera, segunda y tercera) posteriormente con una balanza se procedió al pesaje de cada categoría y expresa los tubérculos en a kg/ha.

Costo beneficio: Se calculo el índice costo beneficio de cada uno de los tratamientos, relacionando el costo total de cada tratamiento y el valor de la utilidad del mismo.

3.3.7. Análisis estadístico

Se utilizo el programa estadístico InfoStat de versión libre, para realizar el análisis de varianza (ANOVA) en cada variable estudiada, y reconocer diferencias estadísticas en las fuentes de variación estudiadas, también se usó la prueba estadística de Tukey al 5% para poder distinguir diferencias estadísticas entre tratamientos.

En la tabla 10 Se detalla el esquema de análisis de varianza

Tabla 11. Análisis estadístico

Esquema de análisis de varianza		
Fuente de variación	GL	P-valor
Total	35	
Tratamientos	8	
Repeticiones	3	
Error	24	
Coefficiente de variación	%	
Promedio	(cm)	

3.3.8. Manejo del experimento

Preparación del suelo: el área donde se implementó el experimento fue de 1260 m² para esto se preparó el suelo con intervención del tractor agrícola el mismo que implemento la labor del arado por dos ocasiones, luego se removió las arvenses de forma manual para proceder a levantar los surcos correspondientes.

Siembra: se empleó un azadón para levantar los surcos y proceder con la siembra del tubérculo semilla del cultivo de papa (*Solanum tuberosum*), a previa la siembra se desinfecto el sitio junto y el tubérculo semilla, utilizando los siguientes ingredientes activos: mancozeb 640 g/kg, metalaxil 80 g/kg, methomyl 900g/kg, kasugamycina 20 g/l, Tiametoxam 141 g/L Lambdacihalotrina 106 g/l, se utilizó las siguientes distancias como marco de plantación: 0.50 m entre plantas y 1 m entre surcos.

Labores culturales: el primer aporque del cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) se llevó a cabo a los 75 días transcurridos después de la siembra y el segundo aporque a los 90 días, mientras que la deshierba se la efectuó a los 120 días de edad del cultivo, estas labores culturales se las efectuó con el uso del azadón.

Cosecha: La cosecha se efectuó cuando los tubérculos alcanzaron su madurez fisiológica, la cual se verifico mediante los siguientes criterios: (I) plantas deficientes de clorofila y senescentes; (II) no hay desprendimiento de la epidermis del tubérculo al pasar la yema del pulgar, el tubérculo se aparta muy fácil de la planta; y (III) terminación del ciclo vegetativo, se procedió a la recolección de cada tubérculo, separando los tubérculos cosechados en primera, segunda y tercera categoría, registrando el pesaje de esta cosecha para el posterior análisis e interpretación de los resultados. (cipotato.org, 2024).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS

4.1.1. Altura de planta (cm) en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) bajo el efecto de la aplicación de diferentes fuentes de calcio

En la tabla 11 se muestra el análisis de varianza para la variable altura de planta en el cultivo de papa bajo el efecto de diferentes fuentes de calcio, medida en diferentes etapas del cultivo después de la emergencia (dde), a los 20, 40 y 60, dde y se observa que no existen diferencias estadísticas significativas entre tratamientos. A los 20 dde se verificó un coeficiente de variación de 12,4% y un promedio de 39.8cm de altura, a los 40 dde el CV fue de 8.29% con una media de 69 cm y para los 60 dde se observó un CV de 8.07% y un promedio de 70.5 cm de altura.

Tabla 12. Análisis de varianza para la variable altura de planta (cm) en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) bajo el efecto de la aplicación de diferentes fuentes de calcio

		20 (dde)	40 (dde)	60 (dde)
		P(valor)		
F.V.	GL			
Total	35			
Tratamientos	8	0.9844 ns	0.8902 ns	0.8717 ns
Repeticiones	3	0.2337 ns	0.0768 ns	0.071 ns
Error	24			
CV (%)		12.4	8.29	8.07
Promedio (cm)		39.8	69.61	70.53

Leyenda: FV: fuente de variación; GL: Grados de libertad; p-valor; Grado significativo; ns: no hay diferencia estadística significativa; CV: Coeficiente de Variación; dde: días después de la emergencia.

En la siguiente tabla se registra los promedios de papa medidos a los 20, 40 y 60 dde y se observa que el mejor tratamiento a los 40 y 60 dde en base al promedio alcanzado es el tratamiento T2 y que estuvo constituido por la aplicación de óxido de calcio a la dosis alta (16L/ha) registrando valores de: 71.45 cm y 72.75 cm respectivamente.

Tabla 13. Altura de planta (cm) en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) bajo el efecto de la aplicación de diferentes fuentes de calcio a los 20, 40 y 60 dde

Tratamiento	Altura de planta a 20 dde (cm)	Altura de planta a 40 dde (cm)	Altura de planta a 60 dde (cm)
T1	38.00	69.50	70.25
T2	39.75	71.75	72.75
T3	39.75	71.00	72.00
T4	39.00	66.50	67.25
T5	38.25	67.00	68.50
T6	41.00	69.50	70.25
T7	38.50	69.50	70.00
T8	37.50	72.00	73.25
T9	40.00	69.75	70.50

Leyenda: T1= Oxido de calcio dosis bajas en drench. T2= Oxido de calcio dosis alta en drench. T3= Cal al suelo dosis baja. T4= Cal al suelo dosis alta. T5= Suero de leche dosis baja. T6= Suero de leche dosis alta. T7= Aplicación de cal al suelo dosis agricultor. T8= Calcio formulación comercial. T9= testigo absoluto

En la tabla 13 se puede observar el análisis de varianza para la variable altura de planta en el cultivo de papa bajo la aplicación de tratamientos con base en diferentes fuentes de calcio, establecido a los 80, 100 y 120 dde, y se evidencio que no existe diferencia estadística significativa ($p > 0.05$) en los tratamientos, con valores p que oscilan entre 0.8516 (80 dde) y 0.6128 (120 dde).

En el experimento a los 80 dde el CV fue de 8.76% con una altura media de 74.8 cm, en los 100 dde se registró un CV de 7.83% y un promedio de 79cm, mientras que a los 120 dde se obtuvo un CV de 25.5% con una media de 78.6 cm de altura.

Tabla 14. Análisis de varianza para la variable altura de planta (cm) en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) bajo el efecto de la aplicación de diferentes fuentes de calcio a los 80, 100 y 120 dde.

F.V.	GL	P(valor)					
		80 (dde)		100 (dde)		120 (dde)	
Total	35						
Tratamientos	8	0.49	0.8516 ns	1.06	0.4200 ns	0.79	0.6128 ns
Repeticiones	3	1.96	0.1463 ns	2.86	0.0582 ns	1.70	0.1938 ns
Error	24						
CV %		8.76		7.83		25.54	
Promedio (cm)		74.8		79		78.61	

Leyenda: FV: fuente de variación; GL: Grados de libertad; p-valor; Grado significativo; ns: no hay diferencia estadística significativa; CV: Coeficiente de Variación; dde: días después de la emergencia

En la siguiente tabla se muestra los promedios para la variable altura de la planta en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) evaluada a los 80, 100 y 120 dde, y se observa que el mejor tratamiento a los 100 y 120 dde en base al promedio alcanzado es el tratamiento T7 que está conformado por una aplicación de cal agrícola al suelo a una dosis de 1400 kg/ha (dosis del agricultor) y que registra valores de: 82.25 y 89.50 cm de altura respectivamente.

Tabla 15. Altura de planta (cm) en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) bajo el efecto de la aplicación de diferentes fuentes de calcio a los 80, 100 y 120 dde

Tratamientos	80 dde (cm)	100 dde (cm)	120 dde (cm)
T1	72.00	74.25	77.00
T2	75.75	79.00	63.75
T3	76.25	82.75	87.50
T4	70.50	75.75	79.75
T5	72.25	76.25	81.00
T6	74.50	77.50	80.50
T7	72.75	82.25	89.50
T8	77.00	81.50	83.50
T9	75.75	81.75	65.00

Leyenda: T1= Oxido de calcio dosis bajas en drench. T2= Oxido de calcio dosis alta en drench. T3= Cal al suelo dosis baja. T4= Cal al suelo dosis alta. T5= Suero de leche dosis baja. T6= Suero de leche dosis alta. T7= Aplicación de cal al suelo dosis agricultor. T8= Calcio formulación comercial. T9= testigo absoluto

4.1.2. Presencia de tallos principales por planta en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) bajo el efecto de la aplicación de diferentes fuentes de calcio

En la tabla 15 se muestra el análisis de varianza de tallos principales por planta en el cultivo de papa bajo el efecto de diferentes fuentes de calcio medida en el cultivo en diferentes etapas después de la emergencia como: a los 20, 40, 60, 80 y 100 dde y se demostró que no existe diferencia estadística significativa en los tratamientos en ninguno de los periodos evaluados, como lo indican los p- valores. Sin embargo, se identificó diferencias estadísticas altamente significativas (5%) entre las repeticiones, desde los 40 dde hasta los 100 dde

Los coeficientes de variación en este experimento en esta variable oscilaron entre 11.5% y 14.5%, niveles alcanzados que se encuentran en rangos aceptables para este tipo de investigación. los valores promedios para esta variable fueron 2.03 tallos principales por planta a los 20 dde hasta 2.83 tallos principales por planta a los 100 dde, mostrando un aumento sostenido de estos valores a lo largo de la etapa de evaluación.

Tabla 16. Análisis de varianza para presencia de tallos principales en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) bajo el efecto de la aplicación de diferentes fuentes de calcio

		20 (dde)	40 (dde)	60 (dde)	80 (dde)	100 (dde)
F.V.	GL	P(valor)	P(valor)	P(valor)	P(valor)	P(valor)
Total	35					
Tratamientos	8	0.3103 ns	0.1997 ns	0.681 ns	0.8673 ns	0.7884 ns
Repeticiones	3	0.0879 ns	0.0001 **	0.0024 **	0.0004 **	0.004 **
Error	24					
CV %		13.2	14.5	12.85	11.5	11.6
Promedio (und/planta)		2.03	2.42	2.78	2.81	2.83

Leyenda: FV: fuente de variación; GL: Grados de libertad; p-valor; Grado significativo; ns: no hay diferencia estadística significativa; CV: Coeficiente de Variación; dde: días después de la emergencia. **= significativo al 1%

En la tabla 16 se registra los promedios del número de tallos principales por planta en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) para cada tratamiento durante el ciclo del cultivo (20, 40, 60, 80 y 100 dde) y el tratamiento T1, T8 y T9 (T1 Oxido de calcio dosis baja en drench, T8 Calcio fertilizante inorgánico y completo, T9 Testigo Absoluto) generaron el mayor número de tallos principales por planta con un valor de 3 a los 100 dde.

El apareamiento de tallos principales por planta muestra un aumento gradual en todos los tratamientos a lo largo del experimento hasta los 60 dde para luego mantener el valor desde los 60 dde hasta los 100 dde.

Tabla 17. Presencia de tallos principales en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) bajo el efecto de la aplicación de diferentes fuentes de calcio a los 20, 40,60, 80 y 100 dde

Tratamientos	20 (dde) und/ planta	40 (dde) und/ planta	60 (dde) und/ planta	80 (dde) und/ planta	100 (dde) und/ planta
T1	2.00	2.50	3.00	3.00	3.00
T2	2.00	2.75	2.75	2.75	2.75
T3	2.00	2.25	2.75	2.75	2.75
T4	2.00	2.25	2.75	2.75	2.75
T5	2.00	2.75	2.75	2.75	2.75
T6	2.25	2.25	2.75	2.75	2.75
T7	2.00	2.25	2.50	2.75	2.75
T8	1.75	2.50	2.75	2.75	3.00
T9	2.25	2.25	3.00	3.00	3.00

Leyenda: T1= Oxido de calcio dosis bajas en drench. T2= Oxido de calcio dosis alta en drench. T3= Cal al suelo dosis baja. T4= Cal al suelo dosis alta. T5= Suero de leche dosis baja. T6= Suero de leche dosis alta. T7= Aplicación de cal al suelo dosis agricultor. T8= Calcio formulación comercial. T9= testigo absoluto

4.1.3. Diámetro de tallos principales en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) bajo el efecto de la aplicación de diferentes fuentes de calcio

En la tabla 17 se observa el análisis de varianza para la variable de diámetro de tallos principales en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) medida a lo largo del desarrollo del cultivo (20, 40 y 60 dde) y se demostró que no existe diferencia estadística significativa en los tratamientos. a los 20 dde se verificó un coeficiente de variación de 13.03% y un promedio de 0.74 cm de diámetro, a los 40 dde el CV fue de 12.48% con una medida de 1.03 cm y para los 60 dde se observó un CV de 9.36% y un promedio de 1.16 cm para diámetro de tallos principales

Tabla 18. Análisis de varianza para diámetro de tallos principales en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) bajo el efecto de la aplicación de diferentes fuentes de calcio

		20 (dde)	40 (dde)	60 (dde)
F.V.	GL		P (valor)	
Total	35			
Tratamientos	8	0.7076 ns	0.6104 ns	0.1378 ns
Repeticiones	3	0.3412 ns	0.0181**	0.4089 ns
Error	24			
CV %		13.03	12.48	9.36
Promedio (cm)		0.74	1.03	1.16

Leyenda: FV: fuente de variación; GL: Grados de libertad; p-valor; Grado significativo; ns: no hay diferencia estadística significativa; CV: Coeficiente de Variación; dde: días después de la emergencia. **= Significativo al 1%

A continuación, se observa la tabla 8 de los promedios alcanzados por cada tratamiento en la variable de diámetro de tallos principales en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*), evaluada a los 20, 40 y 60 días después de la emergencia (dde). Los resultados muestran que el mejor tratamiento a los 40 y 60 dde fue el T1 que estuvo constituido por óxido de calcio dosis baja en drench (8L/ha) registrando valores de 1.08 y 1.25 cm respectivamente.

A los 20 dde se observa que los valores de diámetro para tallos principales en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) oscilan entre 0.66 cm T2 (Óxido de calcio dosis alta en drench) y 0.79 cm T6 y T8 (Suero de leche dosis alta, Calcio fertilizante inorgánico y complejo), y se tiene que a los 40 dde los valores varían de 0.93 cm T8(Calcio fertilizante inorgánico y complejo) a 1.08 cm T1 y T9(Óxido de calcio dosis baja en drench, Absoluto), mientras que a los 60 dde se registraron diámetros entre 1.04 cm T6(Suero de leche dosis alta) y 1.25 cm T1(Óxido de calcio dosis baja en drench)

Tabla 19. Diámetro de tallos principales en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) bajo el efecto de la aplicación de diferentes fuentes de calcio a los 20, 40 y 60 dde

Tratamientos	20	40	60
	(dde) cm	(dde) cm	(dde) cm
T1	0.77	1.08	1.25
T2	0.66	0.94	1.09
T3	0.75	1.03	1.10
T4	0.73	1.04	1.23
T5	0.76	1.06	1.17
T6	0.79	1.06	1.04
T7	0.73	1.04	1.18
T8	0.79	0.93	1.24
T9	0.71	1.08	1.17

Leyenda: T1= Oxido de calcio dosis bajas en drench. T2= Oxido de calcio dosis alta en drench. T3= Cal al suelo dosis baja. T4= Cal al suelo dosis alta. T5= Suero de leche dosis baja. T6= Suero de leche dosis alta. T7= Aplicación de cal al suelo dosis agricultor. T8= Calcio formulación comercial. T9= testigo absoluto

Se observa la tabla 19 correspondiente al análisis de varianza para la variable diámetro de tallos principales en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) a los 80, 100 y 120 dde, demostrando que no existe diferencia estadística significativa en los tratamientos, a los 80 dde se verifico un coeficiente de variación de 9.13% y un promedio de 1.19 cm de diámetro, a los 100 dde el CV fue de 9.74% con una media de 1,20 cm y para los 120 dde se observó un CV de 10.19% y un promedio de 1.22 cm de diámetro para los tallos principales

Tabla 20. Análisis de varianza para la variable diámetro de tallos principales en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) bajo el efecto de la aplicación de diferentes fuentes de calcio

		80 (dde)	100 (dde)	120 (dde)
F.V.	GL	P(valor)		
Total	35			
Tratamientos	8	1.76	0.1357 ns	1.55
Repeticiones	3	2.09	0.1282 ns	1.41
Error	24			
CV %		9.13	9.74	10.19
Promedio (cm)		1.19	1.2	1.22

Leyenda: FV: fuente de variación; GL: Grados de libertad; p-valor; Grado significativo; ns: no hay diferencia estadística significativa; CV: Coeficiente de Variación; dde: días después de la emergencia.

En la siguiente tabla se observa los promedios de diámetro para tallos principales en la planta del cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) a los 80, 100, y 120 días después de la emergencia (dde). Y se observa que el mejor tratamiento a los 100 y 120 dde es el tratamiento T8 con base en calcio fertilizante inorgánico y complejo (2.5ml/ha) registrando valores de: 1.28 y 1.31cm de diámetro de tallo respectivamente

A los 80 dde se observa que los valores de grosor de tallo oscilan entre 1.07 cm T6(Suero de leche dosis alta) y 1.26 cm T1 (Oxido de calcio dosis baja en drench) y T4

(Cal al suelo dosis alta), a los 100 dde los valores varían entre 1.07cm T6 (Suero de leche dosis alta) a 1.28 cm T8(Calcio fertilizante inorgánico y complejo) mientras que a los 120 dde se registran mediciones entre 1.09 cm T6 (Suero de leche dosis alta) y 1.31 cm T8(Calcio fertilizante inorgánico y complejo).

Tabla 21. Diámetro de tallos principales en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) bajo el efecto de la aplicación de diferentes fuentes de calcio a los 80, 100 y 120 dde

Tratamientos	80 (dde) cm	100 (dde) cm	120 (dde) cm
T1	1.26	1.24	1.25
T2	1.09	1.10	1,16
T3	1.17	1.20	1.20
T4	1.26	1.27	1.29
T5	1.22	1.24	1.24
T6	1.07	1.07	1.09
T7	1.18	1.23	1.24
T8	1.25	1.28	1.31
T9	1.25	1.25	1.27

Leyenda: T1= Oxido de calcio dosis bajas en drench. T2= Oxido de calcio dosis alta en drench. T3= Cal al suelo dosis baja. T4= Cal al suelo dosis alta. T5= Suero de leche dosis baja. T6= Suero de leche dosis alta. T7= Aplicación de cal al suelo dosis agricultor. T8= Calcio formulación comercial. T9= testigo absoluto

4.1.4. Cobertura foliar del cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) bajo el efecto de la aplicación de diferentes fuentes de calcio

El análisis de varianza para la variable de cobertura foliar de la planta en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) medida a los 20, 40 y 60 dde demostró que no existe diferencia estadística significativa en los tratamientos. A los 20 dde se verifico un CV de 23.77% y un promedio de 39.61% de cubrimiento foliar y a los 40 dde el CV fue de 7.18% con un promedio de 76.76% y para los de 60 dde se observó un CV de 3.28% y un promedio de 85.11% para la cobertura foliar.

Tabla 22. Análisis de varianza para la variable cobertura foliar del cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) bajo el efecto de la aplicación de diferentes fuentes de calcio

F.V.	GL	P (valor)		
		20 (dde)	40 (dde)	60 (dde)
Total	35			
Tratamientos	8	0.8298 ns	0.3479 ns	0.349 ns
Repeticiones	3	0.1505 ns	0.0383 *	0.0006 **
Error	24			
CV %		23.77	7.18	3.28
Promedio (%)		39.61	76.76	85.11

Leyenda: FV: fuente de variación; GL: Grados de libertad; p-valor; Grado significativo; ns: no hay diferencia estadística significativa; CV: Coeficiente de Variación; dde: días después de la emergencia. **= Significativo al 1%

La siguiente tabla muestra los resultados promedio de cobertura foliar de la planta en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) para cada tratamiento, a los 20, 40 y 60 días después de la emergencia, y se observa que el mejor tratamiento a los 40 y 60 dde en base al estudio realizado es el T2 el cual estuvo constituido por oxido de calcio en drench dosis alta (16L/ha) que alcanzo valores de 78.69% y 87.27% respectivamente.

Tabla 23. Cobertura foliar del cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) bajo el efecto de la aplicación de diferentes fuentes de calcio a los 20, 40 y 60 dde.

Tratamientos	20 (dde) %	40 (dde) %	60 (dde) %
T1	37.65	75.30	83.41
T2	41.56	78.69	87.27
T3	37.86	79.90	84.23
T4	34.29	71.83	82.58
T5	38.42	73.73	85.67
T6	46.06	76.13	84.89
T7	42.35	76.21	86.81
T8	40.17	81.39	85.43
T9	38.11	77.63	85.71

Leyenda: T1= Oxido de calcio dosis bajas en drench. T2= Oxido de calcio dosis alta en drench. T3= Cal al suelo dosis baja. T4= Cal al suelo dosis alta. T5= Suero de leche dosis baja. T6= Suero de leche dosis alta. T7= Aplicación de cal al suelo dosis agricultor. T8= Calcio formulación comercial. T9= testigo absoluto

La tabla 23 muestra el análisis de varianza para la variable de cubrimiento foliar de la planta en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) medida en diferentes etapas después de la emergencia, como a los 80, 100 y 120 dde, y se demostró que no existe diferencia estadística significativa en los tratamientos, a los 80 y 120 dde, mientras que a los 100 dde si hay diferencia estadística altamente significativa (**). A los 80 dde se verifico un coeficiente de variación de 2.7% y un promedio de 87.27% de cubrimiento foliar, a los 100 dde el CV fue de 3.53% con un promedio de 83.37% y para los 120 dde se observó un CV de 3.69% y un promedio de 79.59% de cobertura foliar

Tabla 24. Análisis de varianza para la variable de cobertura foliar del cultivo de la papa (*Solanum tuberosum*) bajo el efecto de la aplicación de diferentes fuentes de calcio

		80 (dde)	100 (dde)	120 (dde)
		P (valor)		
F.V.	GL			
Total	35			
Tratamientos	8	0.4664 ns	0.007 **	0.2322 ns
Repeticiones	3	0.0096 **	0.2899 ns	0.4405 ns
Error	24			
CV %		2.7	3.53	3.69
Promedio (%)		87.27	83.37	79.59

Leyenda: FV: fuente de variación; GL: Grados de libertad; p-valor; Grado significativo; ns: no hay diferencia estadística significativa; CV: Coeficiente de Variación; dde: días después de la emergencia. **= Significativo al 1%

En la tabla 24 se muestra la prueba estadística de tukey para cobertura foliar de la planta en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) evaluada a los 80, 100 y 120 días después de la emergencia. A los 80 y 120 dde todos los tratamientos se encuentran clasificados en un solo grupo (Rango A).

A los 100 dde se presentan diferencias estadísticas entre tratamientos, y a la vez se evidencia que estos tratamientos se agrupan dentro de tres rangos: A, AB y B, el tratamiento T2(Oxido de calcio dosis alta en drench) presenta el mayor valor de cobertura de planta en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) con 87.49% y es el único tratamiento que se ubica en el grupo A.

Tabla 25. Prueba de Tukey para cobertura foliar de la planta en el cultivo de papa (*Solanum Tuberosum*) bajo el efecto de la aplicación de diferentes fuentes de calcio a los 80, 100 y 120 dde.

Tratamientos	80 (dde) %	Tratamientos	100 (dde)%	Tratamientos	120 (dde) %
T1	86.14	T2	87.49 A	T1	78.06
T2	88.95	T9	85.75 AB	T2	82.23
T3	85.90	T7	85.49 AB	T3	77.86
T4	87.37	T6	83.81 AB	T4	81.22
T5	86.89	T5	83.56 AB	T5	81.41
T6	86.75	T1	83.09 AB	T6	79.06
T7	88.30	T3	82.70 AB	T7	80.18
T8	86.25	T4	79.41 B	T8	77.23
T9	88.86	T8	79.06 B	T9	79.05

Leyenda: T1= Oxido de calcio dosis bajas en drench. T2= Oxido de calcio dosis alta en drench. T3= Cal al suelo dosis baja. T4= Cal al suelo dosis alta. T5= Suero de leche dosis baja. T6= Suero de leche dosis alta. T7= Aplicación de cal al suelo dosis agricultor. T8= Calcio formulación comercial. T9= testigo absoluto

4.1.5. Rendimiento de tubérculo (kg/ha) en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) en el momento de la cosecha en el cultivo de papa

La tabla 25 muestra el análisis de varianza para la variable de rendimiento de tubérculo cosechado (categoría I, II y III) en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) bajo el efecto de la aplicación de diferentes fuentes de calcio, y se evidencia que no existe diferencia estadística significativa en los tratamientos para ninguna de las categorías evaluadas.

Para el tubérculo cosechado en la tercera categoría se verifico un coeficiente de variación de 18.16% y un promedio de 2728.01 kg/ha de rendimiento. En la categoría segunda el CV fue de 11.53% con un promedio de 2076.39 kg/ha. Para la categoría primera se observó un CV de 60.31% y un promedio de 1815.97 kg/ha, el rendimiento total del tubérculo cosechado presentó un CV de 7.33% y un promedio de 6620.37

kg/ha. encontrándose además diferencias estadísticas altamente significativas (**) en las repeticiones.

Tabla 26. Análisis de varianza para la variable rendimiento de tubérculo (kg/ha) en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) bajo el efecto de la aplicación de diferentes fuentes de calcio

		Tercera	Segunda	Primera	Total
F. V.	GL		P (valor)		
Total	35				
Tratamientos	8	0.6454 ns	0.7092 ns	0.6265 ns	0.6513 ns
Repeticiones	3	0.4093 ns	0.3054 ns	0.0356 **	0.1286 ns
Error	24				
CV %					
Promedio (kg/ha)		2728.01	2076.39	1815.97	6620.37

Leyenda: FV: fuente de variación; GL: Grados de libertad; p-valor; Grado significativo; ns: no hay diferencia estadística significativa; CV: Coeficiente de Variación; dde: días después de la emergencia. **= Significativo al 1%

En la siguiente tabla para la variable de rendimiento en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) se presentan los resultados para las categorías tercer, segunda, primera y total. Los resultados muestran que todos los tratamientos (T1 a T9) se encuentran en el mismo grupo estadístico indicado por la letra A para esto se muestra que el mejor tratamiento es: T1 y que estuvo constituido por oxido de calcio en dosis bajas en drench (7.92L/ha) registrando un valor de 8541.67 respectivamente.

Tabla 27. Rendimiento de tubérculo (kg/ha) en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) cosechado bajo el efecto de la aplicación de diferentes fuentes de calcio

Tratamientos	Tercera	Segunda	Primera	Total
T1	3677.08	2739.58	2656.25	8541.67
T2	3156.25	2541.67	2229.17	7958.33
T3	2947.92	2354.17	2125.00	7687.50
T4	2885.42	2302.08	1947.92	6739.58
T5	2687.5	2114.58	1760.42	6593.75
T6	2614.58	1906.25	1666.66	6052.09
T7	2583.33	1708.34	1520.84	5791.66
T8	2385.42	1614.58	1375.00	5677.08
T9	1614.58	1406.25	1062.50	4541.67

Leyenda: T1= Oxido de calcio dosis bajas en drench. T2= Oxido de calcio dosis alta en drench. T3= Cal al suelo dosis baja. T4= Cal al suelo dosis alta. T5= Suero de leche dosis baja. T6= Suero de leche dosis alta. T7= Aplicación de cal al suelo dosis agricultor. T8= Calcio formulación comercial. T9= testigo absoluto

4.1.6. Relación Costo beneficio

En la tabla 27 se observa los resultados obtenidos en el experimento para el índice costo beneficio, y muestra que el mejor tratamiento fue el T1 Oxido de calcio dosis baja en drench, el cual demostró que por cada dólar invertido se genera una utilidad de 0.32 dólares, por otro lado los tratamientos: T6 suero de leche dosis alta, T7

aplicación de cal al suelo, T8 Calcio fertilizante inorgánico y complejo y T9 Absoluto, evidencia índices negativos: -0.003, -0.128, -0.059 y -0.221 respectivamente

Tabla 28. Relación costo beneficio

Tratamientos	Costo Marginal (dólares/ha)	Costo Trata (dólares/ha)	Costo Tot (dólares/ha)	Rendimiento kg	Precio unitario	Venta \$	Beneficio \$/kg	Costo: Beneficio
T1	4487.3	\$480.00	4967.3	8541.67	0.77	6577.09	1609.79	0.32
T2	4487.3	\$960.00	5447.3	7958.33	0.77	6127.91	680.61	0.13
T3	4487.3	\$270.00	4757.3	7687.50	0.77	5919.38	1162.08	0.24
T4	4487.3	\$540.00	5027.3	6739.58	0.77	5189.48	162.18	0.03
T5	4487.3	\$93.75	4581.05	6593.75	0.77	5077.19	496.14	0.11
T6	4487.3	\$187.51	4674.81	6052.09	0.77	4660.11	-14.70	-0.00
T7	4487.3	\$625.02	5112.32	5791.66	0.77	4459.58	-652.74	-0.13
T8	4487.3	\$156.00	4643.3	5677.08	0.77	4371.35	-271.95	-0.06
T9	4487.3	\$000.00	4487.3	4541.67	0.77	3497.09	-990.21	-0.22

Leyenda: T1: Oxido de calcio dosis baja, T2: Oxido de calcio dosis alta, T3: Cal agrícola dosis baja, T4: Cal agrícola dosis alta, T5: Suero de leche dosis baja, T6: Suero de leche dosis alta, T7: Cal agrícola, T8: Calcio foliar, T9: Testigo absoluto

4.2. DISCUSIÓN

En este estudio la aplicación de óxido de calcio en drench dosis alta (16L/ha) en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) a los 40 días después de la emergencia (dde) dio una altura de 71.75 cm uno de los valores promedio más altos registrados en esta medición, mientras que Quiranza, (2018) en esta misma edad fenológica del cultivo reporto también un efecto positivo con la aplicación del oxido de calcio, sobre la altura de planta, con un incremento de altura de 46.27% respecto al testigo, lo que ratifica la eficiencia de este nutriente en la intensificación de los procesos involucrados en el desarrollo vegetativo

A los 100 días después de la emergencia (dde), el tratamiento 2 que consistió en oxido de calcio en drench a dosis alta, obtuvo una cobertura foliar promedio de 85.75 %, superando significativamente a los tratamientos testigo T8 (calcio formula comercial) y T9 (testigo absoluto), esto indica que el tratamiento con oxido de calcio favoreció una mayor expansión foliar, posiblemente porque el calcio ayuda a que las hojas se mantengan extendidas y firmes durante el día esto permite una de carbono y una salida más eficiente de oxígeno (Reyes, 2013) el calcio, por su parte

favorece una mejor absorción por parte de la planta, especialmente cuando se aplica mediante.

La aplicación de óxido de calcio como fertilizante, en una concentración de 8L/ha ofreció un desarrollo favorable en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*), reflejo una presencia de tallos de 2.75 unidades por planta a los 40 días después de la emergencia, este resultado sugiere una adecuada disponibilidad de calcio para el cultivo en esta etapa fenológica, de esta manera la planta puede estructurar de manera sólida las paredes celulares evitando caer en deficiencias de este elemento forma similar (Quiranza, 2018) reporto que el tratamiento con óxido de calcio fue el más efectivo a los 45 días, con un incremento promedio de 26.09% en comparación con el testigo, estos efectos podrían atribuirse a la alta solubilidad y rápida absorción del óxido de calcio en forma líquida por la planta, que permite una movilización eficiente del calcio desde la raíz hacia los tejidos jóvenes, promoviendo así un mayor desarrollo de tallos.

En cuanto a la productividad del cultivo los tratamientos que incluyeron fuentes de calcio mostraron un mejor comportamiento en comparación con los testigos T8 (calcio fórmula comercial) y T9 (testigo absoluto), el tratamiento T1 basado en la aplicación de óxido de calcio en drench a dosis baja (8L/ha cada 20 días) alcanzo el mayor rendimiento total con 8541.51 kg/ha puede deberse a que el calcio mejora la firmeza y estructura celular, además de facilitar la absorción y transporte de nutrientes esenciales resultando en una mejor formación y llenado de tubérculos . En otros estudios efectuados con cal agrícola o carbonato de calcio los resultados han sido favorables, como lo investigado por Marcatoma, (2024) que reporto una producción de 32.53 t/ha utilizado cal agrícola en combinación con gallinaza y (Saraza, 2018) alcanzo un rendimiento de 41.7 t/ha con la aplicación de roca travertino.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Entre los tratamientos evaluados T3 (Cal al suelo, dosis baja) mostro el mejor rendimiento agronómico con 87.50 cm de altura en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) este tratamiento se destacó por su consistencia y equilibrio superior en los parámetros evaluados, demostró la efectividad de la aplicación de diferentes fuentes de calcio.
- El tratamiento T1 (Óxido de calcio dosis baja en drench) alcanzó el mayor rendimiento total en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) con 8.541.67 kg/ha, superando a los demás tratamientos evaluados bajo la aplicación de diferentes fuentes de calcio
- El tratamiento T1 constituido por oxido de calcio y aplicado a una dosis baja (8L/ha al suelo) posee el mayor índice costo benéfico del experimento con un valor de 0.32.

5.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda colocar en las plantaciones oxido de calcio en drench a una dosis de 8 L/ha cada 20 días, con el fin de fortaleces el desarrollo del cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) variedad Super chola y evitar las deficiencias de este elemento.
- En suelos que presentan procesos de erosión y tiene cultivos de papa instalados, se recomienda incorporar varias fuentes de calcio con base en: oxido de calcio (8-16L/ha frecuencia mensual), cal agrícola (1350-2700 kg/ha) y suero de leche (400-800L/ha frecuencia mensual) para mitigar los efectos erosivos a nivel nutricional.
- Se recomienda evaluar varias fuentes de calcio combinadas y frecuencias de aplicación en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*), esto en varias localidades, con el fin de comprobar la repetibilidad de los resultados obtenido

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abonamos. (16 de abril de 2025). *FICHA TÉCNICA PARA CULTIVO DE PAPA*. Obtenido de <https://www.abonamos.com/papa>

Abonos con Agrícola. (abril de 2020). *FICHA TÉCNICA*. Obtenido de Abonos con Agrícola: <https://abonosconagricola.com/PDF/DOCUMENTOS-PAGINA-WEB/PRODUCTOS/CAL-AGRICOLA/FICHA-TECNICA-CAL-AGRICOLA.pdf?t=1587424728>

Adama. (14 de octubre de 2021). *Elementos clave en la nutrición del cultivo de papa*. Obtenido de [https://www.adama.com/peru/es/actualidad-adama/tips/elementos-clave-en-la-nutricion-del-cultivo-de-papa#:~:text=Calcio%20\(Ca\),y%20asegurando%20la%20estabilidad%20celular](https://www.adama.com/peru/es/actualidad-adama/tips/elementos-clave-en-la-nutricion-del-cultivo-de-papa#:~:text=Calcio%20(Ca),y%20asegurando%20la%20estabilidad%20celular).

Agricultura. (15 de mayo de 2019). *Experto brasileño enseña a hacer biofertilizante con suero de leche*. Obtenido de https://www.agricultura.gob.ec/experto-brasileno-ensena-a-hacer-biofertilizante-con-suero-de-leche/?utm_source=chatgpt.com

Agripac. (24 de junio de 2021). *Mixpac para siembra*. Obtenido de Agripac: <https://agripac.com.ec/productos/papa-siembra/>

Agro.bayer. (29 de septiembre de 2022). *agro.bayer*. Obtenido de <https://www.agro.bayer.ec/es-ec/cultivos/papa.html>

Agro.bayer. (29 de Septiembre de 2022). *solucion para papa*. Obtenido de <https://www.agro.bayer.ec/es-ec/cultivos/papa.html#:~:text=La%20papa%20es%20uno%20de,la%20alimentaci%C3%B3n%20de%20cada%20familia>.

Agroenlace. (2023). *¿Qué es la cal líquida?* Obtenido de <https://agroenlace.co/cal-liquida/>

Agroenlace. (18 de diciembre de 2024). *Cómo Preparar Cal Líquida para Corregir la Acidez del Suelo*. Obtenido de https://agroenlace.co/como-hacer-cal-liquida/?utm_source=chatgpt.com

Agronet. (2023). *La importancia de la cal en la agricultura: beneficios para el suelo y las plantas*. Obtenido de https://www.agronet.gov.co/Noticias/Paginas/La-importancia-de-la-cal-en-la-agricultura-beneficios-para-el-suelo-y-las-plantas.aspx?utm_source=chatgpt.com

Andrea Johana Reyes, J. G.-H. (2013). *Papel del calcio en la apertura y el cierre estomático y sus interacciones con solutos compatibles. Una revisión*. Obtenido de https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ciencias_hortícolas/article/view/2040

Artal. (6 de Noviembre de 2024). *Eficiencia del nitrógeno en el desarrollo de cultivos*. Obtenido de <https://www.artal.net/es/2024/11/eficiencia-del-nitrogeno-en-el-desarrollo-de-cultivos/#:~:text=El%20nitr%C3%B3geno%20es%20un%20nutriente,pigmento%20responsable%20de%20la%20fotos%C3%ADntesis.>

Asqui Saraza, C. R. (19 de 12 de 2018). *tesis.unap.edu.pe*. Obtenido de Efecto de encalado en la producción de papa (*Solanum tuberosum* L.) Var. Imilla negra en un suelo ácido del CIP. Camacani - Puno: <https://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/10174>

Beltrán, A. (junio de 2021). *researchgate.net*. Obtenido de Evaluación del contenido de calcio en leche y yogurt: https://www.researchgate.net/publication/352205409_Evaluacion_del_contenido_de_calcio_en_leche_y_yogurt

Carlos, M. J. (26 de noviembre de 2012). *Propagación y técnicas de cultivo de la Papa (Solanum tuberosum)*. Obtenido de <https://vinculando.org/mercado/agroindustria/propagacion-y-tecnicas-de-cultivo-de-la-papa-solanum-tuberosum.html>

Cervantes Alejo, N. R. (2019). *repositorio.unica.edu.pe*. Obtenido de Respuesta de la aplicación foliar de tres dosis de ácido fúlvico y tres dosis de calcio y boro en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.), cultivar UNICA, en la zona alta del valle de Ica: <https://repositorio.unica.edu.pe/handle/20.500.13028/3118>

Cheesemaking . (09 de 10 de 2024). *Usando suero de leche en su jardín*. Obtenido de <https://cheesemaking.com/blogs/fun-along-the-whey/using-whey-in-your-garden#:~:text=As%20stated%2C%20you%20would%20usually,typically%20.15%2D0.05%2D0.17.>

Christian T. Christensen, J. R.-C. (18 de septiembre de 2021). *Cultivando Papas en el Jardín de su Hogar en la Florida*. Obtenido de <https://edis.ifas.ufl.edu/publication/HS1282>

Ciasa Agro. (2023). *Metalosate Calcio*. Obtenido de <https://ciasaagro.com/producto/metalosate-calcio/>

Cipotato.org. (14 de mayo de 2018). *cipotato.org*. Obtenido de [cipotato.org: https://cipotato.org/es/potato/potato-facts-and-figures/](https://cipotato.org/es/potato/potato-facts-and-figures/)

cipotato.org. (27 de julio de 2024). *cipotato.org*. Obtenido de [cipotato.org/: https://cipotato.org/papaenecuador/cosecha-y-poscosecha/](https://cipotato.org/papaenecuador/cosecha-y-poscosecha/)

Cipotato.org. (7 de june de 2024). *LABORES CULTURALES*. Obtenido de <https://cipotato.org/papaenecuador/2017/10/17/labores-culturales/>

Del Monte AG. (15 de agosto de 2022). *delmonteag*. Obtenido de <https://delmonteag.com.ec/quienes-somos/>

Del Monte AG. (17 de junio de 2023). *Producción De Papa En Ecuador Y Su Importancia*. Obtenido de <https://delmonteag.com.ec/produccion-de-papa-en-ecuador-y-su-importancia/>

El comercio. (17 de Enero de 2018). *En los cultivos de papa se busca mayor productividad en Carchi*. Obtenido de <https://www.elcomercio.com/actualidad/ecuador/cultivos-papa-productividad-carchi-agricultura.html>

El Finquerito. (2024). *BIO CALL*. Obtenido de <https://www.facebook.com/elfinquerito/posts/-bio-call-enmienda-mineral-en-suspensi%C3%B3n-fertilizante-y-enmienda-al-suelo-org%C3%A1ni/844560764410587/>

Eos. (4 de abril de 2024). *Cultivo De Papa: Requisitos Y Mejores Técnicas*. Obtenido de <https://eos.com/es/blog/cultivo-de-papa/#:~:text=%C2%BFCada%20cu%C3%A1nto%20se%20riegan%20las,hasta%2050%20mm%20por%20semana.>

Eos. (31 de 03 de 2025). *Cultivo De Papa: Requisitos Y Mejores Técnicas*. Obtenido de <https://eos.com/es/blog/cultivo-de-papa/#:~:text=Para%20lograr%20un%20crecimiento%20%C3%B3ptimo%2C%2>

0elija%20un,potasio%20sea%20el%20doble%20que%20de%20nitr%C3%B3geno.

fertilizantesecoforce. (17 de noviembre de 2015). *Óxido de calcio para agricultura*. Obtenido de <https://fertilizantesecoforce.es/oxido-de-calcio-para-agricultura/>

Fervalle. (junio de 2022). *¿Qué es barbecho? ¿Para qué cultivos se utiliza?* Obtenido de <https://www.fervalle.com/que-es-barbecho-para-que-cultivos-se-utiliza/>

José Leal-Almanza, M. A.-C.-E.-V.-J.-V. (2018). *scielo.org.mx*. Obtenido de Microorganismos promotores de crecimiento vegetal con yeso agrícola en papa (*Solanum tuberosum* L.) bajo casa sombra: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-31952018000801149&script=sci_arttext

La hora. (28 de abril de 2022). *lahora*. Obtenido de <https://www.lahora.com.ec/imbabura-carchi/almidon-papa-carchi-industria/>

Laderasur. (23 de diciembre de 2022). *El origen de las papas y su importancia cultural: el superalimento de la cordillera de los Andes*. Obtenido de <https://laderasur.com/articulo/el-origen-de-las-papas-y-su-importancia-cultural-el-superalimento-de-la-cordillera-de-los-andes/>

Manvert Logo Banner. (19 de 05 de 2022). *El calcio, un nutriente imprescindible*. Obtenido de <https://manvert.com/medios/beneficios-calcio-cultivos-manvert>

Medina, A. (21 de julio de 2024). *IMPORTANCIA DEL CALCIO EN LA NUTRICION DE LA PAPA*. Obtenido de https://cipotato.org/wp-content/uploads/congreso%20ecuatoriano%203/a_medina_6.pdf

Mundo Lácteo. (11 de abril de 2022). *¿Qué es el suero de leche? Propiedades y usos*. Obtenido de <https://mundolacteo.es/leche/suero-de-leche>

Palomino Marcatoma, R. J. (19 de julio de 2024). *Efecto del encalado y gallinaza en el rendimiento de papa (*Solanum tuberosum*) variedad amarilla Tumbay en Andahuaylas, Apurímac a 3850 msnm.*. Obtenido de <https://repositorio.unsch.edu.pe/items/2519cecf-42be-4e10-8222-8738c64e697a>

Peñañiel, S. d. (2021). *Agrosavia*. Obtenido de Metodología para la selección y conservación:
https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/36838/Ver_documento_36838.pdf?sequence=5&isAllowed=y

PNM. (junio de 2020). *FICHA TÉCNICA*. Obtenido de https://pnm.com.mx/wp-content/uploads/2020/12/FT_SuperCalcio.pdf

products.pcc.eu. (26 de 06 de 2023). *Encalado de un campo: ¿Cuánta cal por hectárea?* Obtenido de <https://www.products.pcc.eu/es/blog/encalado-de-un-campo-cuanta-cal-por-hectarea/#:~:text=Cal%20magn%C3%A9sica%20granulada%20y%20dolomita,de%20cal%20dolomita%20en%20promedio>.

Quiranza, T. R. (2018). *dspace.utb.edu.ec*. Obtenido de <https://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/4350/E-UTB-FACIAGING%20AGRON-000104.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Raúl Andrade Dávila, &. P. (5 de junio de 2024). *EL CULTIVO DE PAPA EN EL ECUADOR, INSECTOS PLAGA – ENFERMEDADES - NEMÁTODOS Y SU CONTROL QUÍMICO*. Obtenido de https://www.ecuaquimica.com.ec/wp-content/uploads/2017/09/info_tecnica_papa.pdf

Rojas, R. V. (2019). *Global distribution and characteristics of black soils*. Obtenido de https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1149223/1/Global-distribution-and-characteristics-of-black-soils-2022.pdf?utm_source=chatgpt.com

Sherwood, M. P. (31 de Octubre de 2020). *Cipotato*. Obtenido de <https://cipotato.org/wp-content/uploads/Documentacion%20PDF/Pumisacho%20y%20Sherwood%20Cultivo%20de%20Papa%20en%20Ecuador.pdf>

Taticuan, R. G. (2018). *“Exploración del efecto que produce el óxido de calcio vía drench en el cultivo de la*.
<https://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/4350/E-UTB-FACIAGING%20AGRON-000104.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Taticuan, R. G. (2018). *dspace.utb.edu.ec*. Obtenido de <https://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/4350/E-UTB-FACIAGING%20AGRON-000104.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Urquijo, J. (13 de octubre de 2015). *www.greenappsandweb.com*. Obtenido de [www.greenappsandweb.com](https://www.greenappsandweb.com/android/calcula-el-porcentaje-de-cubierta-vegetal-con-canopeo/):
<https://www.greenappsandweb.com/android/calcula-el-porcentaje-de-cubierta-vegetal-con-canopeo/>

Valverde, F. (30 de 06 de 2011). *Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias*. Obtenido de https://cipotato.org/wp-content/uploads/congreso%20ecuatoriano%204/Franklin_Val.pdf



Yara. (1 de diciembre de 2017). *Requerimientos nutricionales de la papa*. Obtenido de <https://www.yara.co.uk/crop-nutrition/potato/potato-nutrient-requirements/>

Yara. (7 de febrero de 2018). *Función de calcio en la producción de papas*. Obtenido de <https://www.yara.com.ec/nutricion-vegetal/papa/funcion-de-calcio-en-la-produccion-de-papas/>

Yara. (7 de febrero de 2018). *Función de calcio en la producción de papas*. Obtenido de <https://www.yara.com.ec/nutricion-vegetal/papa/funcion-de-calcio-en-la-produccion-de-papas/>

VII. ANEXOS

Anexo 1. Acta de sustentación de Predefensa de Tic

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI

FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES
CARRERA DE AGROPECUARIA

ACTA
DE LA SUSTENTACIÓN ORAL DE LA PREDEFENSA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

ESTUDIANTE:	Quevedo Torres Jhon Alberto	CÉDULA DE IDENTIDAD:	0402122899
PERIODO ACADÉMICO:	2025A		
RESIDENTE TRIBUNAL:	PHD SEGUNDO RAMIRO MORA QUILISMAL	DOCENTE TUTOR:	MSc. CARLOS DAVID HERRERA RAMIREZ
DOCENTE:	MSc JULIO JAIRO PEÑA CHAMORRO		

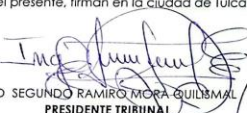
TÍTULO DEL TIC: "Aplicación periódica de diversas fuentes de calcio y su influencia en el desarrollo del cultivo de papa (*Solanum tuberosum*)"

No.	CATEGORÍA	Evaluación cuantitativa	OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES
1	PROBLEMA - OBJETIVOS	7.00	DEFINIR DE ACUERDO A LA TEMÁTICA
2	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	7.00	ARGUMENTAR COMO TÉCNICO
3	METODOLOGÍA	7.00	Analizar la metodología de los cortes y relacionar con el peso verde y seco
4	RESULTADOS	7.00	Revisar las tablas de análisis económico, un plus sobre los bioles y análisis bromatológico
5	DISCUSIÓN	7.00	DISCUTIR
6	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	7.00	CAMBIAR
7	DEFENSA, ARGUMENTACIÓN Y VOCABULARIO PROFESIONAL	7.00	ARGUMENTAR COMO TÉCNICO
8	FORMATO, ORGANIZACIÓN Y CALIDAD DE LA INFORMACIÓN	7.00	Revisar normas de redacción, faltas de ortografía y formato


Obteniendo una nota de: **7.00** Por lo tanto, **APRUEBA** ; debiendo el o los investigadores acatar el siguiente artículo:

36.- De los estudiantes que aprueban el informe final del TIC con observaciones.- Los estudiantes tendrán el plazo de 10 días para proceder a corregir su informe final del TIC de conformidad a las observaciones y recomendaciones realizadas por los miembros del tribunal de sustentación de la pre-defensa.


a constancia del presente, firman en la ciudad de Tulcán el **miércoles, 2 de julio de 2025**



PHD SEGUNDO RAMIRO MORA QUILISMAL
PRESIDENTE TRIBUNAL



MSc. CARLOS DAVID HERRERA RAMIREZ
DOCENTE TUTOR



MSc. JULIO JAIRO PEÑA CHAMORRO
DOCENTE

Anexo 2. Certificado de abstract por parte de idiomas



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI FOREIGN AND NATIVE LANGUAGES CENTER

ABSTRACT- EVALUATION SHEET				
NAME: QUEVEDO TORRES JHON ALBERTO				
DATE: Lunes, 20 de octubre de 2025				
Topic: "Aplicación periódica de diversas fuentes de calcio y su influencia en el desarrollo del cultivo de papa (<i>Solanum tuberosum</i>)"				
"MARKS AWARDED		QUANTITATIVE AND QUALITATIVE		
VOCABULARY AND WORD USE	Use new learnt vocabulary and precise words related to the topic	Use a little new vocabulary and some appropriate words related to the topic	Use basic vocabulary and simplistic words related to the topic	Limited vocabulary and inadequate words related to the topic
	EXCELLENT: 2 <input type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input checked="" type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
WRITING COHESION	Clear and logical progression of ideas and supporting paragraphs.	Adequate progression of ideas and supporting paragraphs.	Some progression of ideas and supporting paragraphs.	Inadequate ideas and supporting paragraphs.
De	EXCELLENT: 2 <input checked="" type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
ARGUMENT	The message has been communicated very well and identify the type of text	The message has been communicated appropriately and identify the type of text	Some of the message has been communicated and the type of text is little confusing	The message hasn't been communicated and the type of text is inadequate
	EXCELLENT: 2 <input checked="" type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
CREATIVITY	Outstanding flow of ideas and events	Good flow of ideas and events	Average flow of ideas and events	Poor flow of ideas and events
	EXCELLENT: 2 <input type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input checked="" type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
SCIENTIFIC SUSTAINABILITY	Reasonable, specific and supportable opinion or thesis statement	Minor errors when supporting the thesis statement	Some errors when supporting the thesis statement	Lots of errors when supporting the thesis statement
	EXCELLENT: 2 <input checked="" type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
TOTAL/AVERAGE	9 - 10: EXCELLENT 7 - 8,9: GOOD 5 - 6,9: AVERAGE 0 - 4,9: LIMITED		TOTAL 9	



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL
CARCHI- FOREIGN AND NATIVE LANGUAGES
CENTER**

**Informe sobre el Abstract de Artículo Científico
o Investigación.**

Autor: QUEVEDO TORRES JHON ALBERTO

Fecha de recepción del abstract: Martes, 14 de octubre de 2025

Fecha de entrega del informe: Lunes, 20 de octubre de 2025

El presente informe validará la traducción del idioma español al inglés si alcanza un porcentaje de: 9 – 10 Excelente.

Si la traducción no está dentro de los parámetros de 9 – 10, el autor deberá realizar las observaciones presentadas en el ABSTRACT, para su posterior presentación y aprobación.

Observaciones:

Después de realizar la revisión del presente abstract, éste presenta una apropiada traducción sobre el tema planteado en el idioma Inglés. Según la rúbrica de evaluación de la traducción en Inglés, ésta alcanza un valor de 9; por lo cual se valida dicho trabajo.

Atentamente



MA. Martha Viveros
Responsable del
CIDEN

Anexo 3. Adecuación del sitio experimental



Figura 4. Preparación del terreno



Figura 5. Siembra

Anexo 4. Aplicación de tratamientos



Figura 6.
Aplicación de
tratamientos



Figura 7. Primer Aporque



Figura 8. Segundo
Aporque

Anexo 5. Recolección de datos del experimento



Figura 9. Toma y
recolección de datos

Anexo 6. Cosecha y comercialización



Figura 10. Cosecha y comercialización



Figura 11. Pesaje de cosecha en kg