



# **UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES**

**“EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA CIANAMIDA CÁLCICA EN LA  
PRODUCCIÓN DEL CULTIVO DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.) VAR. SUPER  
CHOLA, EN LA FINCA LA CAROLINA, TULCÁN, CARCHI”.**

**Trabajo de grado previa a la obtención del Título de Ingeniero Agropecuario**

**AUTOR:**

**CUSANGUÁ OBANDO CRISTIAN BLADIMIR**

**DIRECTOR:**

**ING. GÓMEZ CABEZAS MIGUEL ALEJANDRO MSc.**

**Ibarra, 2021**

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y  
AMBIENTALES

ESCUELA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

**“EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA CIANAMIDA CÁLCICA EN LA  
PRODUCCIÓN DEL CULTIVO DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.) VAR. SUPER  
CHOLA, EN LA FINCA LA CAROLINA, TULCÁN, CARCHI”.**

Trabajo de grado revisado por el Comité Asesor, por lo cual se autoriza su presentación  
como requisito parcial para obtener Título de:

**INGENIERO AGROPECUARIO**

APROBADO:

Miguel Gómez, MSc  
**DIRECTOR**



FIRMA

Julia Prado, PhD.  
**MIEMBRO TRIBUNAL**



FIRMA

Marcelo Albuja, MSc  
**MIEMBRO TRIBUNAL**



FIRMA



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

## BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

### AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

#### 1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte de manera digital para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO	
CÉDULA:	0401685516
NOMBRES Y APELLIDOS:	Cristian Bladimir Cusanguá Obando
DIRECCIÓN:	Av. Seminario TULCAN-CARCHI
EMAIL:	cbcusangua@utn.edu.ec
TELEFONO FIJO Y MOVIL:	2245797   0996412592

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	“EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA CIANAMIDA CÁLCICA EN LA PRODUCCIÓN DEL CULTIVO DE PAPA ( <i>Solanum tuberosum</i> L.) VAR. SUPER CHOLA, EN LA FINCA LA CAROLINA, TULCÁN, CARCHI”
AUTOR:	Cristian Bladimir Cusanguá Obando
FECHA:	12-05-2021
SOLO PARA TRABAJO DE TITULACIÓN	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero Agropecuario
DIRECTOR:	Miguel Gómez, MSc.

#### 2. CONSTANCIAS

El autor(es) manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrollo, sin los derechos de autores terceros, por lo tanto, la obra es original y es (son) el (los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que asume (n) la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá (n) en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 12 días del mes de mayo del 2021

#### EL AUTOR

.....  
Cristian Bladimir Cusanguá Obando

## REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

**Guía: FICAYA-UTN**

**Fecha:** Ibarra, a los 12 días del mes de mayo de 2021

**Cristian Bladimir Cusanguá Obando:** EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA CIANAMIDA CÁLCICA EN LA PRODUCCIÓN DEL CULTIVO DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.) VAR. SUPER CHOLA, EN LA FINCA LA CAROLINA, TULCÁN, CARCHI /Trabajo de titulación. Ingeniero Agropecuario.

Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería Agropecuaria. Ibarra, a los 12 días del mes de mayo del 2021 VIII... páginas.

**DIRECTOR (A):** Ing. Miguel Gómez, MSc

El objetivo principal de la presente investigación fue:

Evaluar el efecto de la cianamida cálcica en el desarrollo y producción del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) var. Superchola

Entre los objetivos específicos se encuentran:

Determinar las características agronómicas en el cultivo de papa var. Superchola bajo efecto de la cianamida cálcica.

Analizar la disponibilidad de nitrógeno y calcio mineral del suelo bajo aplicaciones de cianamida cálcica

Realizar un análisis económico de los tratamientos en estudio (b/c)



Ing. Miguel Gómez, MSc  
Director de Trabajo de Grado



Cristian Bladimir Cusanguá Obando  
**Autor**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios, por haberme dado la vida y ser parte fundamental en cada uno de mis logros, a mis padres, hermanos y familiares más cercanos que me han acompañado a lo largo de mi formación estudiantil, aportando valores fundamentales como: el respeto, la responsabilidad, la humildad y la perseverancia para alcanzar cada uno de mis sueños con dedicación y mucho trabajo, ya que tras de un sueño hay muchas personas que anhelan vernos triunfando en la vida. A la Universidad Técnica del Norte, Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales, a la carrera de Ingeniería Agropecuaria, la cual me ha permitido culminar mis estudios superiores, a mis profesores guías, mi director Miguel Gómez, MSc, por su participación y apoyo continuo en el desarrollo de la presente investigación, a mis asesores Julia Prado, PhD, Marcelo Albuja, MSc, por ser quienes aportaron sus conocimientos técnicos para el desarrollo del presente trabajo.

Cristian Bladimir Cusanguá Obando

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo va dedicado a Dios por ser quien me da la luz y me guía siempre para conseguir mis metas, a mi padre Luis Cusanguá por sus enseñanzas y de forma especial a mi madre Martha Obando quien es la persona que siempre ha estado para mí en los buenos y malos momentos apoyándome siempre, para ti mamá va dedicado cada uno de mis esfuerzos y mis triunfos, también a mi abuelita Rosa Fweltala, mis hermanos (Luis, Byron, Diego, Mateo, Paz) quienes son parte importante de mi vida, a mis tíos, primos, amigos que siempre estuvieron ayudándome a formar en mi vida personal y académica.

Dedico esté trabajo y todo mi esfuerzo a quienes, sin importar las situaciones y las adversidades nunca dejaron de creer en mí. Familia, amigos, esto fue por ustedes y para ustedes con la bendición de Dios. Muchas Gracias.

Cristian Bladimir Cusanguá Obando

## ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE CONTENIDO .....	I
ÍNDICE DE FIGURAS .....	IV
ÍNDICE DE TABLAS .....	V
ÍNDICE DE ANEXOS .....	VI
RESUMEN .....	VII
ABSTRACT .....	VIII
1. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1 Antecedentes .....	1
1.2 Problema de investigación.....	2
1.3 Justificación.....	2
1.4 Objetivos .....	3
1.4.1 Objetivo general.....	3
1.4.2 Objetivos específicos .....	3
1.5 Hipótesis.....	4
2. MARCO TEÓRICO .....	5
2.1 Cultivo de papa en el Ecuador.....	5
2.1.1 Importancia .....	5
2.1.2 Principales zonas de producción .....	5
2.1.3 Descripción botánica.....	5
2.1.4 Descripción morfológica de la planta de papa .....	5
2.1.5 Etapas fenológicas.....	6
2.1.6 Requerimientos edafoclimáticos .....	6
2.2 Variedades de papa cultivadas en el Ecuador.....	7
2.3 Variedad Superchola .....	8
2.3.1 Origen de la variedad .....	8
2.3.2 Características agronómicas.....	8
2.3.3 Características morfológicas .....	8
2.4 Principales enfermedades que afectan el cultivo de papa .....	9
2.4.1 Tizón tardío .....	9
2.4.2 Tizón temprano .....	9
2.4.3 Costra negra .....	9
2.5 Requerimientos de fertilización química del cultivo de papa .....	10
2.5.1 Fertilización química.....	10
2.6 Fertilizantes Químicos.....	10
2.6.1 Fertilizantes convencionales .....	10
2.6.2 Fertilizantes de lenta liberación .....	11
2.7 Cianamida cálcica.....	11
2.8 Análisis económico .....	11
2.8.1 Costos.....	12
2.8.2 Calificación de costos .....	12
2.8.3 Costos de producción del cultivo de papa.....	12
2.8.4 Relación beneficio-costos.....	14

2.9 Marco legal.....	14
3. MATERIALES Y MÉTODOS .....	16
3.1 Descripción del área de estudio.....	16
3.1.1 Características climáticas .....	16
3.1.2 Características edáficas .....	17
3.2 Materiales .....	17
3.2.1 Material químico .....	17
3.3 Métodos .....	18
3.3.1 Diseño Experimental.....	18
3.3.2 Tratamientos.....	18
3.3.3 Características del área experimental.....	19
3.3.3.3 <i>Análisis estadístico</i> .....	20
3.4 Variables para evaluarse.....	20
3.4.1 Altura de planta .....	20
3.4.2 Diámetro del tallo.....	20
3.4.3 Incidencia de enfermedades foliares .....	20
3.4.4 Incidencia de enfermedades en tubérculos.....	21
3.4.5 Análisis de nitrógeno y calcio disponible en el suelo .....	21
3.4.6 Rendimiento .....	22
3.4.7 Análisis económico .....	22
3.5 Manejo específico del experimento.....	23
3.5.1 Selección de lote del ensayo .....	23
3.5.2 Toma de muestras de suelo .....	23
3.5.3 Preparación del suelo y delimitación del ensayo .....	24
3.5.4 Obtención de la semilla certificada .....	24
3.5.5 Aplicación de la Cianamida Cálcica .....	25
3.5.6 Siembra .....	25
3.5.7 Fertilización.....	26
3.5.8 Análisis de suelo para nitrógeno y calcio disponible.....	26
3.5.9 Labores culturales .....	27
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	28
4.1 Altura de la planta .....	28
4.2 Diámetro del tallo.....	30
4.3 Incidencia de enfermedades foliares .....	33
4.3.1 Incidencia de tizón tardío ( <i>Phytophthora infestans</i> ).....	33
4.3.2 Incidencia de tizón temprano ( <i>Alternaria solani</i> ).....	34
4.4 Incidencia de enfermedades en tubérculos .....	36
4.5 Concentración de amonio en el suelo.....	37
4.6 Concentración de nitrato en el suelo .....	38
4.7 Concentración de calcio en el suelo .....	40
4.8 Rendimiento .....	41
4.9 Rendimiento por categoría .....	42
4.10 Relación Beneficio-Costo.....	44

CAPÍTULO V .....	45
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	45
5.1 Conclusiones .....	45
5.2 Recomendaciones .....	46
BIBLIOGRAFÍA .....	47
ANEXOS .....	54

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa base de la zona de estudio de la comunidad Guamag Bajo .....	16
Figura 2. Muestras de suelo para el análisis de nutrientes .....	22
Figura 3. Selección del lote para el establecimiento del ensayo .....	23
Figura 4. Recolección de submuestras de suelo inicial .....	24
Figura 5. Arado y rastrado del lote antes de la siembra .....	24
Figura 6. Semilla de papa var. Superchola .....	25
Figura 7. Pesaje de las dosis de cianamida cálcica para cada tratamiento .....	25
Figura 8. Siembra de papa y aplicación de la cianamida cálcica .....	25
Figura 9. Pesaje de los fertilizantes químicos para todos los tratamientos.....	26
Figura 10. Pesaje de la muestra de suelo para el análisis de N mineral .....	26
Figura 11. Cosecha de los tubérculos de papa por tratamiento .....	27
Figura 12. Altura de planta del cultivo de papa var. Superchola a los 30-60-90 días después de la siembra.....	29
Figura 13. Diámetro del tallo a los 30-60-90 días después de la siembra en el cultivo de papa var. Superchola .....	32
Figura 14. Porcentaje de incidencia de tizón tardío ( <i>Phytophthora infestans</i> ) a los 60, 90 y 120 días después de la siembra del cultivo de papa var. Superchola .....	34
Figura 15. Porcentaje de incidencia de tizón temprano ( <i>Alternaria solani</i> ) a los 60, 90 y 120 días después de la siembra del cultivo de papa var. Superchola .....	35
Figura 16. Concentración de amonio en el suelo a los 0, 30, 90 y 180 días después de la siembra del cultivo de papa var. Superchola .....	37
Figura 17. Concentración de nitrato en el suelo a los 0, 30, 90 y 180 días después de la siembra del cultivo de papa var. Superchola .....	39
Figura 18. Concentración de calcio en el suelo a los 180 días después de la siembra del cultivo de papa var. Superchola.....	40
Figura 19. Comportamiento del rendimiento del cultivo de papa var. Superchola bajo la aplicación de diferentes fertilizantes nitrogenados.....	41
Figura 20. Comportamiento del rendimiento por categoría del cultivo de papa var. Superchola con la aplicación de cianamida cálcica.....	43

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Variedades nativas y mejoradas de papas según la zona de cultivo en el Ecuador.	7
Tabla 2. Características agronómicas de la variedad “Superchola” .....	8
Tabla 3. Recomendaciones generales de fertilización del cultivo de papa .....	10
Tabla 4. Costos de producción para una hectárea de papa .....	13
Tabla 5. Descripción climática del área de estudio .....	16
Tabla 6. Contenido de N total inicial del suelo antes de la aplicación de cianamida cálcica. .....	17
Tabla 7. Materiales y equipos utilizados en la investigación .....	17
Tabla 8. Contenido nutricional de la cianamida cálcica aplicada en el cultivo de papa. ...	18
Tabla 9. Dosis y tratamientos en estudio.....	18
Tabla 10. Dosis de fertilizantes químicos para todos los tratamientos kg/ha.....	19
Tabla 11. Análisis de varianza (ADEVA) para el estudio.....	20
Tabla 12. Clasificación de tubérculos de papa realizada en la provincia de Carchi.....	22
Tabla 13. ADEVA del efecto de diferentes dosis de cianamida cálcica sobre la altura de planta en el cultivo de papa var. Superchola .....	28
Tabla 14. ADEVA del efecto de diferentes dosis de cianamida cálcica sobre el grosor del tallo en el cultivo de papa var. Superchola.....	31
Tabla 15. ADEVA de la incidencia de tizón tardío ( <i>Phytophthora infestans</i> ) en el cultivo de papa var. Superchola.....	34
Tabla 16. ADEVA de la incidencia de tizón temprano ( <i>Alternaria solani</i> ) en el cultivo de papa.....	35
Tabla 17. ADEVA de la concentración de amonio en el suelo en el cultivo de papa var. Superchola .....	37
Tabla 18. ADEVA de la concentración de nitrato en el suelo en el cultivo de papa var. Superchola .....	38
Tabla 19. ADEVA de la concentración de calcio en el suelo del cultivo de papa var. Superchola .....	40
Tabla 20. ADEVA del efecto de la cianamida cálcica sobre el rendimiento de papa .....	41
Tabla 21. ADEVA del efecto de la cianamida cálcica sobre el rendimiento por categoría de papa.....	43
Tabla 22. Relación beneficio-costo .....	44

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Análisis de suelo inicial (contenido de macro y micronutrientes).....	54
Anexo 2. Tabla de contenido de nutrientes que aporta la cianamida cálcica, urea y la cal en cada tratamiento.....	55
Anexo 3. Distribución de las unidades experimentales en el ensayo .....	55
Anexo 4. Parcela neta y plantas para evaluarse durante el ensayo.....	55
Anexo 5. Contenido de nitrógeno disponible en el suelo a los 30 días después de la aplicación de la cianamida cálcica .....	55
Anexo 6. Contenido de nitrógeno disponible en el suelo a los 60 días después de la aplicación de la cianamida cálcica.....	57
Anexo 7. Contenido de nitrógeno y calcio disponible en el suelo a los 180 días después de la aplicación de la cianamida cálcica.....	58
Anexo 8. Medias y rangos de la variable altura de planta.....	59
Anexo 9. Medias y rangos de la variable grosor del tallo .....	59
Anexo 10. Medias y rangos de la variable porcentaje de incidencia de tizón tardío (Phytophthora infestans).....	59
Anexo 11. Medias y rangos de la variable porcentaje de incidencia de tizón temprano (Alternaria solani).....	60
Anexo 12. Medias y rangos de la variable concentración de nitrato en el suelo.....	60
Anexo 13. Medias y rangos de la variable concentración de amonio en el suelo .....	61
Anexo 14. Medias y rangos de la variable concentración de calcio en el suelo.....	61
Anexo 15. Medias y rangos de la variable rendimiento del cultivo de papa.....	61
Anexo 16. Medias y rangos de la variable rendimiento por categoría del cultivo de papa.	62
Anexo 17. Costos de producción para el tratamiento 1 (testigo).....	63
Anexo 18. Costos de producción para el tratamiento 2.....	64
Anexo 19. Costos de producción para el tratamiento 3.....	65
Anexo 20. Costos de producción para el tratamiento 4.....	66

**TÍTULO:** “Evaluación del efecto de la cianamida cálcica en la producción del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) var. Super Chola, en la Finca La Carolina, Tulcán, Carchi.”

**Autor:** Cristian Cusanguá

**Director del trabajo de titulación:** Ing. Miguel Alejandro Gómez Cabezas, MS.c.

**Año:** 2021

## RESUMEN

La industria de fertilizantes químicos se enfrenta a un desafío permanente para mejorar la eficiencia de sus productos; mediante su mejoramiento o el desarrollo de nuevos productos. La cianamida cálcica libera N y Ca de manera gradual, mejora la estructura del suelo y crea condiciones que impiden el ataque de los patógenos. Esta investigación se basó en el uso potencial de la cianamida cálcica como fertilizante químico y tuvo como objetivo evaluar su efecto en el desarrollo y producción del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) var. Superchola. Se evaluaron cuatro tratamientos (T1=100% urea-testigo; T2=50% urea + 50% cianamida; T3=75% cianamida + 25% urea; T4= 100% cianamida). Las variables evaluadas fueron altura de planta (cm), diámetro del tallo (cm), incidencia de enfermedades foliares y en tubérculos, N y Ca mineral del suelo, rendimiento (kg/ha) y el análisis económico. Los resultados determinaron que la aplicación de 100% cianamida, incrementó la altura y el grosor del tallo en un 6% y 12% con respecto del testigo. En cuanto a incidencia de enfermedades foliares, las plantas de los tratamientos con cianamida cálcica presentaron una incidencia inferior con respecto al testigo y los tubérculos no presentaron ninguna enfermedad. La mayor concentración de N mineral en el suelo se presentó en el T4 a los 30 días después de la siembra, lo que produjo un mayor rendimiento en los tratamientos con cianamida cálcica. Este estudio indica que el uso de cianamida favorece el desarrollo de las plantas de papa, aumenta las reservas de N y Ca en el suelo y por consiguiente el rendimiento del cultivo.

**Palabras claves:** nitrógeno, calcio, fertilizante químico

**TITLE:** "Evaluation of the effect of calcium cyanamide on potato crop production (*Solanum tuberosum* L.) var. Super Chola, at Finca La Carolina, Tulcán, Carchi."

**Author:** Cristian Cusanguá

**Director of degree work:** Ing. Miguel Alejandro Gómez Cabezas, MS.c.

**Año:** 2021

## ABSTRACT

The chemical fertilizer industry faces an ongoing challenge in improving the efficiency of its products; by improving or developing new products. Calcium cyanamide gradually releases N and Ca, improves soil structure and creates conditions that prevent the attack of pathogens. This research was based on the potential use of calcium cyanamide as a chemical fertilizer and aimed to evaluate its effect on the development and production of potato cultivation (*Solanum tuberosum* L.) var. Superchola. Four treatments were evaluated (T1-100% urea-witness; T2-50% urea + 50% cyanamide; T3-75% cyanamide + 25% urea; T4 x 100% cyanamide). The variables evaluated were plant height (cm), stem diameter (cm), incidence of foliar and tuber diseases, N and mineral ca of the soil, yield (kg/ha) and economic analysis. The results determined that the application of 100% cyanamide increased the height and thickness of the stem by 6% and 12% with respect to the witness. As for the incidence of foliar diseases, the plants of calcium cyanamide treatments had a lower incidence with respect to the witness and the tubers did not present any disease. The highest concentration of N mineral in the soil occurred in T4 within 30 days after planting, resulting in higher yield in calcium cyanamide treatments. This study indicates that the use of cyanamide promotes the development of potato plants, increases the reserves of N and Ca in the soil and consequently the yield of the crop.

Key words: nitrogen, calcium, chemical fertilizer

# CAPÍTULO I

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Antecedentes

La papa (*Solanum tuberosum* L.) a nivel mundial es uno de los cultivos alimenticios más importantes junto con el trigo y el arroz, debido a su contenido nutricional, y a la adaptabilidad a diversos climas y sistemas de cultivo (Devaux et al., 2010). En Ecuador la papa variedad Superchola en el año 2019 alcanzó un rendimiento de 16.28 toneladas por hectárea (t/ha), siendo las provincias con mayor producción Pichincha con 21.2 t/ha, Carchi con 18.8 t/ha, Bolívar con 17.9 t/ha y Tungurahua con 17.8 t/ha, mientras que Cotopaxi fue la de menor productividad con 8.49 t/ha (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2019)

El Ministerio de Agricultura y Ganadería (2018) da a conocer que estos rendimientos son debido a: uso de semillas mejoradas, siembra de tubérculos a una densidad de 19 687 plantas/ha y una fertilización a base de 2.5 qq/ha de nitrógeno (N), 4.6 qq/ha de fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) y 3.2 qq/ha de potasio (K<sub>2</sub>O).

Los suelos de la provincia del Carchi donde se desarrolla la producción de papa se encuentran sobre fuertes pendientes que produce escorrentías y drenajes, y así da lugar a la erosión y baja fertilidad natural del suelo, lo que ocasiona que no exista un alto rendimiento en los cultivos, debido a que no se satisface el requerimiento nutricional de las plantas (Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia del Carchi, 2015).

Es por ello, que la fertilización y nutrición del cultivo de papa constituye un factor vital para alcanzar los máximos rendimientos por unidad de superficie, pues esta respuesta de producción se basa en la aplicación de N, P y K así como también de elementos menores como Ca, Mg y S (Porrás, 2005)

Según Buitrago (2004) la mayoría de los suelos en la zona donde se cultiva papa tienen una respuesta favorable a la aplicación de N y P obteniéndose los mayores rendimientos con dosis de 50 a 100 kg/ha de N y entre 100 y 300 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> en zonas de alturas menores a 2 900 msnm.

La elección de la fuente de N debe ser realizada de acuerdo con las condiciones químicas del suelo, especialmente del pH y contenido de nutrientes, tomando en cuenta las características de las alternativas como la concentración, la solubilidad, el poder acidificante y el costo (Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias, 2002). Siendo la urea la fuente más usada en la papa por su concentración de 46% de N, formulación granulada, mayor solubilidad en el agua y en suelos húmedos, y la rápida disponibilidad para las plantas (Giletto, Echeverría y Sadras, 2003). Pero su uso está asociado con pérdidas por lixiviación, lo que reduce la eficiencia del fertilizante, obligando a aplicar más fertilizante del necesario para compensar las pérdidas y a realizar fraccionamiento para la aplicación (Paredes, 2014)

La industria de los fertilizantes en la actualidad se enfrenta a un desafío permanente para mejorar la eficiencia de sus productos; ya sea mediante el mejoramiento de sus fertilizantes

en uso o en el desarrollo de nuevos productos (Coca, Castillo y Méndez, 2014)

Según Klasse (1999a) la cianamida cálcica es el primer fertilizante que hizo posible la utilización de N del aire para la nutrición de las plantas, lo cual le convierte en un abono multifuncional, pues su descomposición en el suelo favorece la actividad biológica y crea condiciones para que los patógeno no dificulten el crecimiento y desarrollo de los cultivos.

La cianamida cálcica tiene una composición en 19.8 % de N en forma química permite que este nutriente se libere de manera gradual aportando a los cultivos una nutrición duradera y acorde a sus necesidades; y el contenido >50% en cal mejora la estructura del suelo y al mismo tiempo aporta Ca, un importante elemento para el desarrollo saludable de la planta (Klasse,1999b).

## **1.2 Problema de investigación**

En la provincia del Carchi, el cantón Tulcán presenta alrededor de 3 925.78 ha de suelos degradados y 33 053.27 ha en proceso de erosión, debido a: el uso de zonas con moderadas y fuertes pendientes donde no se realiza medidas de conservación de suelos, se siembra en sentido de la pendiente y no existe rotación de cultivos, estas actividades pueden causar pérdida de suelo y la activación de procesos de movimientos de masa (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Cantón Tulcán Actualización, 2015).

Las prácticas agronómicas antes mencionadas provocan una inadecuada disponibilidad de N, lo cual limita el crecimiento fisiológico de las plantas y afectando el rendimiento de los tubérculos en el cultivo de papa (Awasthi, Tewari y Nayyar, 2011). Sin embargo, esta condición de deficiencia nutricional es compensada con la aplicación de fertilizantes nitrogenados, que a pesar de ser una alternativa rentable presenta problemas como: volatilización, acidificación, desnitrificación y lixiviación de nitrógeno en el sistema suelo-cultivo (Paredes, 2014). Según menciona Lawlor (2002) para el agricultor es fundamental conocer la fuente inorgánica correcta del nitrógeno, en la dosis, época y localización correctas, puesto permite entregar de manera más eficiente este nutriente a las plantas y minimizar al mismo tiempo los problemas de contaminación ambiental a los recursos, agua, suelo y aire.

Además, las excesivas aplicaciones de N en papa pueden prolongar el ciclo vegetativo, reducir el porcentaje de materia seca de los tubérculos, provocar acame y aumentar la susceptibilidad de la planta a enfermedades; y en algunos casos favorece el crecimiento exagerado del follaje, reduciendo la producción de tubérculos (Coca, Castillo y Méndez, 2014)

## **1.3 Justificación**

Considerando las pérdidas por la inmovilización, desnitrificación, volatilización y lixiviación del N que produce el uso de la urea en el cultivo de papa, la aplicación de nuevos fertilizantes que suplan están necesidad deben ser encaminados a incrementar la eficiencia en la disponibilidad de nutrientes en el suelo y limitar sus pérdidas (Betancourt et al., 2001).

Una alternativa para aumentar la eficiencia y disminuir la liberación del N al medio ambiente, es el uso de fertilizantes minerales de liberación lenta en los cultivos (Li et al.,

2005). La cianamida cálcica según (Arora, Singh y Nnadi, 1987) es un fertilizante químico que contiene 19.8% de N total y 50% de CaO y es considerado una fuente inorgánica que presenta beneficios como: fijar el nitrógeno gaseoso de la atmósfera en una forma disponible para las plantas, realiza liberación lenta de N permitiendo la disponibilidad de este elemento en varias etapas fenológicas de diferentes cultivos y el aporte de Ca permite el desarrollo saludable de las plantas.

La cianamida cálcica es un abono multifuncional que además de realizar el aporte de nutrientes favorece la actividad biológica, crea condiciones adecuadas para que los patógenos presentes en el suelo no dificulten el crecimiento y desarrollo de los cultivos y mejora la estructura del suelo por medio del aporte de calcio. Dichas ventajas permiten minorar el uso de fertilizantes nitrogenados y evitar procesos como la lixiviación, desnitrificación y erosión (Sabatino et al.,2020)

Un estudio realizado en el cultivo de maíz indica que la aplicación al suelo de cianamida cálcica como fertilizante nitrogenado aumenta el 5% del rendimiento del cultivo, muestra un bajo índice en la pérdida de N por volatilización y vuelve disponible al Ca para las plantas de forma mineral (Ameijeiras, Sanchez y Dios, 1963). De la misma forma, en el cultivo de rosas permitió un aumento en la producción de los tallos con un 0.5% por cada planta cultivada y un mayor índice de resistencia al ataque de enfermedades (Coyago, 2018).

Por lo que, la cianamida cálcica se establece como una buena alternativa de conservación de nitrógeno y aporte de calcio en el suelo, mejorando sus características fisicoquímicas del suelo, favoreciendo la nutrición de las plantas y los controles fitosanitarios de los cultivos (Valverde y Alvarado, 2009).

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo general**

Evaluar el efecto de la cianamida cálcica en el desarrollo y producción del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) var. Superchola

### **1.4.2 Objetivos específicos**

- Determinar las características agronómicas en el cultivo de papa var. Superchola bajo efecto de la cianamida cálcica.
- Analizar la disponibilidad de nitrógeno y calcio mineral del suelo bajo aplicaciones de cianamida cálcica
- Realizar un análisis económico de los tratamientos en estudio (b/c)

## **1.5 Hipótesis**

**Ho:** La aplicación de cianamida cálcica no influye sobre las características agronómicas, la disponibilidad de nitrógeno y calcio mineral del suelo, y en la rentabilidad del cultivo de papa var. Superchola.

**Ha:** La aplicación de cianamida cálcica no influye sobre las características agronómicas, la disponibilidad de nitrógeno y calcio mineral del suelo, y en la rentabilidad del cultivo de papa var. Superchola

## CAPITULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Cultivo de papa en el Ecuador

##### 2.1.1 Importancia

La papa es un cultivo tradicional y una de las principales actividades agrícolas que se realizan en la Sierra del Ecuador, debido a su importancia en la generación de ingresos y a su presencia en la dieta diaria de la población (Yanggen, Crissman y Espinosa, 2002). Además, en las comunidades rurales es considerado un cultivo primordial por que aproximadamente 42 000 familias campesinas se dedican a la siembra y producción de papa, alcanzando un rendimiento de 8.4 t/ha (Pumisacho y Velásquez, 2009)

##### 2.1.2 Principales zonas de producción

Los resultados obtenidos en el levantamiento y análisis de información del Ministerio de Agricultura y Ganadería (2019), indican que el rendimiento promedio nacional de papa fue de 16.28 toneladas por hectárea, las provincias con mayor rendimiento en el país son: Pichincha con 21.2 t/ha, Carchi con 18.8 t/ha, Bolívar con 17.9 t/ha y Tungurahua con 17.8 t/ha, y las zona de menor productividad fue Cotopaxi con 8.5 t/ha.

##### 2.1.3 Descripción botánica

La taxonomía de la papa se describe de la siguiente manera:

Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Solanes
Familia:	Solanaceae
Género:	<i>Solanum</i>
Especie:	<i>Solanum tuberosum</i> L.

Fuente: Pumisacho y Sherwood (2002)

##### 2.1.4 Descripción morfológica de la planta de papa

Las plantas de papas son herbáceas, el hábito de crecimiento es rastrero o erecto y Pumisacho y Velásquez (2009) describe su morfología a continuación:

- Raíz: el sistema radicular es primario, fibroso, ramificado y a partir del cual se desarrolla el tallo y el follaje.

- Tallos: gruesos y leñosos y por lo general de color verde o rojo purpura. Los tallos principales nacen de los brotes de los tubérculos, los tallos secundarios nacen de las yemas subterráneas de los tallos principales y, además, poseen estolones que son tallos subterráneos.
- Hojas: las hojas primarias son alternas, compuestas y pinnadas, en cambio las hojas de una planta adulta son compuestas e imparipinadas. Además, Egúsquiza (2000) menciona que las partes de la hoja son: folíolos laterales, folíolo terminal, interhojuela, raquis o peciolo y yema.
- Flores: nacen en racimos y son terminales, cada una de ellas posee órganos masculinos (androceo) y femeninos (gineceo) y están formadas por cinco pétalos (pentámeras) y sépalos de color morado.
- Fruto: en estado maduro es una baya de forma redonda u oval, de color que va desde el verde amarillo hasta violeta, su tamaño alrededor de 5 cm de diámetro.
- Tubérculos: es considerado el fruto agrícola de la papa, el cual es usado como semilla de reproducción para los cultivos; además, es la porción apical del tallo que crece y almacenan nutrientes (Egúsquiza, 2000).

### **2.1.5 Etapas fenológicas**

Las etapas fenológicas que atraviesa el cultivo de papa son tres y según menciona Pumisacho y Velásquez (2009), son las siguientes:

- Etapa vegetativa: (V0) Brotación semilla, (V1) Emergencia, (V2) Desarrollo, (V3) Inicio floración y tuberización.
- Etapa de reproducción: (R4) Fin floración-y tuberización, (R5) Engrose
- Maduración: (R6) Maduración y Cosecha

A su vez el Instituto de Investigaciones Agropecuarias de Chile (INIA- Remehue, 2013) da a conocer que en cada una de las etapas es necesario considerar acciones de manejo fitosanitario que permita establecer un método de control más efectivo que garantice el adecuado desarrollo del cultivo.

### **2.1.6 Requerimientos edafoclimáticos**

Franco (2002) menciona que los requerimientos edafoclimáticos del cultivo de papa son:

- Altitud: la altitud ideal para el desarrollo y producción del cultivo de papa para consumo se encuentra entre los 2 900 y 3 300 msnm.
- Temperatura óptima: la papa requiere temperaturas de 9 y 11 °C para su desarrollo fenológico; de 20 a 25 °C durante el día y 8 a 13 °C para una buena tuberización. Al sobre pasar o disminuir estos rangos de temperatura se disminuye la fotosíntesis y aumenta la respiración, dando como consecuencia la pérdida de hidratos de carbono que se almacenan en los tubérculos.
- pH: 4.5 y 7.5

- Suelo: los suelos óptimos para el cultivo de papa con los francos, franco-arenosos, franco-limosos y franco-arcillosos, de textura liviana, buen drenaje y una profundidad de mayor de 0.50 m.
- Luminosidad: se requiere periodos de 8 a 12 horas luz para obtener un mejor comportamiento del cultivo de papa, además, este factor influye en la producción de carbohidratos y azúcares que pasan a formar parte de los tubérculos.

## 2.2 Variedades de papa cultivadas en el Ecuador

Las variedades de papa se clasifican en nativas y mejoradas, las cuales se definen de la siguiente forma:

- Variedades nativas: Son aquellas que provienen de un proceso de selección empírica a través de cientos y miles de años realizados por los agricultores y la naturaleza. Las variedades más conocidas son: Uvilla, Yema de Huevo, Leona Negra, Coneja Negra, Puña, Calvache, Chaucha Colorada, Santa Rosa, Carrizo, Coneja Negra (Monteros y Reinoso, 2010)
- Variedades mejoradas: Son el producto de una investigación minuciosa en campo y laboratorio utilizando materiales nativos y exóticos. Las variedades mejoradas son: Superchola, INIAP-Victoria, INIAP-Cecilia, INIAP-Natividad, INIAP-Yana shungo, INIAP-Puca shungo, INIAP-Fripapa 99, INIAP-Gabriela, INIAP-Santa Catalina, INIAP-María, INIAP-Esperanza, INIAP-Margarita, INIAP-Rosita e INIAP-Santa Isabela (Monteros y Reinoso, 2010).

En la Tabla 1 se describe las zonas de reproducción y las distintas variedades de papas nativas y mejoras el Ecuador.

Tabla 1.

*Variedades nativas y mejoradas de papas según la zona de cultivo en el Ecuador*

Zona del cultivo	Provincias	Variedad
Norte	Carchi	Chola, Superchola, Gabriela, Esperanza, María, Fripapa-99, ICA-Capiro, Margarita, Ormus y Yema de Huevo (Chauchas).
Centro	Pichincha, Cotopaxi, Tungurahua, Bolívar y Chimborazo	Chola, Uvilla, Santa, Catalina, Esperanza, Gabriela, María, Margarita, Rosita, Santa Isabel, Superchola, Yema de Huevo, Fripapa y Cecilia-Leona
Sur	Cañar, Azuay y Loja	Uvilla, Bolona, Santa Catalina, Esperanza, Soledad, Cañari y Gabriela

Fuente: Pumisacho y Sherword, (2002)

## 2.3 Variedad Superchola

### 2.3.1 Origen de la variedad

De acuerdo con Mastrocola et al., (2016) esta variedad fue creada por el señor Germán Batidas Vaca, agricultor del cantón Montufar, provincia del Carchi, pues proviene de los cruzamientos realizados con las variedades (*Curipamba negra* x *Solanum demissum*) x (clon resistente con comida amarilla x chola seleccionada) y originó a la variedad “Superchola” misma que fue liberada en 1984.

### 2.3.2 Características agronómicas

Esta variedad es apta para desarrollarse en el callejón interandino de la Sierra y se ubica en el primer lugar de papa comercializada con una demanda del 30.4% a nivel nacional (Rubio, 2015)

Tabla 2.

*Características agronómicas de la variedad “Superchola”*

Características	Observación
Altitud	2 800 a 3 600 msnm
Densidad de siembra	1 000 a 1 200 kg/ha de semilla certificada
Densidad entre plantas	0.3 a 0.4 m
Densidad entre surcos	1.1 a 1.2 m
Periodo de reposo	80 días
Número de tubérculos/planta	20 - 25
Maduración	180 días
Rendimiento	20 - 30 t/ha
Contenido de materia seca	22 – 24%
Usos	Consumo en fresco, sopas y agroindustria

Fuente: Rubio (2015)

### 2.3.3 Características morfológicas

La planta de la variedad Superchola presenta las siguientes características según Mastrocola et al., (2016)

- Planta de crecimiento erecto, con numerosos tallos verdes con pigmentación purpura, bien desarrollados y pubescentes.

- Follaje frondoso de desarrollo rápido.
- Hojas de color verde intenso, abiertas. Con tres pares de folíolos primarios, tres pares de folíolos secundarios y cinco pares de folíolos terciarios
- Flores de color morado y las cuales forman una corola estrellada
- Tubérculos con un periodo de reposo de 80 días y son de forma ovalada, yemas superficiales, color predominante rosado, color secundario blanco crema distribuido alrededor de las yemas y pulpa amarillo intenso.

## **2.4 Principales enfermedades que afectan el cultivo de papa**

El cultivo de papa durante su crecimiento puede ser afectado por varias especies de hongos, bacterias y virus que ocasionan enfermedades en las plantas y en los tubérculos, las cuales llegan a afectar la calidad de la cosecha y por consiguiente la producción del cultivo (Egúsqüiza, 2013). Entre las enfermedades más comunes están:

### **2.4.1 Tizón tardío**

Nombre Común: Tizón tardío o Lancha

Nombre Científico: *Phytophthora infestans*

Clase: Oomycete

#### **Importancia:**

INIA-Remehue (2015), menciona que *Phytophthora infestans* es una enfermedad de origen fungosa, es más conocida por los agricultores como lancha y es considerada como peligrosa debido a que puede ocasionar hasta el 100% de pérdidas en el cultivo. Se puede presentar en cualquier etapa de crecimiento del cultivo, pero es más susceptible en la época de floración por la cantidad de follaje y porque se crea un microclima húmedo que favorece el desarrollo de la enfermedad.

### **2.4.2 Tizón temprano**

Nombre Común: Tizón temprano

Nombre Científico: *Alternaria solani*

Clase: Deuteromycetes Importancia

#### **Importancia:**

Esta enfermedad tiene escasa información, pero en los últimos años se ha considerado una enfermedad importante para el cultivo de papa, debido a que se presenta en la etapa floración y ataca al follaje lo que conlleva a disminuir el rendimiento hasta en un 50% (Méndez y Inostroza, 2009)

### **2.4.3 Costra negra**

Nombre Común: Costra negra

Nombre Científico: *Rhizoctonia solani*

Clase: Basidiomycetes

### Importancia

La costra negra es una enfermedad causada por el ataque del hongo *Rhizoctonia solani*, ocasiona daños principalmente a los brotes, estolones, tallos y tubérculos. Una vez afectadas las plantas de forma severa se produce la disminución hasta del 90% del rendimiento y en la calidad afecta un 80% la cosecha por que produce tubérculos pequeños y deformes (INIA-Remehue, 2015).

## 2.5 Requerimientos de fertilización química del cultivo de papa

### 2.5.1 Fertilización química

La fertilización del cultivo de papa es una práctica agronómica importante, pues permite incrementar de forma notable el rendimiento y la calidad de los tubérculos cosechados. El cultivo de papa requiere de una fuerte inversión de capital, si se toman en cuenta todos sus factores de manejo. La fertilización generalmente representa el 30% de los costos totales de producción (Sierra, Santos y Kalazich, 2002).

Tabla 3.

*Recomendaciones generales de fertilización del cultivo de papa*

	Recomendación de fertilización (kg/ha)			
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	S
Bajo	150-200	300-400	100-150	40-60
Medio	100-150	200-300	60-100	20-40
Alto	60-100	100-200	40-60	0-20

Fuente: Pumisacho y Sherwood (2002)

## 2.6 Fertilizantes Químicos

### 2.6.1 Fertilizantes convencionales

En la agricultura los fertilizantes convencionales son los más conocidos y usados para la fertilización de los cultivos, se caracterizan principalmente por que se disuelven con facilidad en el suelo y se vuelven disponibles para las plantas de manera rápida. Entre ellos según Gómez y Jaramillo (2006) se encuentran:

- Fertilizantes nitrogenados: Urea (46-0-0), Nitrato de amonio (33-0-0), Sulfato de amonio, Nitrato de potasio, Nitrato de cálcico, Nitrato sódico, etc.
- Fertilizantes fosfóricos: Superfosfato, fosfato amónico, etc.
- Complejos binarios: Llevan 2 de alguno de los macronutrientes: nitrógeno, fósforo, potasio. Ejemplo: 35-15-0 contiene un 35% de N y un 15% de P.
- Complejos ternarios: Llevan los tres macronutrientes: nitrógeno, fósforo, potasio.

Ejemplo: 15-15-15

- Abonos líquidos y para fertiirrigación: Se presentan en forma líquida en lugar de granulada para emplear en fertiirrigación, es decir, disueltos en el agua de riego.

### **2.6.2 Fertilizantes de lenta liberación**

Este tipo de fertilizantes se caracterizan por que tienen la capacidad de disolverse o liberarse lentamente en el suelo, a lo largo de varios meses, esto es debido a la formulación química que cubre la estructura del fertilizante y permite que los minerales se liberen de forma lenta (Daza, Díaz, Aguirre y Urrutia, 2015).

### **2.7 Cianamida cálcica**

La cianamida cálcica es un fertilizante nitrogenado amídico, de liberación lenta e insoluble en agua, el cual ha sido utilizado en la agricultura por varios años. A diferencia de otras fuentes de N, la cianamida cálcica debe pasar una serie de transformaciones en el suelo para convertirse en una fuente disponible de N para las plantas (Selke, 1968; Klasse, 1999b y Colella et al.2005).

En el momento en que se aplica e incorpora al suelo inicia su proceso de transformación, al entrar en contacto con la humedad del suelo, produciendo cianamida hidrogenada ( $\text{CH}_2\text{N}_2$ ), e hidróxido de Ca ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ). Posteriormente, la cianamida hidrogenada sufre una serie de reacciones químicas secundarias que conducen a la producción de urea y diciandiamida (Selke, 1996 y Klasse, 1999a). La diciandiamida inhibe la acción de las bacterias responsables del proceso de nitrificación, de esta manera el N liberado a partir de la descomposición del ácido cianamídico permanece por más tiempo en el suelo de forma amoniacal, transformándose lentamente en nitrato (Finck, 1988 y Klasse, 1999b).

Klasse (1999b) asegura que esta lenta conversión de amonio a nitrato se ajusta a las necesidades de N de los cultivos hortícolas al brindar una nutrición equilibrada, que favorece un crecimiento saludable y vigoroso de las plantas. Además de su función principal como fuente de N, la cianamida cálcica muestra efectos secundarios beneficiosos para el manejo y control de plagas y enfermedades en diferentes cultivos, debido a su acción fungicida, herbicida e insecticida (Finck, 1988).

La cianamida hidrogenada producida a partir de la hidrólisis de la cianamida cálcica presenta propiedades fungicidas que afectan las poblaciones de los microorganismos, ya que inhibe el crecimiento y esporulación de varios hongos fitopatógenos, dependiendo de la sensibilidad que muestre el patógeno hacia este compuesto. Estos efectos sobre las enfermedades causadas por hongos fitopatógenos pueden ayudar a minimizar el uso de fungicidas y puede aumentar el rendimiento comercial, así como la calidad de los cultivos vegetales. Se ha demostrado que varias especies del género *Phytophthora* presenta una alta sensibilidad hacia la cianamida hidrogenada (Klasse, 1999 a y Klasse, 1999b).

### **2.8 Análisis económico**

El análisis económico pretende investigar la situación de la empresa como unidad económica, en donde estudia la potencialidad que puede tener, los beneficios y la

rentabilidad actual, así como también, la futura; en otras palabras, se encarga de analizar a una empresa como negocio y a su capacidad de generar beneficios hasta llegar a una rentabilidad en un periodo de tiempo, centrándose en la calidad de negocio que provee (Jiménez y Benedicto, 2010).

### **2.8.1 Costos**

Se comprende por costo al valor económico del total de los recursos utilizados (o dejados de percibir) para generar un proceso productivo cualquiera y obtener un producto terminado; entre estos costos se encuentra los de materia prima, de mano de obra y costos generales de fabricación (Salinas, 2012).

### **2.8.2 Calificación de costos**

Agrowin (2011) clasifica los costos de acuerdo con su importancia práctica al momento de generar informes administrativos y contables en una empresa de producción agrícola, siendo estos: costos por su función y costos por su identificación con el producto.

#### **2.8.2.1 Costos por su función**

El mismo autor supone los costos en función de la empresa.

- Gastos empresariales: Son reparticiones de recursos para mantener a la empresa o finca en funcionamiento, como: pagos de servicio, seguros, bonificaciones que se ha originado desde la parte administrativa y logística.
- Costos de producción: Es utilizado en la agricultura; es la valoración de los recursos que se utilizan en la transformación de la materia prima, en los productos que se producen en la empresa; como mano de obra, insumos y otros, en el caso de empresas agrícolas para empresas pecuarias, los costos son las que se destinan en creación de galpones, corrales y cercas, mientras que, para las agroindustriales, son recursos como mano de obra y materiales para la planta de procesamiento.

#### **2.8.2.2 Costos por su identificación con el producto**

Agrowin (2011) considera la relación con la parte productiva de la empresa.

- Costos directos: Valoran económicamente los recursos aplicados en los cultivos o lotes, ya que, las cantidades necesarias se establecen con precisión, tales como: mano de obra, insumos y materiales.
- Costos indirectos: Son los recursos que se han sacrificado durante el proceso productivo y su utilización afecta a más de un cultivo o lote; son gastos como: asistencia técnica, supervisión, costos de mantenimiento, depreciación de activos, reparación de vías, riego, entre otros.

### **2.8.3 Costos de producción del cultivo de papa**

Los costos de producción para una hectárea de papa varían en función de los implementos, insumos y técnicas que se vayan a aplicar para la producción. En la Tabla se puede apreciar los costos propuestos

Tabla 4.  
Costos de producción para una hectárea de papa

Actividad	Unidad	Cantidad	Costo	Total/ha
<b>COSTOS DIRECTOS</b>				
<b>PREPARACIÓN DEL SUELO</b>				
Tractor: arada	hora	6	12	72
Yunta: cruzada	día	4	15	60
Yunta: recruzada	día	4	15	60
<b>VARIEDAD</b>				
Superchola	kg	1.125	0.4	450
<b>SIEMBRA</b>				
Surcado-tae: yunta	día	2	15	30
Siembra	jornal	6	6	36
<b>FERTILIZACIÓN</b>				
18-46-00	kg	450	0.4	180
Sulpomag	kg	150	0.3	45
Muriato de potasio	kg	100	0.24	24
Urea	kg	100	0.37	37
<b>LABORES CULTURALES</b>				
Rascadillo	jornal	12	8	96
Medio aporque	jornal	16	8	128
Aporque	jornal	12	8	96
Riego	jornal	10	8	80
<b>CONTROL FITOSANITARIO</b>				
<b>Desinfección de semilla</b>				
Rovral	kg	0.4	40	16
Phyton	litro	0.4	22	8.8
<b>Control gusano blanco</b>				
Acefato 75%	kg	1	32	32
<b>Control pulguilla</b>				
Karate Zeon	litro	1	22	22
<b>Control de otras plagas</b>				
Profenotos	litro	1	20	20

Fijador	litro	1	3.5	3.5
Indicate(regulador de Ph)	litro	0.5	10	5
Aplicación	jornal	4	8	32
Cinco controles para lancha mancozeb, cymoxamil, fijador, indicate)				200
Aplicación	jornal	15	8	120
<b>COSECHA</b>				
Remoción suelo: yunta	día	2	15	30
Recolección: manual	jornal	50	8	400
Saquillos e hilos	unidad	350	0.2	70
<b>POSCOSECHA</b>				
Calificación y ensacado	jornal	35	8	280
Transporte a mercado	saco	350	0.5	175
<b>TOTAL</b>				<b>2808.3</b>
<b>COSTOS INDIRECTOS</b>				
Análisis de suelo		1	19	19
Gastos administrativos				100
Imprevistos				100
Interés bancario				172.7
<b>TOTAL, COSTO POR HECTAREA</b>				<b>3200</b>
<b>RENDIMIENTOS</b>		<b>Cantidad</b>	<b>Precio</b>	<b>Ingreso</b>
Rendimiento promedio: 15 t/ha				
Equivalente a: 3330 qq		3330 qq	13 (USD)	4290

Fuente: (Cuesta, Lucero y Reinoso, 2017)

#### **2.8.4 Relación beneficio-costo**

El análisis de esta relación es un proceso que permite evaluar los costes presentes y el beneficio que se obtendrá en el proyecto, con el fin de determinar su viabilidad; por lo tal motivo, los costos y beneficios deben ser cuantitativos y expresados en una unidad monetaria para calcular los beneficios netos a obtener (Agrowin, 2011).

### **2.9 Marco legal**

El presente trabajo de investigación se encuentra inmerso en las leyes vigentes del estado ecuatoriano, es así, que en el Art. 71 de la Constitución de la República instituida en el año 2008 se establece que la naturaleza “reproduce y realiza la vida, tiene derecho a que se respete integralmente su existencia y el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales,

estructura, funciones y procesos evolutivos”, por tal motivo, la implementación de prácticas responsables con los recursos naturales.

En la sección quinta, Art. 409 con respecto al suelo, afirma que, es “prioridad nacional la conservación del suelo, en especial su capa fértil. Se establecerá un marco normativo para su protección y uso sustentable que prevenga su degradación, en particular la provocada por la contaminación, la desertificación y la erosión”, debido a esto es necesario la búsqueda de nuevas alternativas que permita mejorar el rendimiento sin la degradación del suelo.

Por otra parte, en el Art. 9 de la Ley Orgánica del Régimen de la Soberanía Alimentaria menciona que se desarrollará la investigación científica y tecnológica con el fin de mejorar la calidad de los alimentos, mientras que, en el Art. 10 hace referencia a que el estado fomentará la participación de las universidades y colegios técnicos agropecuarios en los procesos de investigación de acuerdo con las demandas del sector campesino, además de la promoción y difusión de sus resultados. De igual manera se indica en el Art. 245 del Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente que la Autoridad Ambiental Nacional, fomentará la investigación, innovación y desarrollo de diversas tecnologías limpias para la producción agropecuaria.

# CAPÍTULO III

## 3. MATERIALES Y MÉTODOS

### 3.1 Descripción del área de estudio

La presente investigación se realizó en la comunidad de Guamag Bajo, situada en la parroquia Tulcán, cantón Tulcán en la provincia del Carchi, con coordenadas geográficas  $0^{\circ}47.7750'N$  y  $77^{\circ}44.3500'O$ , a una altitud de 3 335 m.s.n.m. Este lugar presenta parámetros climáticos aptos para el desarrollo del cultivo de papa (Figura 1).

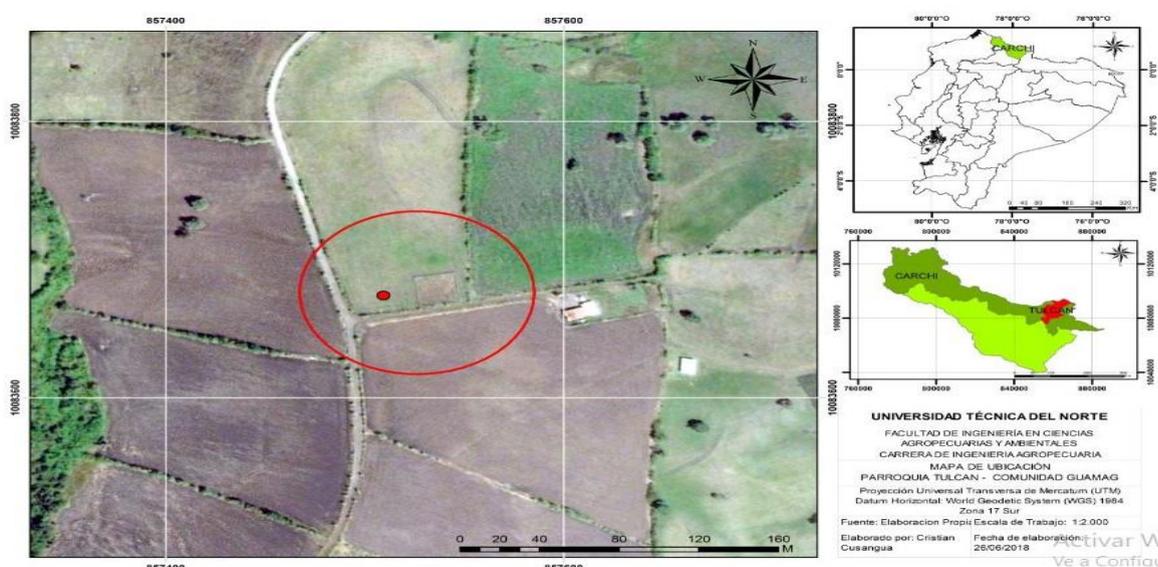


Figura 1. Mapa base de la zona de estudio de la comunidad Guamag Bajo

#### 3.1.1 Características climáticas

Las características climáticas que presentó el área de estudio durante el desarrollo del cultivo de papa se pueden apreciar en la Tabla 5.

Tabla 5.

*Descripción climática del área de estudio*

Características climáticas	
Temperatura mínima	6.0 °C.
Temperatura máxima	16.0 °C.
Temperatura promedio anual	11.4 °C.
Precipitación medio anual:	1400 mm
Humedad relativa:	53.6%

Fuente: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrografía (2016)

### 3.1.2 Características edáficas

El suelo de la zona de estudio presentó una textura franca y una pendiente del 42%. En la Tabla 6 se muestra el contenido de N y Ca total inicial que presentó el suelo, cuyo análisis químico se realizó en laboratorio. En el Anexo 1 se muestra el contenido de macro y micronutrientes restantes iniciales del suelo.

Tabla 6.

*Contenido de N total inicial del suelo antes de la aplicación de cianamida cálcica.*

<b>Propiedades</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>	<b>Nivel crítico</b>
NO <sub>3</sub>	4.7	mg/kg	
NH <sub>4</sub>	6.6	mg/kg	
*N total	11.3	mg/kg	Bajo
Ca	365	mg/kg	Bajo

Nota: N total= NO<sub>3</sub><sup>-</sup> más NH<sub>4</sub><sup>+</sup>

### 3.2 Materiales

Los insumos, equipos electrónicos, herramientas y materiales de campo usados durante el desarrollo de la investigación se muestran en la Tabla 7

Tabla 7.

*Materiales y equipos utilizados en la investigación*

<b>Insumos</b>	<b>Equipos</b>	<b>Herramientas</b>	<b>Materiales de campo</b>
Semilla de papa	Balanza digital	Azadón.	Libreta de campo
Fertilizantes químicos	Calibrador pie de rey	Barreno	Piola y estacas
Cianamida cálcica	Calculadora	Bomba de mochila	Rótulo
Insecticida	Cámara fotográfica	Flexómetro	Etiquetas numeradas
Abonos	Computadora	Pala recta	Costales de cosecha

#### 3.2.1 Material químico

La cianamida cálcica es un fertilizante químico elaborado de forma industrial y su contenido de nutrientes se presenta en la siguiente Tabla 8.

Tabla 8.

*Contenido nutricional de la cianamida cálcica aplicada en el cultivo de papa.*

Nutrientes	%
N	19.8
CaO	37.6
C	12.5

### 3.3 Métodos

#### 3.3.1 Diseño Experimental

En la presente investigación se empleó un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) con tres bloques y cuatro tratamientos.

#### 3.3.2 Tratamientos

Los tratamientos evaluados se realizaron en base al nitrógeno (N) y calcio (Ca). De acuerdo con los resultados obtenidos en el análisis de suelo (Anexo 1) y los requerimientos del cultivo de papa var. Superchola (Tabla 3) se determinó la recomendación de 150 kg/ha de N y 600 kg/ha de Ca, los cuales fueron proporcionados por la cianamida cálcica, urea y cal. En la Tabla 9 se presentan los porcentajes y las dosis de los fertilizantes químicos aplicados en cada tratamiento.

Tabla 9.

*Dosis y tratamientos en estudio*

Tratamiento	Descripción	Cianamida cálcica		Urea		Cal	
		kg/ha	kg/U. E	kg/ha	kg/U. E	kg/ha	kg/U. E
T1 (Testigo)	100% U	0	0	326.09	1.04	1481.48	4.74
T2	50% C.C + 50% U	378.79	1.21	163.04	0.52	1129.82	3.61
T3	75% C.C + 25% U	568.18	1.82	81.32	0.26	954.00	3.05
T4	100% C.C	757.58	2.42	0	0	778.12	2.48

En el Anexo 2 se muestra el aporte total de los nutrientes que aporta la cianamida cálcica en cada tratamiento. Los requerimientos para los elementos P, K, S, B y Mg fueron proporcionados por los siguientes fertilizantes químicos (Tabla 10). Las dosis aplicadas de estos fertilizantes fueron las mismas para todos los tratamientos.

Tabla 10.

*Dosis de fertilizantes químicos para todos los tratamientos kg/ha*

<b>Fert. Químico</b>	<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	<b>K<sub>2</sub>O</b>	<b>B</b>	<b>MgO</b>	<b>S</b>	<b>kg/ha</b>	<b>kg/U. E</b>
Súper fosfato triple	46					304	0.97
Muriato de potasio		60				265	0.85
Borax			10			30	0.10
SMgO				26	21	346	1.11

### 3.3.3 Características del área experimental

Las mediciones y el área total del experimento y de las unidades experimentales se presentan a continuación:

Área total del experimento: 832 m<sup>2</sup>

Unidades experimentales: 12

#### 3.3.3.1 Unidad experimental

El Anexo 3 detalla la distribución de las unidades experimentales en el área total del ensayo, siendo las medidas las siguientes:

Área total de la unidad experimental: 32 m<sup>2</sup>

Distancia entre plantas: 0.50 m

Distancia entre surcos: 1 m

Distancia entre parcelas: 2 m

Surcos: 7

Longitud del surco: 8 m

Número de plantas por surco: 7

Número de plantas por unidad experimental: 49

El Anexo 4 detalla las medidas de la parcela neta y las plantas a evaluarse en el ensayo, las medidas de esta se detallan a continuación:

#### 3.3.3.2 Parcela neta

Área de la parcela neta: 12.5 m<sup>2</sup>

Número de surcos a evaluarse:	5
Número de plantas por surco:	5
Número de plantas por parcela neta:	25

### 3.3.3.3 Análisis estadístico

Para el análisis estadístico de los datos obtenidos, se manejó el paquete estadístico “INFOSTAT” versión 2017 continuación, se presentan el análisis de varianza (ADEVA) del diseño de bloques completos al azar (Tabla 11)

Tabla 11.

*Análisis de varianza (ADEVA) para el estudio*

<b>Fuentes de variación</b>	<b>Fórmula</b>	<b>G. L</b>
Total	$(t \times R) - 1$	11
Tratamientos	$(t - 1)$	3
Bloques	$(R - 1)$	2
Error experimental	$(t - 1)(R - 1)$	6

## 3.4 Variables para evaluarse

Para evaluar las variables morfológicas altura de planta, grosor del tallo e incidencia de enfermedades foliares de las plantas de papa, se numeró a 10 plantas al azar de la parcela neta de cada tratamiento (Anexo 3), y en las cuales las mediciones se realizaron a los 30 (germinación), 60 (crecimiento del follaje) y 90 (llenado de tubérculo) días después de la siembra.

### 3.4.1 Altura de planta

Para evaluar la variable altura de planta, se colocó un flexómetro desde la base del tallo hasta el ápice vegetativo principal. La medida se registró en centímetros.

### 3.4.2 Diámetro del tallo

Para la medición del diámetro del tallo, se colocó un calibrador pie de rey en la base del tallo de la planta. La medida se registró en centímetros.

### 3.4.3 Incidencia de enfermedades foliares

- **Tizón tardío** (*Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary); **tizón temprano** (*Alternaria solani* (Cooke) Wint)

Para evaluar el efecto de la cianamida cálcica en la incidencia de tizón tardío (*Phytophthora infestans*) y tizón temprano (*Alternaria solani*), se realizó un monitoreo a los 60 (crecimiento del follaje), 90 (floración) y 120 (senectud) días después de la siembra. Para el cálculo de esta variable se utilizó la ecuación 1.

Ecuación 1.

$$\% \text{ Incidencia de enfermedades foliares} = \frac{\text{Número de plantas afectadas}}{\text{Número total de plantas evaluadas}} \times 100$$

#### 3.4.4 Incidencia de enfermedades en tubérculos

Una vez realizada la cosecha a los 180 días después de la siembra, se procedió a medir la incidencia de las enfermedades en los tubérculos de papa.

- **Sarna** (*Rhizoctonia solani* Kühn); **costra negra** (*Streptomyces scabies*) **en tubérculos**

Para determinar la incidencia de sarna (*Rhizoctonia solani*) y costra negra (*Streptomyces scabies*) en los tubérculos, se seleccionaron 10 tubérculos al azar de cada parcela, mismos que fueron lavados para identificar cada enfermedad. Para el cálculo de esta variable se utilizó la ecuación 2, de la relación del número de tubérculos infectados sobre el total de tubérculos cosechados.

Ecuación 2.

$$\% \text{ Incidencia de enfermedades en tubérculos} = \frac{\text{Tubérculos infectados}}{\text{Número de tubérculos evaluados}} \times 100$$

#### 3.4.5 Análisis de nitrógeno y calcio disponible en el suelo

A los 30 y 90 días después de aplicada la cianamida cálcica se realizó un análisis de suelo por cada unidad experimental, para conocer el contenido de nitrógeno disponible (Anexo 5 y 6); y, a los 180 días se realizó el análisis del contenido de nitrógeno y calcio (Anexo 7). Para ello en las parcelas de cada tratamiento se realizó el siguiente proceso:

- Por el método de zig-zag y con una pala recta se recolectaron 10 submuestras de suelo.
- Las submuestras se colocaron en un balde y se procedió a realizar la mezcla de estas.

- Del balde se tomó 1 kg de muestra de suelo, la cual fue empaquetada y etiquetada para ser enviada al laboratorio.



Figura 2. Muestras de suelo para el análisis de nutrientes

### 3.4.6 Rendimiento

Para evaluar el rendimiento del cultivo de papa, se realizó la cosecha de las plantas pertenecientes a la parcela neta y se procedió a pesar en una balanza electrónica todos los tubérculos cosechados y posterior a ello clasificarlos por categoría descrita en la Tabla 12. Finalmente, con los resultados obtenidos de cada parcela neta, se realizó una proyección orientada a una hectárea.

Tabla 12.

*Clasificación de tubérculos de papa realizada en la provincia de Carchi*

<b>Categoría</b>	<b>Tamaño del tubérculo (mm)</b>	<b>Peso del tubérculo (g)</b>
Gruesa	> 70	> 81
Segunda	50 – 69	61 – 80
Tercera	35 - 49	40 - 60

Fuente: Pumisacho y Velásquez (2009).

### 3.4.7 Análisis económico

En este estudio se realizó un análisis económico en donde se calculó la utilidad neta, misma que muestra el beneficio económico efectivo que se consigue por los ingresos adquiridos de la venta de los bienes, además, se consideran los gastos que realizados que fueron necesarios para la adquisición del bien o producto. Se calculó la venta de los tubérculos de papa y se contabilizó todos los gastos como: adquisición de semilla, análisis de suelo, preparación del terreno, compra de insumos entre otros (Roldán, 2017). Con estos valores se realizó también, el análisis de beneficio-costos que es la relación de los ingresos con respecto de los egresos,

para cada uno de los tratamientos (Briones, Patrano y Armijos, 2016). Para su estudio se utilizó la ecuación de B/C.

Ecuación 3.

$$B/C = \frac{\text{Ingresos}}{\text{Egresos}}$$

### 3.5 Manejo específico del experimento

#### 3.5.1 Selección de lote del ensayo

El ensayo se estableció en un lote con suelo de textura franca, a una altitud de 3 335 msnm y presentó las características agroclimáticas y edáficas óptimas para el desarrollo del cultivo de papa. Además, este lote presentó un periodo de descanso de cinco años.



*Figura 3.* Selección del lote para el establecimiento del ensayo

#### 3.5.2 Toma de muestras de suelo

Para el muestreo del suelo se tomaron varias submuestras, la recolección se dio a manera de zigzag. Con la ayuda de una pala recta se realizó un hueco a una profundidad de 20 cm, con forma de “V” y de unos de sus lados se tomó una porción de 3 cm de espesor y con un cuchillo se retiraron los bordes, dejando una parte de 5 cm de ancho. Cada submuestra fue colocada en un balde limpio y se revolvió el contenido hasta tener una mezcla homogénea. Una vez terminado, se tomó una muestra representativa de 1 kg, la cual se colocó en una funda plástica, la misma que fue etiquetada con los datos requeridos para su posterior envío al laboratorio para su análisis.



*Figura 4.* Recolección de submuestras de suelo inicial

### **3.5.3 Preparación del suelo y delimitación del ensayo**

Un mes antes de la siembra se realizó la preparación del terreno con un pase de arado y dos pases de rastra, con el fin de obtener un suelo mullido. Después de 10 días se delimitó el ensayo con el uso de un flexómetro y pialas, las cuales se dividieron al terreno en tres bloques, 12 unidades experimentales y la separación de los caminos.



*Figura 5.* Arado y rastrado del lote antes de la siembra

### **3.5.4 Obtención de la semilla certificada**

Del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP-Quito) se obtuvieron tres sacos de semillas, variedad Superchola, lo cual garantizó la calidad e inocuidad del material vegetal. Una vez adquirida la semilla, fue almacenada en un lugar fresco y libre de patógenos durante 30 días, hasta que los brotes presentaron un crecimiento de unos 0.5 cm aproximadamente.



Figura 6. Semilla de papa var. Superchola

### 3.5.5 Aplicación de la Cianamida Cálcica

La aplicación de cianamida cálcica se la realizó en el momento de la siembra, en pequeñas hileras y en las dosis correspondientes para cada tratamiento, como se describe en la Tabla 9.



Figura 7. Pesaje de las dosis de cianamida cálcica para cada tratamiento

### 3.5.6 Siembra

La siembra con una densidad de 0.50 m entre plantas y 1 m entre surco. Se colocaron dos tubérculos por sitio.



Figura 8. Siembra de papa y aplicación de la cianamida cálcica

### 3.5.7 Fertilización

La fertilización se realizó con base en la recomendación del análisis de suelo, aquí se estableció la cantidad de fertilizante requerido por el cultivo (Tabla 10). Todos los fertilizantes fueron fraccionados, en donde, el 50% se aplicó al momento de siembra y el 50% restante fue colocado 30 días después, con el fin de evitar pérdidas por lixiviación. Estos fueron aplicados en bandas superficiales y cubiertos con el azadón.



Figura 9. Pesaje de los fertilizantes químicos para todos los tratamientos

### 3.5.8 Análisis de suelo para nitrógeno y calcio disponible

A los 30, 60 y 180 días después de la siembra se tomó una muestra de suelo por cada unidad experimental, para identificar el porcentaje de nitrógeno disponible. Con respecto del calcio, se realizó un muestreo de suelo a los 180 días después de la siembra por cada una de las parcelas. Para llevar a cabo las tomas de muestra, se utilizó el proceso descrito en el literal (3.5.2) “toma de muestra de suelo”. Con un total de 12 muestras de suelo en cada observación.



Figura 10. Pesaje de la muestra de suelo para el análisis de N mineral

### 3.5.9 Labores culturales

Estas labores se realizaron de acuerdo con el desarrollo de las plantas.

- Retape. A los 21 días después de la siembra se realizó el retape, lo cual permite emparejar la emergencia de las plántulas y controlar las malezas del cultivo.
- Rascadillo. Manualmente con el uso de un azadón se realizó el rascadillo a los 30 días después de la siembra. Esta labor tiene la finalidad de mejorar la aireación en el suelo y controlar las malezas de forma oportuna.
- Aporque. Esta actividad se realizó con un azadón a partir de los 45 días después de la siembra, pues permite mejora la tuberización del cultivo, prevenir el ataque de plagas y facilitar la cosecha.
- Cosecha. Pasados 180 días después de la siembra, se realizó la cosecha de forma manual utilizando un azadón, cuando las plantas alcanzaron la madurez fisiológica y la cáscara del tubérculo no se desprendió del mismo al friccionar con el dedo pulgar.



*Figura 11.* Cosecha de los tubérculos de papa por tratamiento

## CAPÍTULO IV

### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se muestran los resultados obtenidos al finalizar la evaluación del efecto de la cianamida cálcica en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) var. Superchola.

#### 4.1 Altura de la planta

Una vez realizado el análisis de varianza con respecto a la variable altura de la planta, se determinó que existe interacción entre los factores días después de la siembra y los tratamientos aplicados ( $F=46.04$ ;  $gl= 6, 346$  y  $p < 0.0001$ ) (Tabla 13).

Tabla 13.

*ADEVA del efecto de diferentes dosis de cianamida cálcica sobre la altura de planta en el cultivo de papa var. Superchola*

Fuente de variación	Grados de libertad F. V	Grados de libertad Error	Valor F	Valor P
DDS	2	346	26 621.00	<0.0001
Tratamientos	3	346	110.84	<0.0001
DDS: Tratamientos	6	346	46.04	<0.0001

Nota: DDS= días después de la siembra.

La altura de planta es una característica morfológica de gran importancia en el crecimiento y desarrollo de la planta, la cual está determinada por la elongación del tallo al acumular nutrientes en su interior y la acción conjunta de los cuatro factores fundamentales: luz, calor, humedad y nutrientes (Blessing y Hernández, 2009).

Las pruebas de media Fisher al 5% indica que la variable altura de planta para todos los tratamientos muestra un crecimiento continuo en función del tiempo (Figura 12), donde se aprecia que a los 30 días después de la siembra existen diferencias significativas. El T3 (25% U + 75% C.C) presentó plantas de mayor crecimiento vegetativo registrando una altura de 36.13 cm, seguido por el T2 (50% U + 50% C.C) y el testigo (100% U) que registraron valores de 29.90 cm y 29.03 cm. En cuanto al T4 (100% C.C) presentó plantas de papa con menor crecimiento con una altura promedio de 25.60 cm

De igual manera, a los 60 días después de la siembra se muestra diferencias significativas, en donde el T3 (25% U + 75% C.C) y el T4 (100% C.C) presentaron plantas con mayor crecimiento vegetativo con una altura de 69.03 cm y 67.40 cm; mientras que el T2 (50% U + 50% C.C) y el testigo (100% U) muestran un menor crecimiento con un valor de 64.43 cm y 62.07 cm de altura.

En cambio, a los 90 días el T4 (100% C.C) presentó la mayor altura de planta con un valor de 103 cm, seguido por el T3 (25% U + 75% C.C) con un 101.07 cm. Mientras que el T2 (50% U + 50% C.C) y el testigo (100% U) registraron una altura menor con 98.03 cm y 96.57 cm.

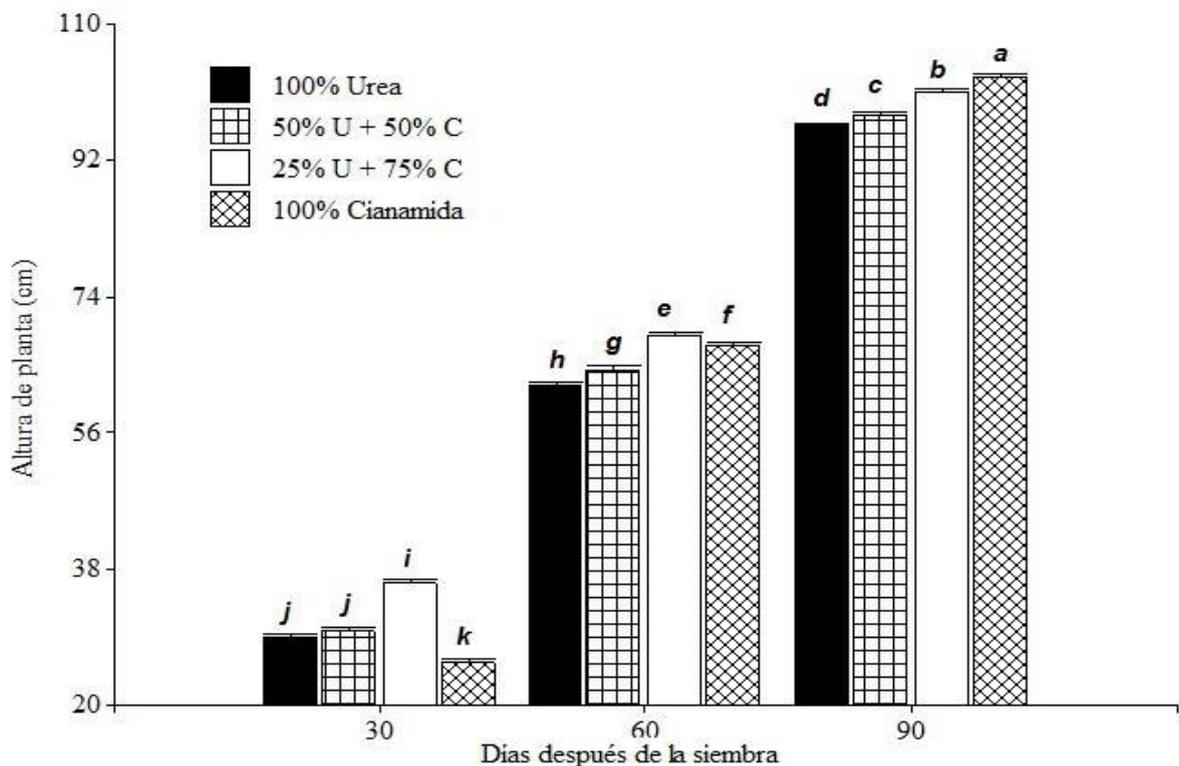


Figura 12. Altura de planta del cultivo de papa var. Superchola a los 30-60-90 días después de la siembra

En general, analizando los resultados respecto a la variable altura de planta da a conocer que la aplicación del 100% cianamida cálcica presentó un mayor crecimiento vegetativo con un 75.15%, mientras que el tratamiento testigo (100% U) mostró un crecimiento de 69.94%. Es evidente que la altura del tallo varía según la fuente de nitrógeno aplica, es por ello la diferencia significativa estadísticamente entre tratamientos.

Monsalve, Escobar, Acevedo, Sánchez y Coopman (2009) menciona que independiente de la fuente de nitrógeno mineral, la aplicación fertilizantes convencionales a los cultivos permite una mayor disponibilidad de nitrógeno; lo cual genera una mayor absorción por parte de las plantas y promueve una mayor división y elongación celular, ocasionando así según Perdomo y Barbazán (2001) que este nutriente se acumule en el interior del tallo y estimule el crecimiento de la planta en la etapa vegetativa del cultivo.

La mayor altura que presentó el T4 (100%) además de lo mencionado anteriormente, según Dixon (2016) en una revisión bibliográfica sobre la cianamida cálcica menciona que esta fuente de nitrógeno es un fertilizante mineral de liberación lenta que permite que el nitrógeno y el calcio estén disponibles de manera constante en la rizosfera del suelo; lo cual permite una absorción constante de minerales por parte de las plantas. De igual manera Pacheco y Cabrera (2003) en una investigación bibliográfica sobre fertilizantes minerales mencionan que la cianamida cálcica es una fuente de nitrógeno del tipo amida que aporta el 21% y 45% de nitrógeno y cuya acción es más lenta, pues el nitrógeno amídico deberá transformarse en amónico y nitratos, y ser liberados en suelo de manera gradual.

Este comportamiento de liberación lenta que presente la cianamida cálcica como fuente de nitrógeno permite afirmar que es el motivo por el cual las plantas de papa lograron obtener

mayor crecimiento vegetativo en el cultivo. Lo cual es corroborado por Coyago (2018), quien en el cultivo de flores aplicó tres dosis de cianamida cálcica (30, 40 y 50 g/m<sup>2</sup>) en las camas del cultivo y obtuvo una mayor longitud del tallo con la dosis de 50 g/m<sup>2</sup> alcanzando un valor de 75.44 cm, el cual superior con un 7% con respecto al resto de los tratamientos. Además, manifiesta que; la cianamida cálcica está directamente involucrada en la longitud de los tallos de la planta debido a que el óxido de calcio, uno de los principales elementos que contiene el fertilizante, es de rápida asimilación y translocación en los tejidos vegetales. Explicando de tal manera el comportamiento que presentó el T4.

Por otro lado, el T3 (25% U+ 75% C.C) también generó plantas de papa con mayor crecimiento, registrando una altura de 101.07 cm superior al tratamiento testigo (100% U). Resultados similares presentó Briones (2019), quien en el cultivo del maíz realizó la aplicación de 12 tratamientos con diferentes fuentes de nitrógeno (cianamida cálcica sola, cianamida + urea, nitrato de amonio y sin fertilización) y obtuvo la mayor altura de planta con la combinación de 200 kg/ha de urea + 150 kg/ha de cianamida, con valor de 2.60 m. Tualombo (2019) realizó la aplicación de los mismo tratamientos que Briones (2019), pero en el cultivo de arroz, y presentó una mayor altura de planta con la combinación de 250 kg/ha de urea + 200 kg/ha de cianamida, con un valor de 83.09cm.

Los resultados de las investigaciones antes mencionadas dan a conocer que, la combinación de dos distintas fuentes de nitrógeno es un tratamiento que fue estadísticamente superior con respecto a la aplicación de la cianamida cálcica y urea como fertilizantes solos, lo cual difiere con los resultados que presenta esta variable morfológica, sin embargo, demuestra que la combinación permite una mayor asimilación de nutrientes y genera una mayor altura de planta, tal como sucedió en el T3.

La presente investigación demuestra que la aplicación de 100% cianamida cálcica al cultivo de papa genera un mayor crecimiento vegetativo en las plantas, en comparación a la urea sola y sus combinaciones, pues Lombardo (2016) afirma que la cianamida cálcica al ser un fertilizante de liberación lenta permite que la disponibilidad de los nutrientes sea más alta por un periodo largo de tiempo, ocasionando así un mayor crecimiento vegetativo en las plantas, lo cual explica los resultados obtenidos en esta variable morfológica.

#### **4.2 Diámetro del tallo**

Los resultados de análisis de varianza muestran que existe interacción entre los días después de la siembra y tratamientos con respecto a la variable diámetro del tallo medida a los 30, 60 y 90 días después de la siembra (F=19.65; gl= 6, 346; P= <0.0001) (Tabla 14).

Tabla 14.

*ADEVA del efecto de diferentes dosis de cianamida cálcica sobre el grosor del tallo en el cultivo de papa var. Superchola.*

Fuente de variación	Grados de libertad F. V	Grados de libertad Error	Valor F	Valor P
DDS	2	346	15 405.07	<0.0001
Tratamientos	3	346	399.50	<0.0001
DDS: Tratamientos	6	346	19.94	<0.0001

El tallo contiene el tejido vascular xilema y floema que se encarga del transporte de nutrientes, agua y fotoasimilados (Terán, 1995), por lo que, la medición del grosor del tallo se le considera como un indicador del crecimiento vegetativo en los cultivos (Almeida et al.,2016). Gómez et al (2005) mencionan que la aplicación de nitrógeno y calcio son nutrientes que influyen sobre el desarrollo del tallo, pues afirman que dosis adecuadas generan un mayor grosor. Según menciona Méndez (2010) el diámetro del tallo garantiza cosechas muy provechosas y de calidad, resultado que se refleja cuando existe una nutrición balanceada para las plantas; pues los tallos delgados es un símbolo de raquitismo por deficiencia nutricional vegetal (Blessing y Hernández, 2009).

En la Figura 13 se muestra el comportamiento de este indicador, en donde todos los tratamientos en función del tiempo muestran curvas de crecimientos. Los resultados muestran que a los 30 días después de la siembra existió diferencias significativas, siendo el T3 (25% U + 75% C.C) y el T2 (50% U + 50% C.C) quienes generaron plantas de papa con tallos más gruesos, registraron un diámetro de 1.46 cm y 1.29 cm, respectivamente. Mientras que, el testigo (100% U) y el T4 (100% C.C) presentaron plantas con menor engrosamiento con un valor de 1.24 cm y 1.15 cm.

De la misma forma, a los 60 días después de la siembra el T3 (25% U + 75% C.C) presentó plantas con tallos más gruesos con un valor de 1.93 cm, seguido por el T2 (50% U + 50% C.C) y T4 (100% C.C) con un valor de 1.65 cm, mientras que el testigo presentó un menor engrosamiento en los tallos con 1.58 cm, respectivamente. Este mismo comportamiento se presentó a los 90 días donde el T3 (25% U + 75% C.C) mostró un mayor engrosamiento en las plantas de papa con un valor de 2.90 cm, seguido por el T4 (100% C.C) y T2 (50% U + 50% C.C) con un diámetro de 2.62 cm y 2.56 cm respectivamente. Finalmente, el testigo (100% U) fue el tratamiento con menor grosor, con un diámetro de 2.53 cm.

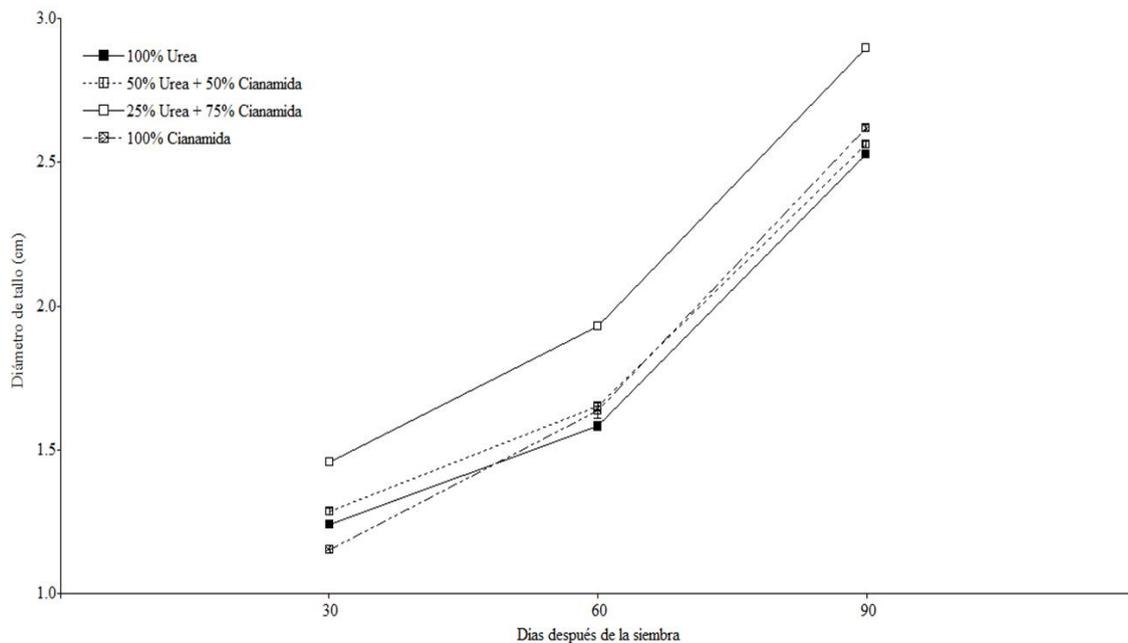


Figura 13. Diámetro del tallo a los 30-60-90 días después de la siembra en el cultivo de papa var. Superchola

El aporte de nutrientes que proporcionó el T3 (25% U + 75% C.C) al suelo permitió un mayor engrosamiento en los tallos de papa con respecto al testigo (100% U). Esto se debe a que estas fuentes de nitrógeno presentan diferentes acciones biológicas en el suelo que favorecen el desarrollo de los cultivos. Amberguer (1984) menciona que la cianamida es una fuente mineral que se degrada lentamente en el suelo y libera de forma gradual el nitrógeno y calcio que favorece la nutrición de las plantas; mientras que, la urea es una fuente de nitrógeno que se caracteriza por brindar a las plantas de forma rápida este nutriente y así favorece el crecimiento del cultivo en la etapa vegetativa del cultivo (Pacheco y Cabrera, 2003). Lo mencionado anteriormente permitió que las plantas aprovechen de forma adecuada nutrientes proporcionadas estas fuentes de nitrógeno y como consecuencia un cultivo de papas con mayor engrose de tallos, tal como se evidencio en el T3.

Cabe mencionar que, la cianamida cálcica es también una fuente de calcio, cuyo nutriente según Méndez (2012) interviene directamente en la formación de paredes celulares, promueve la elongación y división celular, como consecuencia se obtiene plantas con mayor longitud y engrose. Esta aportación de calcio es una ventaja que tiene de la cianamida frente a la urea, pues la urea como fertilizante mineral aporta únicamente nitrógeno. Es por lo que los resultados muestran que la cianamida cálcica es una fuente de nitrógeno que puede suplir hasta el 75% el uso excesivo que se está dando a la urea como fertilizante en los campos de papa y a su vez minorar la contaminación ambiental que su uso ocasiona al medio ambiente.

De la misma manera el T4 (100% C.C) presentó plantas de papa con mayor engrosamiento del tallo con respecto al testigo (100% U). Lo cual es corroborado por Sabatino et al (2020) quienes en el cultivo de escorola (*Cichorium endivia* L.) aplicaron cuatro tratamientos con dos fuentes de nitrógeno (testigo: sin fertilización, T2: 100% nitrato de amonio, T3: 50% nitrato de amonio + 50% cianamida cálcica y T4:100% cianamida cálcica) y obtuvo un mayor engrose del tallo en las plantas con aplicación de 100% C.C con un diámetro de 23.33

mm en comparación al testigo y demás tratamientos en estudio. Según Moreno (2012), en un estudio realizado en papas; afirma que, la cianamida cálcica a más de aumentar la productividad, forma tallos con mayor calibre y follaje, dándole un mejor aspecto tanto interno como externo a la planta, resultado que se obtienen a través de la absorción de Ca por medio de los meristemas apicales, permitiendo un buen desarrollo vegetal y una buena regulación metabólica.

Un estudio realizado por Herrera, Alizaga y Guevara (1998) muestran el efecto positivo de la cianamida cálcica, pues al sumergir las semillas de palma aceitera en tratamientos químicos (cianamida cálcica y ethephon) obtuvieron plúmulas de menor tamaño, con tallos más gruesos y con un sistema radicular muy desarrollado con el tratamiento de 1.5% y 2% de concentración de cianamida cálcica. Así mismo, Coyago (2018) en el cultivo de rosas realizó la aplicación de 4 tratamientos de cianamida cálcica (T1: 0 g; T2: 30 g/m<sup>2</sup>; T3: 40 g/m<sup>2</sup> y T4: 50 g/m<sup>2</sup>) y obtuvo tallos de rosas con mayor calibre en el tratamiento con mayor dosis de cianamida cálcica. Por lo tanto Guevara et al (2008) mencionan que el uso de cianamida cálcica promueve el desarrollo y crecimiento radicular, así como también el engrose de los tallos en las plantas tratadas con este fertilizante mineral.

Los resultados que presentan esta investigación muestra que la cianamida cálcica es una fuente de nitrógeno viable para el crecimiento de los cultivos, ya sea sola o en combinación con otras fuentes minerales, pues además del aporte adicional de calcio, es considerado un fertilizante de liberación lenta, lo que produce un mejor desarrollo vegetativo en las plantas y siendo así un alternativa de reemplazo para la urea como fuente de nitrógeno.

### **4.3 Incidencia de enfermedades foliares**

En el ciclo de cultivo de papa se realizó el monitoreo de la incidencia de enfermedades foliares en cada unidad experimental a los 60, 90 y 120 días después de la siembra. Las enfermedades que presentaron las plantas son: tizón tardío (*Phytophthora infestans*) y tizón temprano (*Alternaria solani*).

Las discusiones realizadas para la variable incidencia de enfermedades, se presenta en las páginas 33 y 34.

#### **4.3.1 Incidencia de tizón tardío (*Phytophthora infestans*)**

Al realizar el análisis estadístico, la variable incidencia de tizón tardío (*Phytophthora infestans*) medida a los 60, 90 y 120 días, muestra que existe interacción ente los días después de la siembra y los tratamientos (F= 5.42; gl= 6, 22; p= 0.0014) (Tabla 15).

Tabla 15.

ADEVA de la incidencia de tizón tardío (*Phytophthora infestans*) en el cultivo de papa var. Superchola

Fuente de variación	Grados de libertad F. V	Grados de libertad Error	Valor F	Valor P
DDS	2	22	20.45	<0.0001
Tratamientos	3	22	44.70	<0.0001
DDS: Tratamientos	6	22	5.42	0.0014

En la Figura 14 se puede observar que el testigo (100%U) a los 60 días después de la siembra obtuvo una incidencia del 40%, la cual disminuyó al 20% a los 90 días y se mantuvo así hasta los 120 días. En cambio, el T2 (50% U + 50% C.C) y T3 (25% U + 75% C.C) a los 60 días mostraron una incidencia de 26.67 % y 3.33%; sin embargo, a los 90 y 120 días no presentaron incidencia. Por el contrario, el T4 (100% C.C) no presentó porcentajes de incidencia de tizón tardío (*Phytophthora infestans*) a los 60, 90 y 120 días después de la siembra.

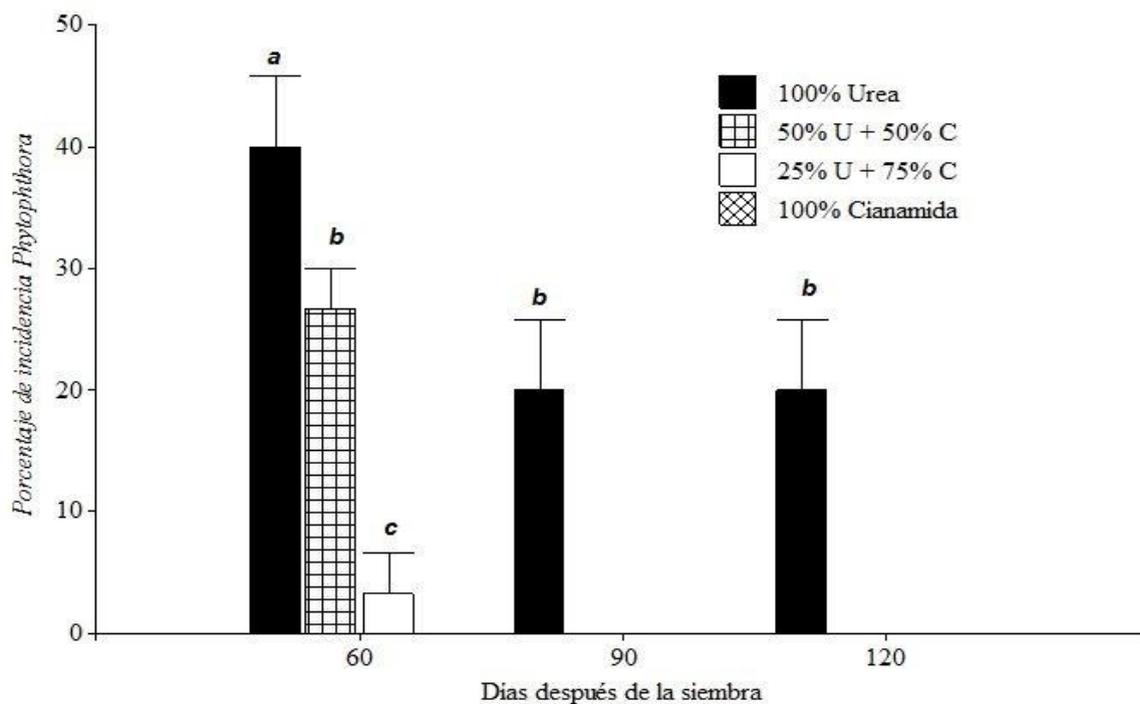


Figura 14. Porcentaje de incidencia de tizón tardío (*Phytophthora infestans*) a los 60, 90 y 120 días después de la siembra del cultivo de papa var. Superchola

#### 4.3.2 Incidencia de tizón temprano (*Alternaria solani*)

La prueba de medias de Fisher al 5% indica que la variable de incidencia de tizón temprano (*Alternaria solani*) muestra una interacción entre días después de la siembra y los tratamientos (F= 4.87; gl= 6, 22; p= 0.0026) (Tabla 16).

Tabla 16.

ADEVA de la incidencia de tizón temprano (*Alternaria solani*) en el cultivo de papa

Fuente de variación	Grados de libertad F. V	Grados de libertad Error	Valor F	Valor P
DDS	2	22	9.11	0.0013
Tratamiento	3	22	43.00	<0.0001
DDS: Tratamiento	6	22	4.87	0.0026

Como se puede observar en la Figura 15, el testigo (100% U) a los 60 días y 90 días después de la siembra las plantas de papa presentaron mayor incidencia de tizón temprano con valores de 20% y 23.33%, esta misma disminuye a los 120 días a 6.67% en la etapa final del cultivo. Un comportamiento similar presentó el T2 (50% U + 50% C.C), en donde, a los 60 y 90 días las plantas mostraron una incidencia del 3.33% y 6.67%; sin embargo, a los 120 días no se presentó incidencia de tizón temprano. En cambio, los tratamientos T3 (25% U + 75% C.C) y T4 (100% C.C) no presentaron porcentajes de incidencia de tizón temprano (*Alternaria solani*) a los 60, 90 y 120 días después de la siembra.

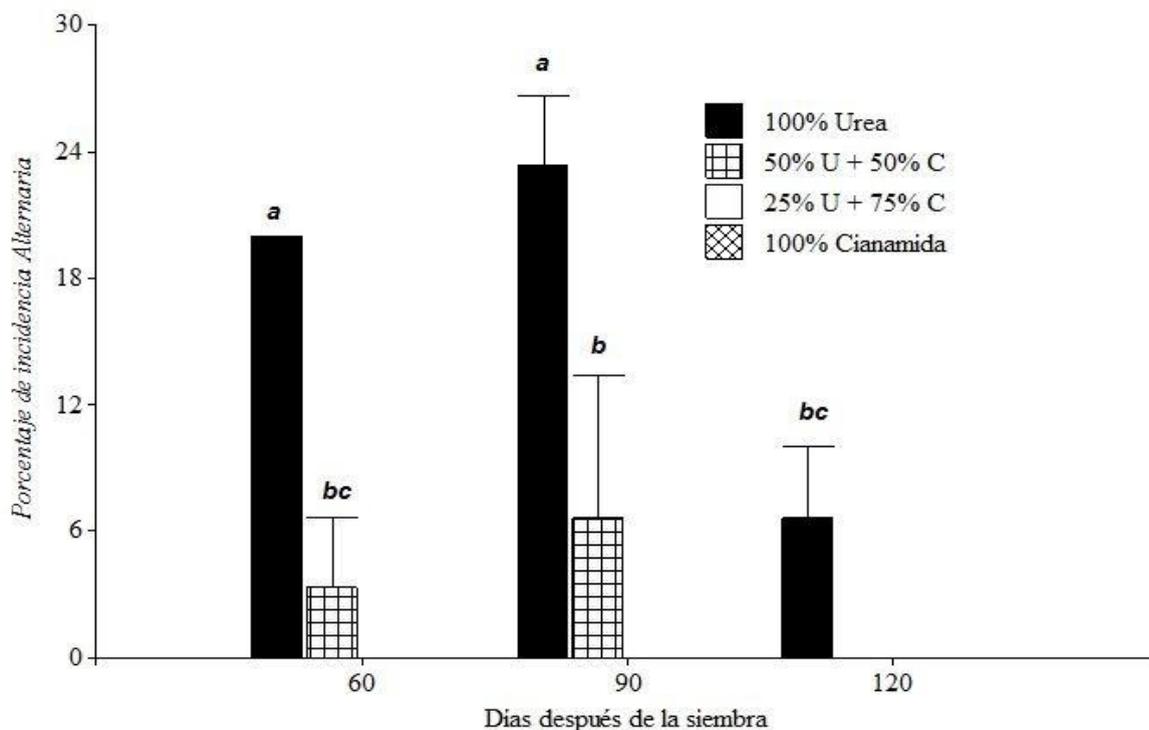


Figura 15. Porcentaje de incidencia de tizón temprano (*Alternaria solani*) a los 60, 90 y 120 días después de la siembra del cultivo de papa var. Superchola

Con base a los datos obtenidos de porcentaje de incidencia de tizón tardío (*Phytophthora infestans*) y tizón temprano (*Alternaria solani*) se puede observar que las plantas de papa del tratamiento testigo (100% U) fueron más susceptibles al ataque de enfermedades fúngicas, a diferencia de las plantas con cianamida cálcica (T4 =100% CC) que mostraron una menor incidencia o a su vez, no presentaron enfermedades fúngicas foliares.

Lo descrito anteriormente muestra que la cianamida cálcica es una fuente de nitrógeno mineral que tiene cierto efecto positivo en la incidencia de enfermedades fungosas, esto se debe según Klasse (1999a) a que este fertilizante mineral se hidroliza en el suelo y se convierte en cianamida hidroliza, la cual entra en contacto con los hongos fitopatógenos e inhibe el crecimiento y la esporulación de estos. Sin embargo, este mismo autor destaca que la cianamida cálcica no induce resistencia a enfermedades.

Este comportamiento es afirmado por Coyago (2018) quien dio a conocer que al aplicar cuatro dosis de cianamida cálcica (0, 30, 40 y 50 g/m<sup>2</sup>) en el cultivo flores obtuvo una menor incidencia en enfermedades fungosas (oídio, mildiú vellosa y botrytis) con la aplicación de 50 gramos de cianamida cálcica por metro cuadrado, además menciona que, por medio de la aplicación de este fertilizante mineral al suelo permite que la planta sea más tolerante y a su vez previene el ataque de enfermedades.

Por medio de los resultados descritos, sugiere que la aplicación de cianamida cálcica como fuente de nitrógeno en los cultivos de papa, permite que las plantas generen un buen estado fisiológico y sean más tolerantes contra el ataque enfermedades fúngicas, en comparación a la urea; cuya fuente de nitrógeno genera plantas más susceptibles.

#### **4.4 Incidencia de enfermedades en tubérculos**

Los tubérculos de papa cosechados al final del experimento no presentaron las enfermedades de sarna (*Rhizoctonia solani*) y costra negra (*Streptomyces scabies*) en ninguno de los tratamientos en estudio. Este resultado es corroborado por Arora, Singh y Nnadi (1987) quienes aplicaron 400 kg/ha de cianamida cálcica en campos de té y obtuvieron plantas sin presencia de hongos patógenos y en buen estado fisiológico, y con ello lograron mejorar el rendimiento y matener la calidad del té. Además menciona que esto ocurre debido a que la cianamida cálcica es considerado un fertilizante que al transformarse en el suelo da lugar a un efecto herbicida que inhibe el crecimiento y esporulación de muchos hongos patógenos.

De la misma manera, un estudio realizado por Bourbos, Skoudridakis, Darakis y Koulizakis (1997) dan a conocer que la aplicación de este fertilizante en parcelas sin cultivo permitió que la población del hongo *Fusarium solani* f. sp. *curcubitae* disminuyera un 94.4% en el suelo, en comparación a las parcelas con control donde la población de este hongo aumentó un 66.9%.

Sin embargo, Moreno (2012) da a conocer que el cultivo de papa bajo las condiciones de invernadero y con la aplicación al suelo de cianamida cálcica no ejerce control alguno sobre el desarrollo y crecimiento de patógenos en folíolos, por lo que el comportamiento que observo este autor a nivel de folíolos, da a entender que este producto no es absorbido como tal por la planta, sino que su modo de acción contra patógenos es preferiblemente de contacto, cuando éste se encuentra en el suelo; tal como se predice que sucedió en esta investigación al no encontrar patógenos en los tubérculos de papa cosechados.

#### 4.5 Concentración de amonio en el suelo.

Una vez realizado el análisis de varianza con respecto a la variable concentración de amonio, se determinó que existe interacción entre los factores días después de la siembra y los tratamientos ( $F=18.49$ ;  $gl= 9, 30$ ;  $p=<0.0001$ ) (Tabla 17).

Tabla 17.

*ADEVA de la concentración de amonio en el suelo en el cultivo de papa var. Superchola*

Fuente de variación	Grados de libertad F. V	Grados de libertad Error	Valor F	Valor P
DDS	3	30	28.09	<0.0001
Tratamiento	3	30	25.11	<0.0001
DDS: Tratamiento	9	30	18.49	<0.0001

En la Figura 16 se muestra la concentración de amonio en el suelo durante el ciclo del cultivo de papa y en donde se puede observar que la concentración inicial en todos los tratamientos es de  $6.60 \text{ mg kg}^{-1}$ . A los 30 días después de la siembra se puede observar que existe diferencias significativas entre los tratamientos, en donde el T4 (100% C.C) presentó una mayor concentración de amonio con  $597.67 \text{ mg kg}^{-1}$ , seguido por el T2 (50% U + 50% C.C) y el T3 (25% U + 75% C.C) con una concentración de  $301.33 \text{ mg kg}^{-1}$  y  $170.37 \text{ mg kg}^{-1}$  de amonio en el suelo, mientras que el testigo (100% U) muestra la menor concentración con  $29.87 \text{ mg kg}^{-1}$  con respecto al resto de tratamientos.

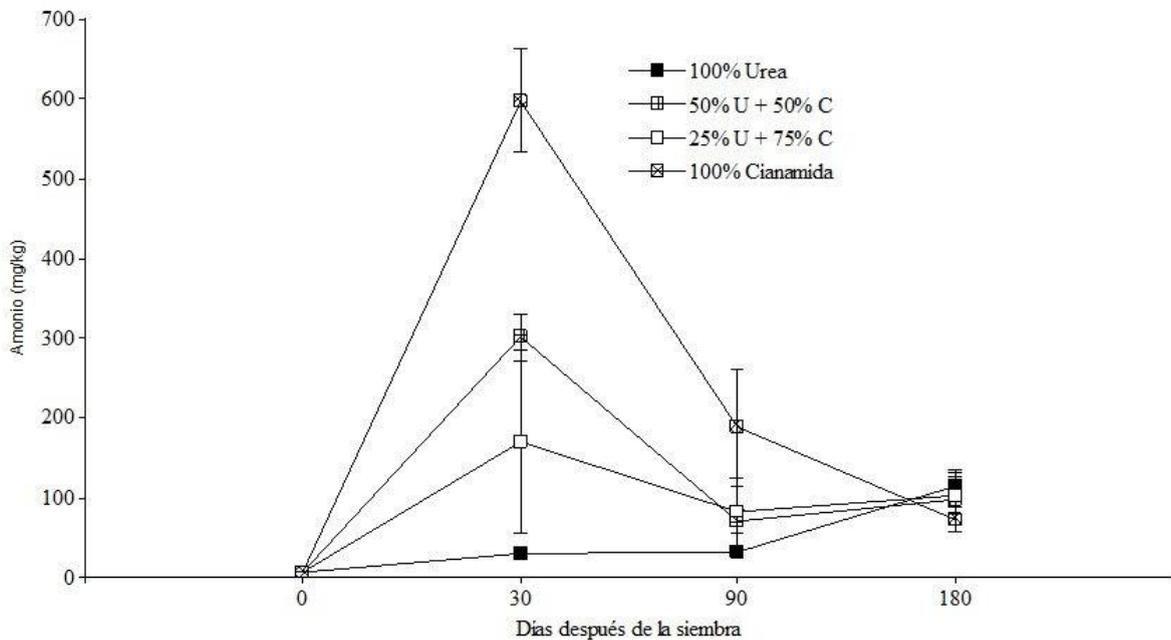


Figura 16. Concentración de amonio en el suelo a los 0, 30, 90 y 180 días después de la siembra del cultivo de papa var. Superchola

En cambio, a los 90 días esta tendencia disminuyó para todos los tratamientos, en donde, el T4 (100% C.C) muestra una mayor concentración con  $188.43 \text{ mg kg}^{-1}$  de amonio en el suelo, seguido del T3 (25% U + 75% C.C) y el T2 (50% U + 50% C.C) con valores de  $83.33 \text{ mg}$

kg<sup>-1</sup> y 70.43 mg kg<sup>-1</sup> y presentando el testigo (100% U) una menor concentración con 31.50 mg kg<sup>-1</sup> de amonio. En cuanto que, a los 180 días después siembra la concentración de amonio en el suelo disminuyó, pero no presentó diferencias significativas entre los tratamientos.

Estos resultados dan a conocer que la aplicación completa de cianamida cálcica a los 30 días después de la siembra proporciona una mayor concentración de amonio al suelo para que pueda ser asimilado por la planta en la etapa de crecimiento vegetativo, pues según menciona Andreu et al. (2006) cualquier forma de nitrógeno que se añada al suelo de manera mineral deberá transformarse en forma de nitrato y amonio para que pueda ser asimilado por planta. Esta es la razón por la que las plantas de papa asimilaron el amonio del suelo y ocasionó que a los 60 y 90 días exista una concentración menor.

Por lo cual, la cianamida cálcica es una fuente de nitrógeno que al descomponerse en el suelo genera mayor concentración de amonio con respecto a la urea; y siendo esta una ventaja de la cianamida cálcica en las primeras etapas de desarrollo vegetativo del cultivo que permitirá obtener plantas en buen estado vegetativo y como consecuencia un alto rendimiento.

#### 4.6 Concentración de nitrato en el suelo

Los análisis estadísticos muestran que no existe interacción entre los factores días después de la siembra y tratamientos (F=1.90; gl= 9, 30; p= 0,09049). Sin embargo, con respecto al factor días después de la siembra si existe diferencias significativas (F= 37.17; gl= 3, 30; p= <0.0001) independientemente de los tratamientos (Tabla 18).

Tabla 18.

*ADEVA de la concentración de nitrato en el suelo en el cultivo de papa var. Superchola*

Fuente de variación	Grados de libertad F. V	Grados de libertad Error	Valor F	Valor P
DDS	3	30	37.17	<0.0001
Tratamiento	3	30	0.77	0.5172
DDS: Tratamiento	9	30	1.90	0.0904

La Figura 17 muestra que la concentración inicial de nitrato en el suelo fue de 4.70 mg/kg de suelo, y va incrementando en función del tiempo sin mostrar diferencias significativas entre tratamientos. En donde, a los 30 días aumentó considerablemente a 88.37 mg kg<sup>-1</sup> y a los 90 días alcanzó una mayor concentración de 106.50 mg kg<sup>-1</sup>; y se mantuvo la concentración a los 180 días con un valor de 83.71 mg kg<sup>-1</sup> en la etapa final del ciclo vegetal del cultivo.

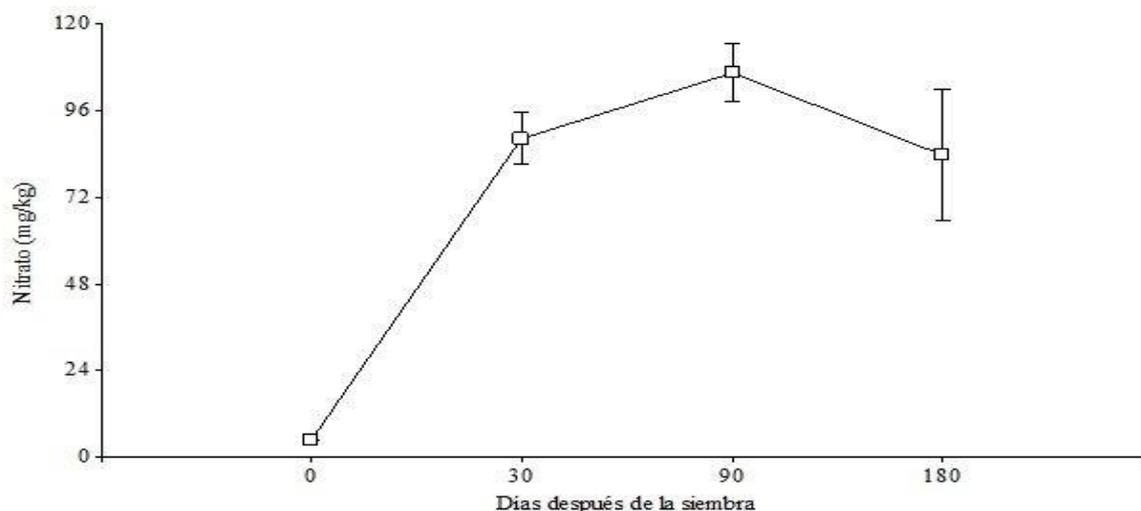


Figura 17. Concentración de nitrato en el suelo a los 0, 30, 90 y 180 días después de la siembra del cultivo de papa var. Superchola

Los resultados indican que la aplicación de cianamida cálcica y urea genera que la concentración de nitratos en el suelo aumente en función del tiempo, esto ocurre según Lawlor (2002) a que el 50% del nitrógeno aplicado al suelo mediante fertilizantes minerales es absorbido por los cultivos en el primer año y la cantidad restante es incorporada a la materia orgánica estable y estará disponible más adelante. Sin embargo, Morales-Morales et al (2019) menciona que las concentraciones de nitratos en los suelo también puede deberse a que el nitrógeno en forma de amonio sufre un proceso de nitrificación y se convierte en nitrato. A su vez, se toma en cuenta que si produce altas concentraciones de nitratos pueden ocasionar según Legg et al (1992) un lavado de nitrato en los suelos agrarios hacia las aguas superficiales y subterráneas, siendo esta una vía importante que produce contaminación al agua.

Estos resultados coinciden con Hans (2016) quien realizó diferentes aplicaciones de fertilizantes nitrogenados en el suelo y a pesar de no obtener diferencias significativas entre los tratamientos, el suelo en cual se aplicó 40 mg de N de cianamida cálcica presentó a los cinco meses posteriores concentraciones altas de nitratos. A su vez, menciona que esto ocurre porque gran parte de la cianamida cálcica se convierte en dycianamida y posterior a ello en nitratos que no llegan a ser asimilados por las plantas del cultivo.

Un estudio similar realizado por Arora, Singh y Nnadi (1987) quienes aplicaron fertilizantes nitrogenados en tres diferentes tipos de suelo en donde los tratamientos fueron: T1=cianamida cálcica, T2=urea y T3= cianamida + urea y en ocho semanas posteriores las concentraciones de nitrógeno inorgánico ( $\text{NH}_4+\text{NO}+\text{NO}_3$ ) fue del 64% a 87%. Por lo que dan a conocer que independiente del tipo de fertilizantes inorgánicos, la concentraciones de nitratos va aumentar en función del tiempo.

Es probable que la alta concentración de nitrato que presentó esta investigación sea debido a que el amonio procedente de la cianamida cálcica y de la urea, sufrió un proceso de desnitrificación, y generó nitratos que no fueron asimilados por las plantas de papa y se

quedaron retenidos en el suelo. Lo cual demuestra que independientemente de la fuente de nitrógeno, los nitratos presentes en el suelo aumentaran en función del tiempo.

#### 4.7 Concentración de calcio en el suelo

Los análisis estadísticos muestran que no existe interacción entre los factores días después de la siembra y tratamientos ( $F= 0.38$ ;  $gl= 3, 14$ ;  $p= 0.7672$ ). Sin embargo, con respecto al factor días después de la siembra si existe diferencias significativas ( $F= 25.02$ ;  $gl= 1, 14$ ;  $p= 0.0002$ ) independientemente de los tratamientos (Tabla 19).

Tabla 19.

*ADEVA de la concentración de calcio en el suelo del cultivo de papa var. Superchola*

Fuente de variación	Grados de libertad F. V	Grados de libertad Error	Valor F	Valor P
DDS	1	14	25.02	0.0002
Tratamiento	3	14	0.38	0.7672
DDS: Tratamiento	3	14	0.38	0.7672

En la Figura 18 se muestra una concentración inicial de  $365 \text{ mg kg}^{-1}$  de calcio que presentó el suelo, y al término del ciclo vegetal muestra un aumento considerablemente en función del tiempo sin presentar diferencias significativas entre los tratamientos.

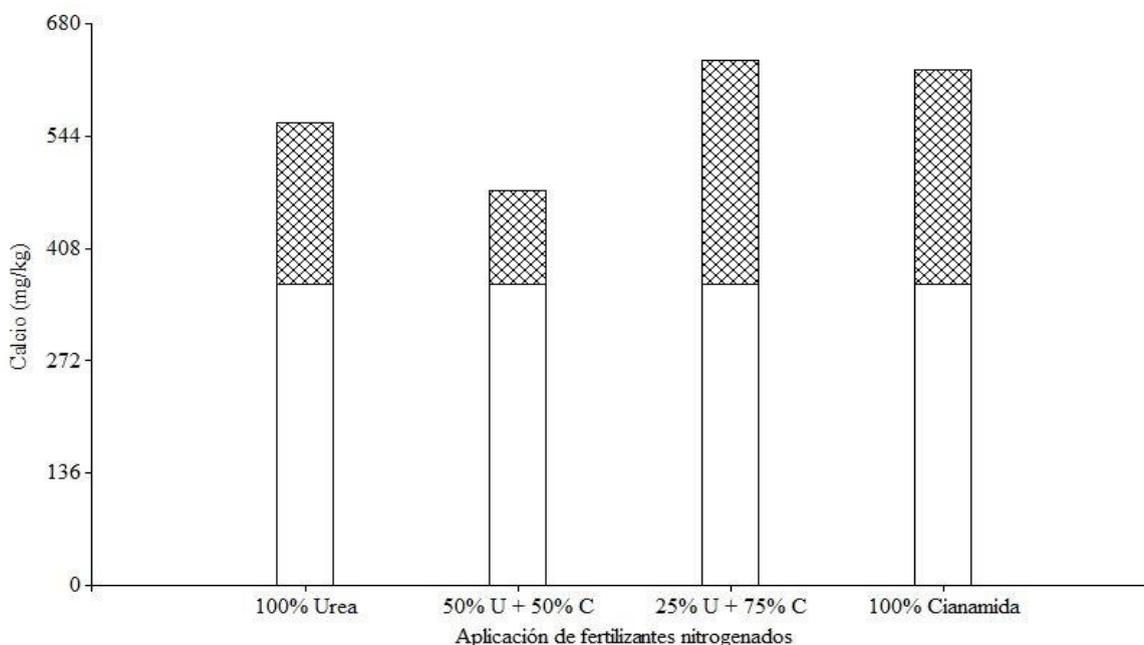


Figura 18. Concentración de calcio en el suelo a los 180 días después de la siembra del cultivo de papa var. Superchola

Los resultados indican que la aplicación de dos diferentes fuentes de nitrógeno como: cianamida cálcica, urea y cal generan una similar concentración de calcio en el suelo. Sin embargo, hay que recalcar que la cianamida cálcica es una fuente tanto de nitrógeno como de calcio, y su aplicación permite requerir una cantidad menor de cal para completar las necesidades nutricionales de calcio en el suelo y en las plantas.

Las concentraciones de calcio en el suelo presentes al final del ciclo vegetativo del cultivo pueden ser consideradas residuales, según Klasee (1999b), los beneficios que trae consigo estas reservas de calcio en el suelo son: equilibrio de calcio en el suelo que evita la acidificación, favorece la asimilación de este nutriente por parte de las plantas y fortalece sus tejidos y así disminuye la susceptibilidad ante el ataque de plagas y enfermedades.

#### 4.8 Rendimiento

Los resultados del análisis de varianza, en la Tabla 20, para la variable rendimiento muestra que existen diferencias significativas para el factor tratamiento ( $F= 222.69$ ;  $gl= 3, 6$ ;  $P= <0.0001$ ).

Tabla 20.

ADEVA del efecto de la cianamida cálcica sobre el rendimiento de papa

Fuente de variación	Grados de libertad F. V	Grados de libertad Error	Valor F	Valor P
Tratamientos	3	6	222.69	<0.0001

En la Figura 19 se puede observar que existen diferencias entre los tratamientos que se aplicaron, en el cual, la utilización de 100% cianamida cálcica que corresponde al T4 presentó el rendimiento más alto con 31.76 t/ha, Por otra parte, el T3 (25% U + 75% C.C) y T2 (50% U + 50% C.C) presentó rendimientos intermedios de 29.90 y 28.91 t/ha, con un 8.5% más que el tratamiento testigo.

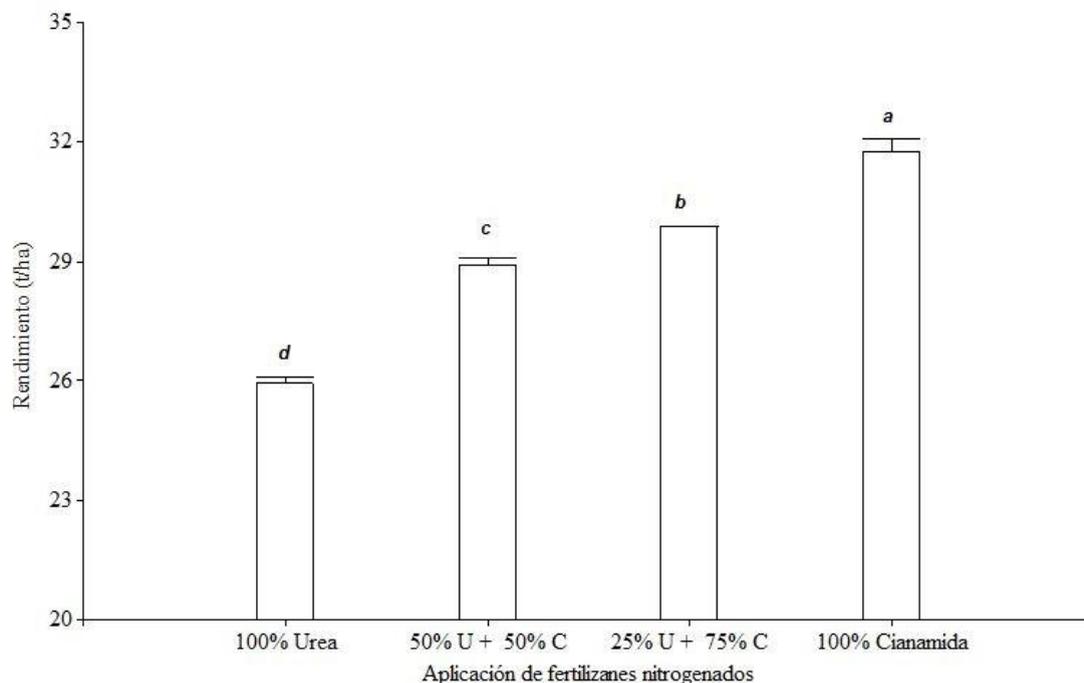


Figura 19. Comportamiento del rendimiento del cultivo de papa var. Superchola bajo la aplicación de diferentes fertilizantes nitrogenados.

En el presente estudio el rendimiento de los distintos tratamientos se encontró en un rango de 25.93 a 31.76 t/ha, los cuales están inmersos en el rango establecido por Pumisacho y

Velásquez (2009) y Pumisacho y Sherwood (2002) que es de 30 t/ha para la variedad Superchola.

La aplicación de cianamida cálcica como fuente de nitrógeno mejoró la producción e incrementó el rendimiento en tubérculos hasta un 18.36% con relación al tratamiento testigo (100% U). La utilización de esta fuente mineral permite liberar al nitrógeno a la solución del suelo en forma más gradual y posibilita que el nutriente permanezca por más tiempo en el suelo para el crecimiento del cultivo. Además, estas cualidades permiten reducir pérdidas de nitrógeno vía volatilización o lixiviación, lo que genera una mayor producción y rendimientos en los cultivos (Lombardo, 2016). Estos aspectos permitirán explicar por qué la fertilización con cianamida cálcica como fuente de nitrógeno es una alternativa que puede generar un mayor rendimiento que con el uso de la urea. No obstante, los resultados de este estudio deberían ser considerados con cierta precaución debido a que los fertilizantes comerciales utilizados en este trabajo difieren en su composición, tanto física como química.

Además, hay que tomar en cuenta que el calcio aportado la cianamida cálcica evita que los tubérculos sean afectados por patógenos fúngicos que afectan la calidad de la cosecha, a su vez este nutriente es activador de varias enzimas con la quinasa, fosfolipasa, trifosfatasa de la adenosina y otras que intervienen en la circulación de los azúcares del tubérculo, lo cual mejora la calidad de la cosecha (Segura, Triviño y Silva, 2007).

Diferentes investigaciones, también encontraron efectos benéficos de una menor velocidad de liberación de nitrógeno. Rodríguez y Giberti (2008) evaluaron, en condiciones de campo la respuesta del trigo a la aplicación conjunta de urea y zeolitas. Tales autores demostraron que el rendimiento aumentó significativamente con el uso de zeolitas, pues mencionan que se generó una mayor eficiencia en el uso de nitrógeno, en donde fue 1 000 kg/ha más que el testigo. En cuanto al T3 (25% U + 75% C.C) y T2 (50% U + 50% C.C) que presentaron rendimientos intermedios de 29.90 y 28.91 t/ha, lo cual da a conocer que la mezcla de fertilizantes nitrogenados también permite un mayor rendimiento, pues tal como menciona Magallón (2000) el nitrógeno es el elemento fundamental que esté ligado a una mayor producción de frutos. Resultados similares obtuvo Briones (2019) quien aplicó en el cultivo de arroz cinco tratamientos de cianamida cálcica y obtuvo que el tratamiento 200 kg/ha de Urea + 150 kg/ha de Cianamida Cálcica presentó el mayor rendimiento con 8.33 t/ha de arroz, el cual fue estadísticamente superior a los demás tratamientos.

#### **4.9 Rendimiento por categoría**

La clasificación por categoría se realizó con base a lo señalado por Pumisacho y Velásquez (2009) para la comercialización del tubérculo (Tabla 21). De acuerdo con el análisis de resultados en la Tabla 21, se aprecia que existe interacción entre los factores tratamiento y categoría con valor  $F= 64.34$ ;  $gl= 6, 22$ ;  $P= <0.0001$ .

Tabla 21.

*ADEVA del efecto de la cianamida cálcica sobre el rendimiento por categoría de papa*

Fuente de variación	Grados de libertad F. V	Grados de libertad Error	Valor F	Valor P
Tratamiento	3	22	19.20	<0.0001
Categoría	2	22	4 472.30	<0.0001
Tratamiento: categoría	6	22	64.34	<0.0001

En la Figura 20, se puede observar que existen diferencias significativas para la primera categoría, en la cual, se destaca el T4 (100% C.C) con un rendimiento de 26.58 t/ha, seguido por el T3 (25% U + 75% C.C) con 21.99 t/ha, a continuación, el T2 con 20.71 t/ha, finalmente el tratamiento testigo (100% U) con 17.87 t/ha que fue el menor rendimiento.

En la segunda categoría, los tratamientos testigo (100% U), T2 (50% U + 50% C.C) y T3 (25% U + 75% C.C) comparten el mismo rango con una media de 6.77 t/ha y se diferencian estadísticamente con el T4 que presentó un menor valor (3.98 t/ha). Por otra parte, la tercera categoría no presenta diferencias estadísticas, en donde todos los tratamientos comparten un mismo rango con una media de 1.26 t/ha.

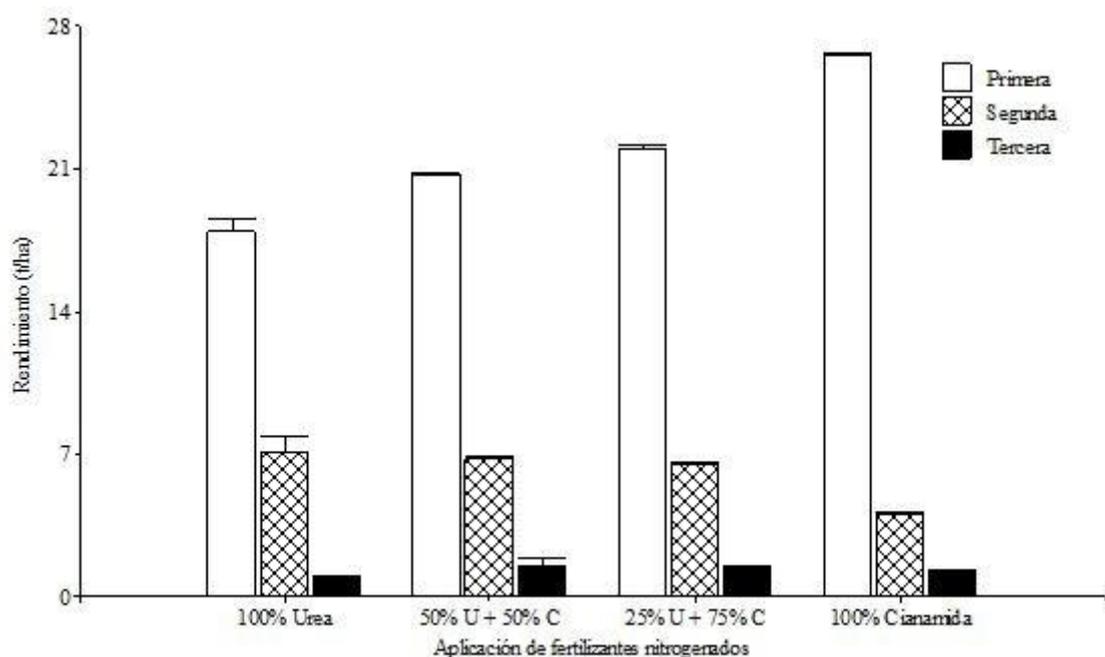


Figura 20. Comportamiento del rendimiento por categoría del cultivo de papa var. Superchola con la aplicación de cianamida cálcica

Al destacarse el T4 (100% C.C) en la primera categoría con un rendimiento superior al tratamiento testigo (100% U), según menciona Marouani y Harbeoui (2016) el nitrógeno es un nutriente que favorece la producción de los tubérculos, además Segura, Triviño y Silva (2007) da conocer que el calcio es un elemento que interviene en el alargamiento de las células que ocasiona el crecimiento del tubérculo y genera una relación adecuada con el

potasio que es un nutriente que interviene en el tamaño y en el peso de los tubérculos (Zamora, Tua y Torres, 2008)

#### 4.10 Relación Beneficio-Costo

En esta variable se calculó la venta por kilogramo de papa, cuyo precio para la primera categoría fue de 0.39 USD, para la segunda categoría fue de 0.18 USD y para la tercera categoría fue de 0.09 USD, costo promedio de los últimos seis meses establecidos por el Sistema de Información Pública Agropecuaria (SIPA, 2020).

Tabla 22.

*Relación beneficio-costo*

CONCEPTO	T1	T2	T3	T4
RENDIMIENTO/kg				
PRIMERA	17870	20710	21990	26580
SEGUNDA	6770	6770	6770	3980
TERCERA	1260	1260	1260	1260
PRECIO/ kg				
PRIMERA	0.39	0.39	0.39	0.39
SEGUNDA	0.18	0.18	0.18	0.18
TERCERA	0.09	0.09	0.09	0.09
INGRESO	8301.3	9408.9	9908.1	11196
COSTO	4277.18	4820.04	4852.10	4920.81
B/C	1.94	1.95	2.04	2.27

Los resultados presentes en la Tabla 22, muestran que los cuatro tratamientos generaron réditos económicos, debido a que la relación beneficio-costo fue superior a uno (1.0) dándose a entender que, por cada dólar invertido, este se recupera y genera ganancias (Luna, 2017). En este estudio el T4, que corresponde a la aplicación de 100% cianamida cálcica, presentó mayor rentabilidad con un valor de 2.27, donde se presentó una ganancia de \$1.27 por cada dólar invertido, debido a que su rendimiento fue 18.36% superior al testigo (100% Urea). Seguido se encuentra el T3 (25% U y 75% C.C) con una relación de 2.04, que muestra una ganancia de 1.04 USD por cada dólar invertido. En cuanto que el T2 presentó una ganancia de 0.95 USD y el testigo (100% urea) una ganancia de 0.94 USD, siendo estos los tratamientos de menor ganancia.

Estos resultados son corroborados por Briones (2019) quien en su investigación obtuvo una utilidad de \$ 860.59 en el cultivo de maíz con el tratamiento de 200 kg/ha de urea + 150 kg/ha de cianamida cálcica. De igual manera Tualombo (2019) mostró una utilidad mayor de \$668.65 en el cultivo de arroz con el tratamiento de de 200 kg/ha de urea + 150 kg/ha de cianamida cálcica, reportando estos dos autores que la aplicación de urea obtuvo la menor utilidad. Demostrando de tal manera que la aplicación al suelo de este fertilizante mineral para cubrir la demanda de nitrógeno y calcio es más rentable y ambientalmente más amigable que la aplicación de urea al suelo.

# CAPÍTULO V

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 Conclusiones

- Este estudio ha demostrado que la mejor fuente de nitrógeno para el cultivo de papa fue la cianamida cálcica, pues mediante la aplicación de 778 kg/ha que corresponde al T4 (100% Cianamida cálcica) incrementó la altura de las plantas hasta un 6.24% y el diámetro del tallo fue superior con un 3% con respecto a la urea como fuente de nitrógeno testigo T1 (100% Urea). Determinando así que la aplicación de cianamida cálcica es posible obtener un mayor crecimiento vegetativo.
- El porcentaje de incidencia de tizón tardío (*Phytophthora infestans*) con la fuente de nitrógeno testigo (100% Urea) fue 26.67% mayor, en comparación con el T4 (100% Cianamida cálcica) cuya fuente no presentó incidencias. De igual manera, en el tizón temprano (*Alternaria solani*) el tratamiento testigo presentó una incidencia de 16.67%, en comparación al T4, en donde no se evidencio la enfermedad. Esto demuestra la susceptibilidad a enfermedades foliares que presentan las plantas de papa cuando la fuente de nitrógeno es la urea.
- La concentración de amonio aumentó en 97.5 % a los 30 después de la siembra en el T2 y T4, las cuales, disminuyeron a 32% y 12% a los 180 después de la siembra, lo que muestra que la cianamida cálcica como fuente de nitrógeno realiza liberaciones lentas de amonio para que puedan ser asimiladas por las plantas de papa durante todo el ciclo fenológico del cultivo.
- El nitrato aumentó en 84% a los 90 después de la siembra independientemente de los tratamientos y se mantuvo en el 80% a los 180 después de la siembra, lo que demuestra que suelos tratados con dos fuentes de nitrógeno diferentes (cianamida cálcica y urea) generan altas concentraciones de nitratos que no puede ser asimilados por las plantas o su vez está concentración se debe a que el nitrógeno en forma de amonio sufre un proceso de nitrificación en el suelo, lo cual aumentó las concentraciones de nitratos.
- En esta investigación la utilización de cianamida cálcica como fuente de nitrógeno incrementó el rendimiento del cultivo de papa hasta un 18.4%, alcanzando las 31.76 t/ha, con mejor calidad de tubérculo y tamaño más grande, mientras que el T1 que es la fuente de nitrógeno testigo alcanzó las 25.93 t/ha, con menor calidad y el incremento de papas de segunda categoría. Por lo que se sugiere que el uso de cianamida cálcica como fuente de nitrógeno en el cultivo de papa para aumentar el rendimiento del cultivo.
- El análisis económico determinó que la aplicación de 100% cianamida cálcica fue la mejor fuente de nitrógeno pues es el tratamiento con mayor rentabilidad, con una relación beneficio/costo de 2.27 con un beneficio de 1.27 USD por cada dólar invertido.

## 5.2 Recomendaciones

- Evaluar la cianamida cálcica en cultivos donde se requiera la conservación de nitrógeno en forma de amonio durante el ciclo de desarrollo vegetativo, a tal forma que la aplicación de cianamida cálcica sea en cultivos de alta demanda de conservación de nitrógeno, la cual se puede realizar mediante la liberación lenta y el control de las bacterias nitrificantes, determinando así que los suelos muestren que se puede obtener datos cuantitativos de la asimilación de nitrógeno por parte de las plantas.
- Aplicar cianamida cálcica sobre cultivos que presenten suelos ácidos y en cultivos como el arándano, maíz y arroz, pues dichos cultivos tienen la tendencia de extraer el nitrógeno del suelo en forma de amonio y así evitar la nitrificación. Por lo cual es necesario conocer su comportamiento que presenta esta fuente nitrógeno frente a dichos cultivos.
- Realizar estudios con la aplicación de la cianamida cálcica en sustratos con el fin de evaluar su efecto sobre producción de plántulas en condiciones de vivero.

## BIBLIOGRAFÍA

- Agrowin. (2011). Manual costos de producción. Obtenido de Capítulo 3: Clasificación de costos: <http://www.agrowin.com/documentos/manual-costos-de-produccion/MANUAL-COSTOS-AGROWIN-CAP1-2y3.pdf>
- Amberguer, A. (1984). Uptake and metabolism of hydrogen cyanamide in plants. Proceeding of bud dormancy un grapevines Potencial and practical uses of hydrogen cyanamide. *UCD*, 5-10.
- Andreu, J., Betrán, I., Delgado, I., Espada, J., Gutiérrez, M., Iguácel, F., Yague, M. (2006). *Fertilización Nitrogenada*. Union Europea: Talleres Editoriales Cometa, S.A.
- Ameijeiras, M., Sanchez, B., y Dios, R. (1963). *Experiencias con Fertilizantes en suelos Gallegos*: Efectos de diferentes fertilizantes nitrogenados sobre la producción y contenido proteico de Maíz: Recuperado de [http://digital.csic.es/bitstream/10261/60309/5/Ameijeiras\\_Experiencias...pdf](http://digital.csic.es/bitstream/10261/60309/5/Ameijeiras_Experiencias...pdf)
- Asamblea Constituyente. (2008). Constitución del Ecuador. Recuperado de <https://www.wipo.int/edocs/lexdocs/laws/es/ec/ec030es.pdf>
- Arora, Y., Singh, L., y Nnadi, L. (1987). Transformation of calcium cyanamide and its inhibitory effect on urea nitrification in some tropical soils. *Soil science departament*, 12, 3-9.
- Awasthi, R., Tewari, R., y Nayyar, H. (2011). Synergy between Plants and P-Solubilizing Microbes in soils: Effects on Growth and Physiology of Crops. *International Research Journal of Microbiology*, 2(12), 484-503.
- Betancourt, P., González, J., Benjamín, F., y González, F. (2001). Cobertura vegetativa y fertilización nitrogenada en la producción de maíz. *Terra Latinoamericana*, 16(3), 231-237.
- Blessing, D., y Hernández, G. (2009). *Comportamiento de variable de crecimiento y rendimiento en maíz (Zea mays L.) var, NB-6 bajo prácticas de fertilización, orgánica y convencional en la finca el plantel* (tesis de pre grado). Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua.
- Briones, E. (2019). *Influencia de la cianamida cálcica como fertilizante nitrogenado sobre la producción de grano de maíz en la zona de Simón Bolívar, Guayas* (tesis de pregrado). Universidad Técnica de Babahoyo, Ecuador.
- Briones, K., Pastrano, E., y Armijos, V. (2016). *Relación beneficio-costo por tratamiento en la producción orgánica de hortalizas (Cilantro, Lechuga, Cebolla roja, Cebolla de rama) en el cantón Santo Domingo de los Colorados* (Tesis de pregrado). Universidad Estatal de Quevedo, Quevedo, Ecuador.
- Bourbos, V., Skoudridakis, M., Darakis, G., & Koulizakis, M. (1997). Calcium cyanamide and soil solarization for the control of *Fusarium solani* f.sp. *cucurbitae* in greenhouse cucumber. *Crop protection*, 16(4), 383-386.

- Buitrago, G. (2004). Determinación de las características físicas y propiedades mecánicas de papa cultivada en Colombia. *Revista Barileira de Engenharia e Ambienta*, Recuperado de [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1415-43662004000100015](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662004000100015).
- Coca, M., Castillo, W., y Méndez, Á. (2014). Control químico de septoriosis (*Septoria lycopersici* Speg.) de la papa (*Solanum tuberosum* Subsp. Andigena) en zonas altoandinas de altura de Bolivia. *Revista latinoamericana de la papa*, 18(1), 13-25.
- Colella, C., D'Amico, M., Bubici, G., Cirulli, M. (2005). Calcium cyanamide, a fertilizer with interesting fungicide characteristics. *Informatore Fitopatológico* 55(10): 34-44.
- Coyago, A. (2018). *Evaluación del Fertilizante mineral cianamida cálcica en el rendimiento del cultivo de rosas (Rosa sp.) variedad Polo, en la Finca María Bonita, Cayambe, Pichincha*. (tesis de pre grado). Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador.
- Cuesta, X., Hernán, L., y Reinoso, I. (2007). *Ficha técnica de la Variedad de Papa Superchola*. Costos de producción por hectárea del cultivo de papa. Recuperado de <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/3055/1/iniapscCD23.pdf>
- Daza, M., Díaz, J., Aguirre, E., y Urrutia, N. (2015). Efecto de abonos de liberación lenta en la lixiviación de nitratos y nutrición nitrogenada en estevia. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 9(1), 112-113.
- Devaux, A., Ordinola, M., Hibon, A., y Flores, R. (2010). *El sector papa en la región andina: Diagnóstico y elementos para una visión estratégica (Bolivia, Ecuador y Perú)*. Centro Internacional de la papa. Recuperado de <https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/73217/73193.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Dixon, G. (2016). Managing clubroot disease (caused by *Plasmodiophora brassicae* Wor.) by exploiting the interactions between calcium cyanamide fertilizer and soil microorganisms. *The Journal of Agricultural Science*, 155(4), 527-543. <https://doi.org/10.1017/s0021859616000800>
- Egúsquiza, R. (2000). *La papa: producción, transformación y comercialización*. Lima: CIP-COSUDE. Recuperado de [https://books.google.com.ec/books?id=6ciGbBX0uFwC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=6ciGbBX0uFwC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)
- Egúsquiza, R. (2013). *Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades en el Cultivo de Papa*. Paucartambo-Cusco. Recuperado de <https://www.agrobanco.com.pe/data/uploads/ctecnica/032-d-papa.pdf>
- Franco, J. (2002). *El Cultivo de la Papa en Guatemala*. Guatemala: ICTA. Recuperado de <https://www.icta.gob.gt/publicaciones/Papa/El%20cultivo%20de%20la%20papa%20en%20Guatemala,%202002.pdf>
- Finck, A. (1988). Fertilizantes y fertilización: Fundamentos y métodos para la fertilización de los cultivos. Reverté, ES. 432 p.

- Giletto, C., Echeverría, H., y Sadras, V. (2003). Fertilización nitrogenada de cultivares de papa (*Solanum tuberosum*) en el sudeste Bonaerense. *Ciencia del Suelo*, 21(2), 45-51.
- Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia del Carchi. (2015). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Provincia del Carchi: Cambios inadecuados del uso del suelo*. Recuperado de [http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL\\_SNI/data\\_sigad\\_plus/sigadplusdiagnostico/0460000130001\\_PDO\\_T%20CARCHI%202015%20-%202019%20DIAGNOSTICO%20ACTUALIZADO%20opt\\_14-08-2015\\_22-27-25.pdf](http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdiagnostico/0460000130001_PDO_T%20CARCHI%202015%20-%202019%20DIAGNOSTICO%20ACTUALIZADO%20opt_14-08-2015_22-27-25.pdf)
- Gómez, E., Gómez, J., Padilla, M., González, A., y Expósito, I. (2005). Eficiencia en la absorción del N por el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) debido al efecto de orgánicos en el suelo fluvisol. *Cultivos Tropicales*, 26(2), 73-77.
- Gómez, P., y Jaramillo, L. (2006). *Estudio de factibilidad para el uso de la cachaza generada a partir del proceso de la caña de azúcar como abono* (tesis de pre grado). Universidad de la Sabana, Chía, Colombia .
- Guevara, M. S., Brambilla, V., Peralta, R. B., Gonzalez, J., Del Pardo, K., Piris, E., . . . Chavez, E. (2008). Efecto de distintas secuencias de tratamientos de biofumigación sobre parámetros fisicoquímicos y biológicos del suelo, el Efecto de distintas secuencias de tratamientos de biofumigación sobre parámetros fisicoquímicos y biológicos del suelo. *horticulrura Argentina*, 5-17.
- Hans, N. (2016). On Decomposition of Calcium Cyanamide and Dicyanamide in the Soil. *Acta Agriculturae Scandinavica*, 8(4), 404-440.
- Herrera, J., Alizaga, R., y Guevara, E. (1998). Inducción de la germinación en semillas de palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq.) utilizando tratamientos químicos. *ASD Oil Palm Papers*, (18), 1-16.
- Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. (2002). *El cultivo de papa en el Ecuador*. Quito: Centro Internacional de la Papa (CIP).
- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI). (2016). Anuario Meteorológico. Quito –Ecuador.
- Jiménez, J., y Benedicto, M. (2010). Contabilidad y finanzas. Análisis económico financiero. Recuperado de [http://api.eoi.es/api\\_v1\\_dev.php/fedora/asset/eoi:67125/componente67150.pdf](http://api.eoi.es/api_v1_dev.php/fedora/asset/eoi:67125/componente67150.pdf)
- Klasse, J. (1999a). Calcicum cyanamide: An important tool in methyl bromide replacement strategies. En: 3<sup>rd</sup> International Workshop on Alternatives for methyl bromide in southern member states. Heraklion (Crete), GR.
- Klasse, J. (1999b). Calcicum cyanamide- a unique source of nitrogen promoting healthy growth and improving crop quality of vegetables. Improved crop quality by nutrient management. 233-235. Kluwer Academic Publishers Dordrecht Netherlands. Chapter 53.

- Lawlor, D. (2002). Carbon and nitrogen assimilation in relation to yield: mechanisms are the key to understanding production systems. *Journal of Experimental Botany*, 53(370), 773-787.
- Legg, Y., Colla, G., Battistelli, A., Moscatello, A., Proietti, S., y Rea, E. (2004). Yield, water requirement, nutrient uptake and fruit quality of zucchini squash grown in soil and closed soilless culture. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 79(3), 423-430.
- Ley Orgánica del Régimen de la Soberanía Alimentaria. (2010). Recuperado de <https://www.soberaniaalimentaria.gob.ec/pacha/wp-content/uploads/2011/04/LORSA.pdf>
- Li, M., Trumper, E., Fernández, C., Reyes, V., Leoncelli, G., y Vignaroli, L. (2014). Plan de muestreo secuencial para larvas de la polilla de las coles, *Plutella xylostella* (L.), en Colza. I simposio latinoamericano de Canola. Passo Fundo, Brasil.
- Lombardo, M. (2016). *Efecto de fertilizantes nitrogenados de diferente liberación sobre el rendimiento y sus componente en el cultivo de Trigo (Triticum Aestivum, L.) en la zona de Villa María* (Tesis de pre grado). Universidad Nacional de Villa María, Villa María-Córdoba.
- Luna, E. (2017). *Evaluación de dos variedades de brocoli (Brassica oleracea) bajo tres densidades de plantación en ambiente atemperado en la Estación Experimental de Cota-Cota* (tesis de pregrado). Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia.
- Marouani, A., y Harbeoui, Y. (2016). Eficiencia de uso de nitrógeno en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.). *Acta Agronómica*, 65(2), 164-169.ma
- Mastrocola, N., Pino, G., Mera, X., Rojano, P., Haro, F., Rivadeneira, J., y Cuesta , X. (2016). *Catálogo de variedades de papa del Ecuador*. FAO-INIAP. Quito-Ecuador. Recuperado de <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/2748/1/iniapscpm427.pdf>
- Mendez, I. (2010). *Ecuador*. Sector florícola: Recuperado de [http://ww.ratingspcr.com/archivos/publicaciones/sectorial\\_ecuador\\_floricola\\_2001009.pdf](http://ww.ratingspcr.com/archivos/publicaciones/sectorial_ecuador_floricola_2001009.pdf)
- Mendez, J. (2012). Funciones del calcio en el suelo. *SCRIBD*, 1-2.
- Méndez, P., y Inostroza, J. (2009). *Munual de Papa para La Araucanía: Manejo de Cultivo, Enfermedades y Almacenaje*. Insitituto de Investigaciones Agropecuarias, Ministerio de Agricultura (Chile). Recuperado de <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR36493.pdf>
- Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2018). *Informe de rendimientos objetivos de papa en el Ecuador: Rendimientos*. Recuperado de <https://fliphtml5.com/ijia/tlcp/basic>
- Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2019). *Informe de rendimientos objetivos de papa en el Ecuador: Rendimientos*. Recuperado de <https://fliphtml5.com/ijia/tlcp/basic>
- Mogollón, L. (2000). Uso eficiente de los fertilizantes. En Lobo D. (ed.). Manejo de la Fertilidad de los Suelos. *Sociedad Venezolana de la Ciencia del Suelo*. Maracay, Venezuela., 56(6),

25-36.

- Monsalve, J., Escobar, R., Acevedo, M., Sánchez, M., y Coopman, R. (2009). Efecto de la concentración de nitrógeno sobre atributos morfológicos, potencial de crecimiento radical y estatus nutricional en plantas de *Eucalyptus globulus* producidas a raíz cubierta. *Bosque*, 30(2), 88-94.
- Monteros, C., y Reinoso, I. (2010). *Biodiversidad y Oportunidades de Mercado para las papas Nativas Ecuatoriana*. Programa Nacional de Raíces y Tubérculos. Estación Experimental, Santa Catalina, Quito.
- Morales-Morales, E., Rubí-Arriaga, M., López-Sandoval, J., Martínez-Campos, A., & Morales-Rosales, E. (2019). Urea (NBPT) una alternativa en la fertilización nitrogenada de cultivos anuales. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 10(8), 1875-1886.
- Moreno, E. (2012). *Efecto de la cianamida cálcica y los fosfitos como fuentes de fertilizantes y sobre el tizón tardío (Phytophthora infestans) en dos variedades de papa (Solanum tuberosum) a nivel de invernadero* (Tesis de pregrado). Universidad de Costa Rica: San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica.
- Pacheco, J., y Cabrera, A. (2003). Fuentes principales de nitrógenos de nitratos en aguas subterráneas. *Ingeniería*, 7(2), 47-54.
- Paredes, D. (2014). *Fertilizantes de Liberación Controlada: Una alternativa en Cultivos de ciclo corto* (Tesis de Especialización en suelos y nutrición de plantas). Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador.
- Perdomo, C., y Barbazán, M. (2001). *Área de Suelos y Aguas*. Nitrógeno. Recuperado de <http://www.fagro.edu.uy/~fertilidad/publica/Tomo%20N.pdf>
- Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Cantón Tulcán Actualización. (2015). *Uso y Cobertura del Suelo*. Cobertura Vegetal y Uso actual del Suelo. Recuperado de [http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL\\_SNI/data\\_sigad\\_plus/sigadplusdocumentofinal/0460000210001\\_0460000210001-ACTUALIZACI%C3%93N%20PDOT%20TULCAN%202015-2019\\_17-04-2015\\_16-15-03.pdf](http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/0460000210001_0460000210001-ACTUALIZACI%C3%93N%20PDOT%20TULCAN%202015-2019_17-04-2015_16-15-03.pdf)
- Porras, P. (2005). *Problemática general del sistema productivo de papa con énfasis en fisiología y manejo de suelos*. Memorias I Taller Nacional sobre Suelos, Fisiología y Nutrición Vegetal en el Cultivo de la Papa. Centro Virtual de Investigación de la Cadena Agroalimentaria de la papa (CEVIPAPA), Bogota, Colombia.
- Pumisacho, M., y Sherwood, S. (2002). *El cultivo de la papa en Ecuador*. Quito: INIAP-CIP.
- Pumisacho, M., y Velásquez, J. (2009). *Manuel del cultivo de papa para pequeños productores*. Quito: INIAP-COSUDE.
- Rodríguez, M., y Giberti. (2008). *Aplicación conjunta de urea y zeolitas en un Hapludol*

- típico bajo cultivo de trigo*. Congreso Argentino de la Ciencia del suelo, San Luis. CD-R XXI.
- Roldán, J. (2017). *Caracterización de Phytophthora infestans en aislamientos provenientes de Ecuador, Bolivia, Perú y Colombia*. In Compendio. INIAP, PNRT-Papa, FORTIPAPA, Quito, Ecuador. pp. 33-34
- Rubio, C. (2015). *Evaluación de la producción de tubérculo semilla en cuatro variedades de Papa (Solanum tuberosum L.)* (tesis de pre-grado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
- Sabatino, L., Iapichino, G., La Bella, S., Tuttlolomondo, T., D'Anna, F., Cadarello, M., . . . Roupheal, Y. (2020). An Appraisal of Calcium Cyanamide as Alternative N source for Spring-Summer and Fall Season Curly Endive Crops: Effects on Crop Performance, NUE and Functional Quality Components. *Agronomy*, 10, 1357.
- Salinas, G. (2012). *Los costos de producción y su efecto en la rentabilidad de la planta, fibra de vidrio en Cepolfi Industrial C.A de la ciudad de Ambato* (Tesis de pregrado). Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador.
- Segura, A., Triviño, A., y Lora, R. (2007). Comportamiento de la papa criolla (*Solanum phureja* Just et Buk) a calcio y boro en un suelo del departamento de Cundinamarca, Colombia. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 10(2), 75-84.
- Selke, W. (1968). Los abonos. Academia. León, ES. p. 205-231.
- Sierra, J. (2009). *Alternativas de aprovechamiento de la cascarilla de arroz en Colombia* (tesis de postgrado). Universidad de Sucre, Sincelejo.
- Sistema de Información Pública Agropecuaria (SIPA). (2020). Quito, Ecuador: Precio referencia de papa. Información Agricultor Precios.
- Terán, F. (2015). *El cultivo de la papa en Ecuador*. La papa en Ecuador. INIAP. Centro Internacional de la Papa, Quito, Ecuador. pp. 21 – 32.
- Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente. (2003). *Decreto Ejecutivo 3516*. Recuperado de <http://www.competencias.gob.ec/wp-content/uploads/2017/06/01NOR2003-TULSMA.pdf>
- Tualombo, G. (2019). *Respuesta del cultivo de arroz (Oryza sativa L.) bajo riego a diferentes niveles de cianamida cálcica en la zona de Pueblo Nuevo* (Tesis de pregrado). Universidad Técnica de Babahoyo, Ecuador.
- Valverde, F., y Alvarado, S. (2009). *Manejo del suelo y la fertilización en el cultivo de papa: Experiencias del DMSA*. Recomendaciones de fertilización edáfica inorgánica para el cultivo de papa. Recuperado de <http://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/2496/1/iniapsc343m.pdf>
- Yanggen, D., Crissman, C., y Espinosa, P. (2002). *Los Plaguicidas-Impactos en producción, salud y medio ambiente en Carchi, Ecuador*. Quito: Abya-Yala.
- Zamora, F., Tua, D., y Torres, D. (2008). Evaluación de cinco fuentes orgánicas sobre el

desarrollo vegetativo y rendimiento del cultivo de papa. *Agronomía Tropical*, 58(3), 233-243.

## ANEXOS

### Anexo 1. Análisis de suelo inicial (contenido de macro y micronutrientes)



Agrarprojekt S.A.  
 Urb. El Condado, Calle V #941 y Av. A, Quito  
 Tel: 02-2490575/02-2492148/0984-034148  
 agrarprojekt@cablenet.com.ec  
 info@agrarprojekt.com  
 www.agrarprojekt.com

### RESULTADOS

Código Agrarprojekt: ELH-23-05-19

Pág 2/2

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA	
Tipo de Muestra:	Suelo
Cultivo:	Papa
Número de Muestra:	<b># 1</b>
Información Proporcionada por el Cliente:	Finca la Carolina, Lote General, Sector Guamag Bajo

Contenido de macro- y microelementos en mg / kg de suelo seco

Análisis		Unidades	*Método de Extracción	*Niveles Óptimos para Papas - Cultivo Intensivo	Resultado
Características del suelo	Conductividad (CE)	ms/cm	Vol. 1:2	0.3 - 0.6	0.08
	pH (en H <sub>2</sub> O)	-	Vol. 1:2	-	6.0
	pH (en KCl)	-	Vol. 1:2	5.6 - 6.2	5.0
Macronutrientes	Nitrato (NO <sub>3</sub> -N)	mg/kg	Extracto Agua	-	4.7
	Amonio (NH <sub>4</sub> -N)	mg/kg	NaCl 0.05 M	-	6.6
	(NO <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> )-N	mg/kg	-	30 - 50	11.3
	Fosforo (P)	mg/kg	NaHCO <sub>3</sub> 0.5M	30 - 60	52.4
	Potasio (K)	mg/kg	NaCl 0.05 M	200 - 340	121
	Magnesio (Mg)	mg/kg	NaCl 0.05 M	75 - 180	17.7
	Calcio (Ca)	mg/kg	NaCl 0.05 M	600 - 1800	365
	Azufre (SO <sub>4</sub> -S)	mg/kg	Extracto Agua	10 - 15	3.5
Micronutrientes	Hierro (Fe)	mg/kg	DTPA/CaCl <sub>2</sub>	20 - 50	805
	Manganeso (Mn)	mg/kg	DTPA/CaCl <sub>2</sub>	6 - 30	61.0
	Cobre (Cu)	mg/kg	DTPA/CaCl <sub>2</sub>	1.0 - 4.0	3.6
	Zinc (Zn)	mg/kg	DTPA/CaCl <sub>2</sub>	1.2 - 6.0	15.3
	Boro (B)	mg/kg	Extracto Agua	0.15 - 0.60	0.19
Peligro de Salinidad	Sodio (Na)	mg/kg	Extracto Agua	< 140	5.3
	Cloruro (Cl <sup>-</sup> )	mg/kg	Extracto Agua	< 210	7.0
	Salas Totales	mg/kg	Extracto Agua	< 2000	65.8

\* Fuente: Soil Science Society of America Inc. (Ed.). 2001. Methods of Soil Analysis. 1390 pp.

- \* No Aplica

**Nota:** - Los datos y resultados están basados en la información y muestras entregadas por el cliente para quien se ha realizado este informe de manera exclusiva y confidencial.

- La fecha de ensayo y los métodos utilizados están a disposición del cliente cuando lo requiera.
- El Laboratorio no realizó el muestreo por lo tanto no certifica el origen de las muestras.
- Prohibida la reproducción total o parcial de Los resultados. No procede copia.

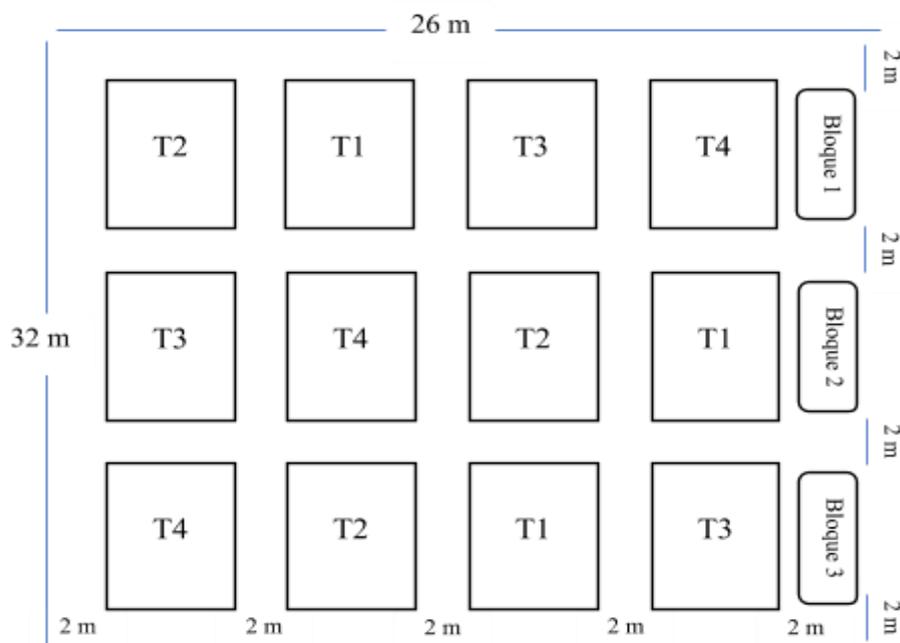
*Karl Sponagel*

Agrarprojekt S.A.  
 Dr. Karl Sponagel  
 Director del Laboratorio

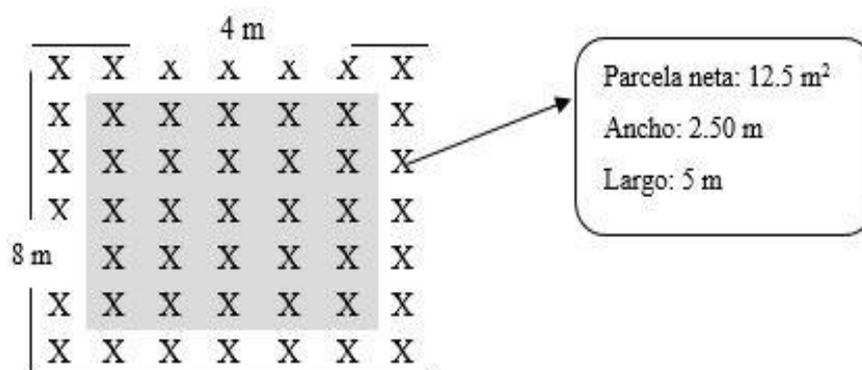
Anexo 2. Tabla de contenido de nutrientes que aporta la cianamida cálcica, urea y la cal en cada tratamiento

Tratamiento	Cantidad de C.C (kg.ha <sup>-1</sup> )	Cantidad de Urea (kg.ha <sup>-1</sup> )	Cantidad de Cal (kg.ha <sup>-1</sup> )	Aporte nutricional por cada tratamiento (kg.ha <sup>-1</sup> )			
				Cianamida cálcica		Urea	Cal
				N	CaO	N	CaO
T1	0	326.09	1481.48	0	0	150.00	600.00
T2	378.79	163.04	1129.82	75.00	142.42	75.00	457.58
T3	568.18	81.52	954	112.49	213.63	37.40	386.37
T4	757.58	0	778.12	150.00	284.85	0	315.14

Anexo 3. Distribución de las unidades experimentales en el ensayo



Anexo 4. Parcela neta y plantas para evaluarse durante el ensayo



Anexo 5. Contenido de nitrógeno disponible en el suelo a los 30 días después de la aplicación

de la cianamida cálcica

## RESULTADOS

Código Agrarprojekt: ELH-150819

Pág 2/4

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA				
Información Adicional:	Finca La Carolina			
Tipo de Muestra:	Suelo			
Cultivo:	Papa			
Número de Muestra:	# 1	# 2	# 3	# 4
Información Proporcionada por el Cliente:	B1 N1	B1 N2	B1 N3	B1 N4

Contenido de Nitrógeno Mineral (= N-Nitrico + N-Amoniacal) en mg / kg de suelo seco.

Análisis	Unidades	*Método de Extracción	*Niveles Óptimos para Papas - Cultivo Intensivo	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado
<sup>1</sup> Nitrato (NO <sub>3</sub> -N)	mg/kg	Extracto Agua	-	99.0	116	89.5	62.0
<sup>2</sup> Amonio (NH <sub>4</sub> -N)	mg/kg	NaCl 0.05 M	-	35.4	289	22.1	710
<sup>3</sup> (NO <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> )-N	mg/kg	-	30 - 50	134	405	112	772

Código Agrarprojekt: ELH-150819

Pág 3/4

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA				
Información Adicional:	Finca La Carolina			
Tipo de Muestra:	Suelo			
Cultivo:	Papa			
Número de Muestra:	# 5	# 6	# 7	# 8
Información Proporcionada por el Cliente:	B2 N1	B2 N2	B2 N3	B2 N4

Contenido de Nitrógeno Mineral (= N-Nitrico + N-Amoniacal) en mg / kg de suelo seco.

Análisis	Unidades	*Método de Extracción	*Niveles Óptimos para Papas - Cultivo Intensivo	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado
Nitrato (NO <sub>3</sub> -N)	mg/kg	Extracto Agua	-	131	113	101	92.2
Amonio (NH <sub>4</sub> -N)	mg/kg	NaCl 0.05 M	-	35.9	358	93.0	485
(NO <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> )-N	mg/kg	-	30 - 50	167	471	194	577

Código Agrarprojekt: ELH-150819

Pág 4/4

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA				
Información Adicional:	Finca La Carolina			
Tipo de Muestra:	Suelo			
Cultivo:	Papa			
Número de Muestra:	# 9	# 10	# 11	# 12
Información Proporcionada por el Cliente:	B3 N1	B3 N2	B3 N3	B3 N4

Contenido de Nitrógeno Mineral (= N-Nitrico + N-Amoniacal) en mg / kg de suelo seco.

Análisis	Unidades	*Método de Extracción	*Niveles Óptimos para Papas - Cultivo Intensivo	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado

Anexo 6. Contenido de nitrógeno disponible en el suelo a los 60 días después de la aplicación de la cianamida cálcica

**RESULTADOS**

Código Agrarprojekt ELH-180919

Pág 2/4

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA				
Información Adicional:	Finca La Carolina			
Tipo de Muestra:	Suelo			
Cultivo:	Papa			
Número de Muestra:	# 1	# 2	# 3	# 4
Información Proporcionada por el Cliente:	B1 N1	B1 N2	B1 N3	B1 N4

Contenido de Nitrógeno Mineral (= N-Nitrico + N-Amoniacal) en mg / kg de suelo seco.

Análisis	Unidades	*Método de Extracción	*Niveles Óptimos para Papas - Cultivo Intensivo	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado
<sup>1</sup> Nitrato (NO <sub>3</sub> -N)	mg/kg	Extracto Agua	-	62.7	112	103	132
<sup>2</sup> Amonio (NH <sub>4</sub> -N)	mg/kg	NaCl 0.05 M	-	23.5	54.7	25.2	54.3
<sup>3</sup> (NO <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> )-N	mg/kg	-	30 - 50	86.2	167	128	186

Código Agrarprojekt ELH-180919

Pág 3/4

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA				
Información Adicional:	Finca La Carolina			
Tipo de Muestra:	Suelo			
Cultivo:	Papa			
Número de Muestra:	# 5	# 6	# 7	# 8
Información Proporcionada por el Cliente:	B2 N1	B2 N2	B2 N3	B2 N4

Contenido de Nitrógeno Mineral (= N-Nitrico + N-Amoniacal) en mg / kg de suelo seco.

Análisis	Unidades	*Método de Extracción	*Niveles Óptimos para Papas - Cultivo Intensivo	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado
Nitrato (NO <sub>3</sub> -N)	mg/kg	Extracto Agua	-	145	102	127	86.4
Amonio (NH <sub>4</sub> -N)	mg/kg	NaCl 0.05 M	-	39.2	57.8	59.8	204
(NO <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> )-N	mg/kg	-	30 - 50	184	160	187	290

Código Agrarprojekt ELH-180919

Pág 4/4

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA				
Información Adicional:	Finca La Carolina			
Tipo de Muestra:	Suelo			
Cultivo:	Papa			
Número de Muestra:	# 9	# 10	# 11	# 12
Información Proporcionada por el Cliente:	B3 N1	B3 N2	B3 N3	B3 N4

Contenido de Nitrógeno Mineral (= N-Nitrico + N-Amoniacal) en mg / kg de suelo seco.

Análisis	Unidades	*Método de Extracción	*Niveles Óptimos para Papas - Cultivo Intensivo	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado
Nitrato (NO <sub>3</sub> -N)	mg/kg	Extracto Agua	-	144	83.4	113	67.5
Amonio (NH <sub>4</sub> -N)	mg/kg	NaCl 0.05 M	-	31.8	98.9	165	307
(NO <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> )-N	mg/kg	-	30 - 50	176	182	278	375

Anexo 7. Contenido de nitrógeno y calcio disponible en el suelo a los 180 días después de la aplicación de la cianamida cálcica

### RESULTADOS

Código Agrarprojekt: ELH-180120

Pág 2/4

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA				
Información Adicional:	Finca La Carolina, Guamag Bajo, Carchi			
Tipo de Muestra:	Suelo			
Cultivo:	Papa			
Número de Muestra:	# 1	# 2	# 3	# 4
Información Proporcionada por el Cliente:	B1 N1	B1 N2	B1 N3	B1 N4

Contenido de Nitrógeno Mineral (= N-Nitrico + N-Amoniaco) y Calcio (Ca) en mg / kg de suelo seco.

Análisis	Unidades	*Método de Extracción	*Niveles Óptimos para Papas - Cultivo Intensivo	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado
<sup>2</sup> Calcio (Ca)	mg/kg	NaCl 0.05 M	600 - 1200	421	291	428	720
<sup>1</sup> Nitrato (NO <sub>3</sub> -N)	mg/kg	Extracto Agua	-	53.4	26.1	38.8	126
<sup>2</sup> Amonio (NH <sub>4</sub> -N)	mg/kg	NaCl 0.05 M	-	117	163	86.2	71.0
<sup>3</sup> (NO <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> )-N	mg/kg	-	30 - 50	170	189	125	197

Código Agrarprojekt: ELH-180120

Pág 3/4

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA				
Información Adicional:	Finca La Carolina, Guamag Bajo, Carchi			
Tipo de Muestra:	Suelo			
Cultivo:	Papa			
Número de Muestra:	# 5	# 6	# 7	# 8
Información Proporcionada por el Cliente:	B2 N1	B2 N2	B2 N3	B2 N4

Contenido de Nitrógeno Mineral (= N-Nitrico + N-Amoniaco) y Calcio (Ca) en mg / kg de suelo seco.

Análisis	Unidades	*Método de Extracción	*Niveles Óptimos para Papas - Cultivo Intensivo	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado
<sup>2</sup> Calcio (Ca)	mg/kg	NaCl 0.05 M	600 - 1200	469	405	375	630
<sup>1</sup> Nitrato (NO <sub>3</sub> -N)	mg/kg	Extracto Agua	-	44.2	45.9	49.3	103
<sup>2</sup> Amonio (NH <sub>4</sub> -N)	mg/kg	NaCl 0.05 M	-	81.5	57.3	150	101
<sup>3</sup> (NO <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> )-N	mg/kg	-	30 - 50	126	103	199	204

Código Agrarprojekt: ELH-180120

Pág 4/4

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA				
Información Adicional:	Finca La Carolina, Guamag Bajo, Carchi			
Tipo de Muestra:	Suelo			
Cultivo:	Papa			
Número de Muestra:	# 9	# 10	# 11	# 12
Información Proporcionada por el Cliente:	B3 N1	B3 N2	B3 N3	B3 N4

Contenido de Nitrógeno Mineral (= N-Nitrico + N-Amoniaco) y Calcio (Ca) en mg / kg de suelo seco.

Análisis	Unidades	*Método de Extracción	*Niveles Óptimos para Papas - Cultivo Intensivo	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado
<sup>2</sup> Calcio (Ca)	mg/kg	NaCl 0.05 M	600 - 1200	790	740	1105	525
<sup>1</sup> Nitrato (NO <sub>3</sub> -N)	mg/kg	Extracto Agua	-	245	51.7	147	74.1
<sup>2</sup> Amonio (NH <sub>4</sub> -N)	mg/kg	NaCl 0.05 M	-	147	74.9	72.5	46.0
<sup>3</sup> (NO <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> )-N	mg/kg	-	30 - 50	392	127	220	120

Anexo 8. Medias y rangos de la variable altura de planta

<b>D.D.S</b>	<b>Tratamientos</b>	<b>Medias</b>	<b>E.E</b>	<b>Rangos</b>
90	T4	103.00	0.49	A
90	T3	101.07	0.49	B
90	T2	98.03	0.49	C
90	T1	96.57	0.49	D
60	T3	69.03	0.51	E
60	T4	67.60	0.51	F
60	T2	64.43	0.51	G
60	T1	62.07	0.51	H
30	T3	36.13	0.49	I
30	T2	29.90	0.49	J
30	T1	29.03	0.49	J
30	T4	25.60	0.49	K

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

Anexo 9. Medias y rangos de la variable grosor del tallo

<b>D.D.S</b>	<b>Tratamientos</b>	<b>Medias</b>	<b>E.E</b>	<b>Rangos</b>
90	T3	9.10	0.04	A
90	T4	8.22	0.04	B
90	T2	8.05	0.04	C
90	T1	7.95	0.04	D
60	T3	6.06	0.06	E
60	T2	5.19	0.06	F
60	T4	5.14	0.06	F
60	T1	4.97	0.06	G
30	T3	4.58	0.04	H
30	T2	4.03	0.04	I
30	T1	3.89	0.04	J
30	T4	3.63	0.04	K

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

Anexo 10. Medias y rangos de la variable porcentaje de incidencia de tizón tardío (*Phytophthora infestans*)

<b>D.D.S</b>	<b>Tratamientos</b>	<b>Medias</b>	<b>E.E</b>	<b>Rangos</b>
60	T1	40.00	3.19	A
60	T2	26.67	3.19	B
120	T1	20.00	3.19	B
90	T1	20.00	3.19	B
60	T3	3.33	3.19	C
120	T4	0.00	3.19	C
120	T3	0.00	3.19	C
90	T2	0.00	3.19	C

90	T3	0.00	3.19	C
90	T4	0.00	3.19	C
120	T2	0.00	3.19	C
60	T4	0.00	3.19	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

Anexo 11. Medias y rangos de la variable porcentaje de incidencia de tizón temprano (*Alternaria solani*)

D.D.S	Tratamientos	Medias	E.E	Rangos
90	T1	23.33	3.51	A
60	T1	20.00	1.70	A
120	T1	6.67	1.74	B
90	T2	6.67	3.51	BC
60	T2	3.33	1.70	BC
90	T3	0.00	3.51	BC
120	T4	0.00	1.74	C
90	T4	0.00	3.51	BC
60	T3	0.00	1.70	BC
60	T4	0.00	1.70	C
120	T3	0.00	1.74	C
120	T2	0.00	1.74	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

Anexo 12. Medias y rangos de la variable concentración de nitrato en el suelo

D.D.S	Tratamientos	Medias	E.E	Rangos
90	T1	117.23	37.17	A
90	T3	114.33	17.98	A
180	T1	114.20	37.17	AB
180	T4	101.03	13.21	AB
90	T2	99.13	9.70	AB
30	T2	98.83	9.70	AB
90	T4	95.30	13.21	AB
30	T1	94.63	37.17	ABC
30	T3	88.37	17.98	ABC
180	T3	78.37	17.98	ABC
30	T4	71.63	13.21	ABC
180	T2	41.23	9.70	ABC
0	T3	4.70	17.98	C
0	T4	4.70	13.21	C
0	T2	4.70	9.70	C
0	T1	4.70	37.17	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

Anexo 13. Medias y rangos de la variable concentración de amonio en el suelo

<b>D.D.S</b>	<b>Tratamientos</b>	<b>Medias</b>	<b>E.E</b>	<b>Rangos</b>
30	T4	597.67	49.51	A
30	T2	301.33	22.80	B
90	T4	188.43	49.51	BC
30	T3	170.37	61.93	BCD
180	T1	115.17	10.34	CD
180	T3	102.90	61.93	CDE
180	T2	98.40	22.80	CDE
90	T3	83.33	61.93	CDE
180	T4	72.67	49.51	CDE
90	T2	70.43	22.80	DE
90	T1	31.50	10.34	DE
30	T1	29.87	10.34	DE
0	T4	6.60	49.51	DE
0	T3	6.60	61.93	DE
0	T1	6.60	10.34	E
0	T2	6.60	22.80	E

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

Anexo 14. Medias y rangos de la variable concentración de calcio en el suelo

<b>D.D.S</b>	<b>Tratamientos</b>	<b>Medias</b>	<b>E.E</b>	<b>Rangos</b>
180	T3	636.00	166.17	A
180	T4	625.00	39.84	A
180	T1	560.00	81.91	A
180	T2	478.67	95.28	A
0	T2	365.00	95.28	A
0	T4	365.00	39.84	A
0	T3	365.00	166.17	A
0	T1	365.00	81.91	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

Anexo 15. Medias y rangos de la variable rendimiento del cultivo de papa

<b>Tratamientos</b>	<b>Medias</b>	<b>E.E</b>	<b>Rangos</b>
T4	31.76	0.32	A
T3	29.90	0.01	B
T2	28.91	0.18	C
T1	25.93	0.16	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

Anexo 16. Medias y rangos de la variable rendimiento por categoría del cultivo de papa

<b>Categoría</b>	<b>Tratamientos</b>	<b>Medias</b>	<b>E.E</b>	<b>Rangos</b>
Primera	T4	26.58	0.32	A
Primera	T3	21.99	0.32	B
Primera	T2	20.71	0.32	C
Primera	T1	17.87	0.32	D
Segunda	T1	7.10	0.32	E
Segunda	T2	6.74	0.32	E
Segunda	T3	6.48	0.32	E
Segunda	T4	3.98	0.32	F
Tercera	T2	1.46	0.32	G
Tercera	T3	1.44	0.32	G
Tercera	T4	1.20	0.32	G
Tercera	T1	0.95	0.32	G

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

Anexo 17. Costos de producción para el tratamiento 1 (testigo)

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO EN USD.	VALOR TOTAL EN USD.
<b>A. COSTOS DIRECTOS</b>				
<b>1. Preparación del suelo</b>				
Arada y cruza	Hora/tractor	2.5	15.00	37.50
Surcado	Hora/tractor	1	15.00	15.00
<b>2. Mano de obra</b>				
Siembra	jornal	18.00	20.00	360.00
Fertilización	jornal	12.00	20.00	240.00
Aplicación fitosanitaria	jornal	10.00	20.00	200.00
Deshierbe	jornal	10.00	20.00	200.00
Cosecha	jornal	20.00	20.00	400.00
<b>3. Insumos</b>				
Semilla	saco 46 kg	40.00	35.00	1400.00
Cianamida cálcica	saco 25 kg			
Urea	saco 50 kg	6.50	22.50	146.25
Cal	saco 50 kg	29.62	4.00	118.48
Super fosfato triple	saco 50 kg	6.08	28.00	170.24
Borax	saco 25 kg	1.20	17.00	20.40
Muriato K	saco 50 kg	5.30	24.00	127.20
Sulfato de Mg	saco 50 kg	6.92	23.00	159.16
Cymoxanil + mancozeb	fundas 500 gr	3.00	1.50	4.50
Clhorotalonil	frasco de 1 L	1.20	12.50	15.00
Difenoconazole	frasco de 250ml	1.20	10.00	12.00
Thiametoxan	frasco de 500 ml	1.50	12.50	18.75
Fiprex	frasco de 1 L	0.60	73.00	43.80
Cipermetrina	frasco 1 L	0.40	10.00	4.00
<b>SUBTOTAL A</b>				<b>3692.28</b>
<b>B. COSTOS INDIRECTOS</b>				
Análisis de suelo	análisis	1	72	72
Arriendo terreno	mes	5	83.33	416.65
Depreciación		1	96.25	96.25
<b>SUBTOTAL B</b>				<b>584.9</b>
Imprevistos (5%)				189.42
<b>C. TOTAL COSTOS A+B</b>				<b>4277.18</b>

Anexo 18. Costos de producción para el tratamiento 2

<b>CONCEPTO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>VALOR UNITARIO EN USD.</b>	<b>VALOR TOTAL EN USD.</b>
<b>A. COSTOS DIRECTOS</b>				
1. Preparación del suelo				
Arada y cruza	hora/tractor	2.50	15.00	37.50
Surcado	hora/tractor	1.00	15.00	15.00
2. Mano de obra				
Siembra	jornal	18.00	20.00	360.00
Fertilización	jornal	12.00	20.00	240.00
Aplicación fitosanitaria	jornal	10.00	20.00	200.00
Deshierbe	jornal	10.00	20.00	200.00
Cosecha	jornal	20.00	20.00	400.00
3. Insumos				
semilla	saco 46 kg	40.00	35.00	1400.00
Cianamida	saco 25 kg	15.15	42.50	643.88
Urea	saco 50 kg	3.26	22.50	73.35
Cal	saco 50 kg	22.59	4.00	90.36
Sulfato triple	saco 50 kg	6.08	28.00	170.24
Borax	saco 25 kg	1.20	17.00	20.40
Muriato K	saco 50 kg	5.30	24.00	127.20
Sulfato de Mg	saco 50 kg	6.92	23.00	159.16
Cymoxanil + mancozeb	fundas 500 gr	3.00	1.50	4.50
Clhorotalonil	frasco de 1 L	1.20	12.50	15.00
Difenoconazole	frasco de 250 ml	1.20	10.00	12.00
Thiametoxan	frasco de 500 ml	1.50	12.50	18.75
Fiprex	frasco de 1 L	0.60	73.00	43.80
Cipermetrina	frasco de 1 L	0.40	10.00	4.00
<b>SUBTOTAL A</b>				<b>4235.14</b>
<b>B. COSTOS INDIRECTOS</b>				
Análisis de suelo	análisis	1	72	72
Arriendo terreno	mes	5	83.33	416.65
Depreciación		1	96.25	96.25
<b>SUBTOTAL B</b>				<b>584.90</b>
Imprevistos (5%)				216.56
<b>C. TOTAL COSTOS A+B</b>				<b>4820.04</b>

Anexo 19. Costos de producción para el tratamiento 3

<b>CONCEPTO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>VALOR UNITARIO EN USD.</b>	<b>VALOR TOTAL EN USD.</b>
<b>A. COSTOS DIRECTOS</b>				
1. Preparación del suelo				
Arada y cruza	hora/tractor	2.50	15.00	37.50
Surcado	hora/tractor	1.00	15.00	15.00
2. Mano de obra				
Siembra	jornal	15.00	20.00	300.00
Fertilización	jornal	10.00	20.00	200.00
Aplicación fitosanitaria	jornal	8.00	20.00	160.00
Deshierbe	jornal	10.00	20.00	200.00
Cosecha	jornal	15.00	20.00	300.00
3. Insumos				
semilla	saco 46 kg	40.00	35.00	1400.00
Cianamida	saco 25 kg	22.75	42.50	966.88
Urea	saco 50 kg	1.62	22.50	36.45
Cal	saco 50 kg	19.08	4.00	76.32
Sulfato triple	saco 50 kg	6.08	28.00	170.24
Borax	saco 25 kg	1.20	17.00	20.40
Muriato K	saco 50 kg	5.30	24.00	127.20
Sulfato de Mg	saco 50 kg	6.92	23.00	159.16
Cymoxanil + mancozeb	funfa de 500 gr	3.00	1.50	4.50
Clhorotalonil	frasco de 1L	1.20	12.50	15.00
Difenoconazole	frasco de 250 ml	1.20	10.00	12.00
Thiametoxan	frasco de 500 ml	1.50	12.50	18.75
Fiprex	frasco de 1L	0.60	73.00	43.80
Cipermetrina	frasco de 1L	0.40	10.00	4.00
<b>SUBTOTAL A</b>				<b>4267.20</b>
<b>B. COSTOS INDIRECTOS</b>				
Análisis de suelo	análisis	1	72	72
Arriendo terreno	mes	5	83.33	416.65
Depreciación		1	96.25	96.25
<b>SUBTOTAL B</b>				<b>584.90</b>
Imprevistos (5%)				242.60
<b>C. TOTAL COSTOS A+B</b>				<b>4852.10</b>

Anexo 20. Costos de producción para el tratamiento 4

<b>CONCEPTO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>VALOR UNITARIO EN USD</b>	<b>VALOR TOTAL EN USD.</b>
<b>A. COSTOS DIRECTOS</b>				
1. Preparación del suelo				
Arada y cruza	hora/tractor	2.00	30.00	60.00
Surcado	hora/tractor	2.00	25.00	50.00
2. Mano de obra				
Siembra	jornal	15.00	20.00	300.00
Fertilización	jornal	10.00	20.00	200.00
Aplicación fitosanitaria	jornal	8.00	20.00	160.00
Deshierbe	jornal	10.00	20.00	200.00
Cosecha	jornal	15.00	20.00	300.00
3. Insumos				
Semilla	saco 46 kg	40.00	35.00	1400.00
Cianamida	saco 25 kg	30.30	42.50	1287.75
Urea	saco 50 kg			
Cal	saco 50 kg	15.56	4.00	62.24
Sulfato triple	saco 50 kg	6.08	28.00	170.24
Borax	saco 25 kg	0.10	17.00	1.70
Muriato K	saco 50 kg	0.85	24.00	20.40
Sulfato de Mg	saco 50 kg	1.11	23.00	25.53
Cymoxanil + mancozeb	fundas 500 gr	3.00	1.50	4.50
Clhorotalonil	frasco de 1L	1.20	12.50	15.00
Difenoconazole	frasco de 250 ml	1.20	10.00	12.00
Thiametoxan	frasco de 500 ml	1.50	12.50	18.75
Fiprex	frasco de 1L	0.60	73.00	43.80
Cipermetrina	frasco de 1L	0.40	10.00	4.00
<b>SUBTOTAL A</b>				<b>4335.91</b>
<b>B. COSTOS INDIRECTOS</b>				
Análisis de suelo		1	72	72
Arriendo terreno		5	83.33	416.65
Depreciacion		1	96.25	96.25
<b>SUBTOTAL B</b>				<b>584.9</b>
Imprevistos (5%)				246.04
<b>C. TOTAL COSTOS A+B</b>				<b>4920.81</b>