



Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja

Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables

Carrera de Ingeniería Agronómica

Efecto del ácido salicílico sobre el crecimiento radicular y el rendimiento del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.), evaluado en la quinta experimental “La Argelia”, de la ciudad de Loja

Trabajo de titulación previo a la
obtención del título de Ingeniero
Agrónomo

AUTOR:

Andrés Bolívar Silva Guamán.

DIRECTOR:

Dra. Marlene Molina Müller PhD.

Loja – Ecuador

2022



**UNIVERSIDAD
NACIONAL DE LOJA**

CERTIFICADO

Dra. Marlene Lorena Molina Müller PhD.

DIRECTORA DE TESIS

CERTIFICO:

Que he recibido la tesis realizada por el señor egresado de la carrera de Ingeniería Agronómica, estudiante **ANDRÉS BOLÍVAR SILVA GUAMÁN**, autor de la tesis titulada: **EFFECTO DEL ÁCIDO SALICÍLICO SOBRE EL CRECIMIENTO RADICULAR Y EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.), EVALUADO EN LA QUINTA EXPERIMENTAL “LA ARGELIA”, DE LA CIUDAD DE LOJA**. La misma es parte de los requisitos exigidos por la Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables de la Universidad nacional de Loja, por lo que autorizo su presentación a las instancias correspondientes, para proseguir con los trámites que conllevan a su titulación.

Loja, 17 de agosto del 2022



Firmado electrónicamente por:

**MARLENE
LORENAMOLINA
MULLER**

Dra. Marlene Lorena Molina Müller PhD.

DIRECTORA DE TESIS.

Ciudad Universitaria “Guillermo Falconí Espinosa” Casilla letra “S”

Teléfono: 2547 – 252 Ext. 101: 2547-200

www.unl.edu.ec

Autoría

Yo, **Andrés Bolívar Silva Guamán**, declaro ser el autor del presente trabajo de tesis y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos de posibles reclamos o acciones legales por el contenido de la misma. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi tesis en el Repositorio Institucional-Biblioteca Virtual.



Cédula: 1104816085

Fecha: 12/10/2022

Correo electrónico: andres.bolivar.Silva94@gmail.com

Telefono: 0991114418

Carta de autorización para consulta, reproducción parcial o total y/o publicación electrónica del texto completo, del trabajo de titulación.

Yo, **Andrés Bolívar Silva Guamán**, declaro ser el autor del trabajo de Titulación denominado: **Efecto del ácido salicílico sobre el crecimiento radicular y el rendimiento del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.), evaluado en la quinta experimental “La Argelia”, de la ciudad de Loja**, como requisito para optar al grado de **Ingeniero Agrónomo**, autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos, muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido en el Repositorio Institucional.

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

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

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los doce días del mes de octubre de dos mil veintidós.

Firma:



Autor: Andrés Bolívar Silva Guamán

Cédula: 1104816085

Dirección: Barrio “Las Acacias”, Av. Villonaco, Cantón Loja – Loja.

Correo electrónico: andres.bolivar.Silva94@gmail.com

Celular: 0991114418

Datos complementarios

Director de tesis: Dra. Marlene Molina Müller PhD.

Dedicatoria

Dedico mi trabajo de investigación a mis padres Bolívar Rene Silva y Carmen Olivia Guamán, ya que siempre he contado con su ayuda y apoyo incondicional, quienes además de enseñarme buenos valores, me han guiado con la ayuda de Dios por lo bueno y lo recto; quedo eternamente agradecido con Dios y mis padres, así mismo reconozco el ejemplo de mis hermanos, pues ellos han sido partícipes de mis metas alcanzadas, triunfos, alegrías y fracasos.

Con mucho amor, afecto y cariño.

Andrés

Agradecimiento

En primer lugar, agradezco a Dios por permitirme alcanzar un objetivo más en mi vida, e igualmente agradezco a mi señor padre Bolívar Rene Silva y señora madre Carmen Olivia Guamán por brindarme siempre de su apoyo incondicional para poder alcanzar mi título profesional. También me encuentro satisfecho en cuanto al aprendizaje obtenido durante todo el periodo de mi formación académica y estaré siempre agradecido con los docentes que supieron impartir de sus conocimientos de una forma eficiente y a su vez amena.

Agradezco a mi directora de Tesis, la Dra. Marlene Molina Müller PhD., por brindarme su ayuda y oportuna asistencia técnica desde el inicio de mi proyecto de investigación, hasta la culminación del mismo, de igual forma agradezco a mis compañeros de estudio, que, durante toda mi etapa de formación, supieron guiarme en el ámbito académico.

Índice de contenidos

Portada.....	i
Certificación del director de tesis.....	ii
Autoría.....	iii
Carta de autorización.....	iv
Dedicatoria.....	v
Agradecimiento.....	vi
Índice de contenidos.....	vii
Índice de tablas.....	x
Índice de figuras.....	xi
Índice de anexos.....	xii
1. Título.....	1
2. Resumen.....	2
2.1. Abstract.....	3
3. Introducción.....	4
3.1. Objetivos.....	5
4. Revisión de literatura.....	6
4.1. Origen de la papa.....	6
4.2. Producción de papa en Ecuador.....	6
4.3. Clasificación Taxonómica.....	7
4.4. Hábito de crecimiento.....	7
4.5. Morfología de la planta de papa.....	7
4.5.1. Raíces.....	7
4.5.2. Tallos.....	8
4.5.3. Estolones.....	8
4.5.4. Tubérculos.....	8
4.5.5. Brotes.....	9
4.5.6. Hojas.....	9

4.5.7.	Flores.....	9
4.6.	Requerimientos edafoclimáticos del cultivo de papa.....	9
4.6.1.	Temperatura.....	10
4.6.2.	Suelo.....	10
4.6.3.	Luz.....	10
4.6.4.	Humedad.....	10
4.7.	Variedad de estudio: <i>Solanum tuberosum</i> L. var. Superchola.....	11
4.8.	El ácido salicílico.....	11
4.8.1.	Efectos de la aplicación de ácido salicílico sobre el cultivo de papa.....	13
5.	Materiales y métodos.....	14
5.1.	Localización del estudio.....	14
5.2.	Tratamientos y diseño experimental.....	14
5.3.	Datos generales del experimento.....	15
5.3.1.	Establecimiento del experimento.....	15
5.3.2.	Fertilización.....	16
5.3.3.	Preparación y aplicación de concentraciones altas y bajas de ácido salicílico.....	16
5.4.	Metodología para el primer objetivo.....	16
5.5.	Metodología para el segundo objetivo.....	17
5.6.	Análisis estadístico.....	19
6.	Resultados.....	20
6.1.	Biomasa radicular fresca, seca y porcentaje de materia seca.....	20
6.1.1.	Biomasa radicular fresca.....	20
6.1.2.	Biomasa radicular seca.....	20
6.1.3.	Porcentaje de materia seca radicular.....	21
6.2.	Número de raíces secundarias y terciarias.....	21
6.3.	Longitud de raíces secundarias y terciarias.....	21
6.3.1.	Longitud de raíces secundarias.....	21

6.3.2. Longitud de raíces terciarias.	22
6.4. Fenología	23
6.5. Altura de planta	23
6.6. Rendimiento.....	24
6.7. Peso promedio de tubérculos por planta	25
6.8. Número de tubérculos por planta	26
6.9. Peso promedio de tubérculo.....	27
6.10. Biomasa fresca, seca y porcentaje de materia seca de tubérculos.....	27
6.10.1. Biomasa fresca de tubérculos.....	27
6.10.2. Biomasa seca de tubérculos.	28
6.10.3. Porcentaje de materia seca de tubérculos.	29
6.11. Biomasa aérea fresca, seca y porcentaje de materia seca	30
6.11.1. Biomasa aérea fresca.	30
6.11.2. Biomasa aérea seca.	30
6.11.3. Porcentaje de materia seca aérea.....	31
6.12. Correlación entre variables cuantitativas	32
7. Discusión.....	34
8. Conclusiones.....	37
9. Recomendaciones	38
10. Bibliografía	39
11. Anexos	42

Índice de tablas

Tabla 1. Descripción de los tratamientos	14
Tabla 3. Biomasa radicular seca (BSR), expresada en gramos (g).....	21
Tabla 4. Porcentaje de materia seca radicular (PMSR).....	21
Tabla 5. Número de raíces secundarias (NRS) y número de raíces terciarias (NRT).....	21
Tabla 6. Longitud de raíces terciarias (LRT) expresada en centímetros (cm).....	22
Tabla 7. Registro fenológico general del cultivo.....	23
Tabla 8. Número de tubérculos por planta (NTP).....	26
Tabla 9. Porcentaje de materia seca de tubérculos (PMST).....	29
Tabla 10. Correlación entre variables cuantitativas medidas en el cultivo de papa var. Super Chola, con un coeficiente de correlación de Pearson $> 0,60$ y un p-valor $< 0,05$	33

Índice de figuras

Figura 1. Distribución de los tratamientos y repeticiones en campo.....	15
Figura 2. Biomasa fresca radicular por tratamiento en el cultivo de papa, evaluado en la quinta experimental La Argelia, ciudad de Loja.	20
Figura 3. Longitud de raíces secundarias por tratamiento en el cultivo de papa, evaluado en la quinta experimental La Argelia, ciudad de Loja.	22
Figura 4. Curva de crecimiento de las plantas de papa, var. Súper chola, desde los 25 días, hasta los 85 Días Después de la Siembra (DDS), evaluado en la quinta experimental La Argelia, ciudad de Loja.	24
Figura 5. Rendimiento por superficie y por tratamiento, evaluado en la quinta experimental La Argelia, ciudad de Loja.	25
Figura 6. Peso promedio de tubérculos por planta y por tratamiento, evaluado en la quinta experimental La Argelia, ciudad de Loja.	26
Figura 7. Peso promedio de tubérculo por tratamiento, evaluado en la quinta experimental La Argelia, ciudad de Loja.	27
Figura 8. Biomasa fresca de tubérculos por tratamiento, evaluado en la quinta experimental La Argelia, ciudad de Loja.	28
Figura 9. Biomasa seca de tubérculos por tratamiento, evaluado en la quinta experimental La Argelia, ciudad de Loja.	29
Figura 10. Biomasa aérea fresca por tratamiento, evaluado en la quinta experimental La Argelia, ciudad de Loja.	30
Figura 11. Biomasa aérea seca por tratamiento, evaluado en la quinta experimental La Argelia, ciudad de Loja.	31
Figura 12. Porcentaje de materia seca aérea por tratamiento, evaluado en la quinta experimental La Argelia, ciudad de Loja.	32

Índice de anexos

Anexo 1: Certificado de aprobación y designación de director del trabajo de titulación	42
Anexo 2: Análisis de suelo	43
Anexo 3: Cálculo para realizar las fertilizaciones complementarias en base al análisis de suelo y requerimiento nutricional del cultivo de papa	44
Anexo 4: Registro fotográfico	45
Anexo 5: Certificación de traducción del Abstract.....	50

Efecto del ácido salicílico sobre el crecimiento radicular y el rendimiento del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.), evaluado en la quinta experimental “La Argelia”, de la ciudad de Loja

2. Resumen

El cultivo de papa se produce en terrenos irregulares, con un rendimiento de 12,37 t/ha. Sin embargo, la calidad y rendimiento está determinado por el genotipo del material utilizado y las condiciones ambientales. Existen aspectos morfológicos del cultivo que son limitantes, pues su sistema radicular no mide más de 40 cm de largo y dificulta el aprovechamiento de nutrientes y humedad. Investigadores señalan que las aplicaciones de ácido salicílico tienen un efecto significativo sobre la elongación de raíces y peso de tubérculos, aumentando su rendimiento y calidad. Las variables evaluadas fueron: biomasa aérea, radicular y de tubérculos, longitud de raíces, número de tubérculos, peso promedio de tubérculo, peso de tubérculos por planta y el rendimiento. El tratamiento 3 (AS= 10^{-8} M) tuvo mayor efecto que el tratamiento 1 y 2 (control y AS = 10^{-3} M) sobre las variables de biomasa aérea, radicular, de tubérculos, longitud de raíces, peso promedio de tubérculo, número de tubérculos por planta y el rendimiento. Para la variable: número de tubérculos, los tratamientos aplicados no tuvieron efecto significativo, tal resultado se debe a que, las aplicaciones foliares de AS en dosis alta, la planta lo utilizará para el desarrollo de defensas, lo que conlleva a un gran gasto energético, haciendo que la planta reduzca su acumulación de biomasa y como resultado existirá bajo rendimiento y producción.

Palabra clave: desarrollo radicular, rendimiento, producción.

2.1. Abstract

Potato cultivation occurs on uneven terrain, with a yield of 12.37 t/ha. However, the quality and yield is determined by the genotype of the material used and the environmental conditions. There are morphological aspects of the crop that are limiting, since its root system is no more than 40 cm long and makes it difficult to take advantage of nutrients and moisture. Researchers point out that salicylic acid applications have a significant effect on root elongation and tuber weight, increasing their yield and quality. The variables evaluated were: aerial, root and tuber biomass, root length, number of tubers, average tuber weight, tuber weight per plant and yield. Treatment 3 (AS= 10-8 M) had a greater effect than treatment 1 and 2 (control and AS = 10-3 M) on the variables of aerial biomass, root biomass, tuber biomass, root length, average tuber weight, number of tubers per plant and yield. For the variable: number of tubers, the applied treatments did not have a significant effect, such a result is due to the fact that, the foliar applications of SA in high doses, the plant will use it for the development of defenses, which leads to a large energy expenditure. , causing the plant to reduce its biomass accumulation and as a result there will be low yield and production.

Key Words: root development, yield, production.

3. Introducción

La papa (*Solanum tuberosum* L.) es uno de los cultivos más importantes a nivel mundial. Además, es una hortaliza rica en carbohidratos y es una fuente muy significativa de energía esencial para la alimentación del ser humano (Reinoso, 2020).

En Ecuador la producción de papa se distribuye en tres zonas geográficas, las cuales son: norte, centro y sur. Las diferencias agroecológicas están determinadas no por la latitud, sino por las relaciones entre clima, fisiografía y altitud. En general, el cultivo se desarrolla en terrenos con hasta más del 45 % de pendiente, con superficie irregular y en un rango de altitud de 2 400 a 3 800 m s. n. m. (Devaux, 2010).

Hasta el año 2019, se ha producido alrededor de 358 000 toneladas de papa a nivel nacional, así mismo, se ha alcanzado un rendimiento de 12,37 t/ha y el área cosechada ha sido de 30 164 ha (FAO, 2010). En sí, los objetivos del agricultor es producir un cultivo con alto rendimiento, de buena calidad y que satisfaga las necesidades del mercado al cual se dirige (Pineda, 2017). En este sentido, la productividad y calidad del cultivo, está determinado tanto por el genotipo del material utilizado como semilla y las condiciones ambientales presentes en la zona a cultivar.

Existen aspectos morfológicos del cultivo que pueden ser limitantes, sobre todo si las propiedades físicas del suelo donde se realiza la siembra son adversas. En este sentido, la planta de papa posee un sistema radicular fibroso que no mide más de 60 cm de largo, lo cual dificulta el aprovechamiento de nutrientes y humedad en las profundidades en un perfil de suelo (Vignola, 2017). Algo similar menciona Paredes (2015), quien indica que las raíces de la papa son adventicias y se desarrollan en los primeros 20 cm de profundidad del suelo y esto conlleva a que sea un sistema radicular muy superficial y poco profundo

En la provincia, cantón Loja, durante este último año 2022, se ha llevado a cabo la producción de papa Súper Chola, con un promedio de 2,0 l/planta, es decir, 0,90 kg (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2022). Lo ya antes mencionado se puede optimizar con el uso de nuevas tecnologías

agrícolas, pues el rendimiento potencial del cultivo puede ser mucho mayor de lo que se está generando.

Varios autores en sus investigaciones señalan sobre el efecto del AS y demuestran que influye de manera significativa sobre la elongación de raíz y su peso fresco, no solo en el cultivo de papa, sino en otros cultivos importantes, como el trigo, maíz y tomate riñón. En la papa tiene un efecto significativo sobre la densidad de tallos, vigor vegetativo, porcentaje de floración, peso de follaje, peso de tubérculos y número de tubérculos, aumentando así, su rendimiento, producción y calidad (Huaman, 2017).

Por lo expuesto anteriormente, en la presente investigación se evaluaron las concentraciones altas, bajas de ácido salicílico y su efecto sobre el crecimiento radicular y rendimiento en el cultivo de papa. Con el fin de cumplir con el propósito de la presente investigación, se planteó los siguientes objetivos:

3.1. Objetivos

- Objetivo General.

Evaluar el efecto del ácido salicílico sobre el crecimiento radicular y el rendimiento del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.).

- Objetivos específicos.

Determinar el efecto del ácido salicílico sobre el crecimiento radicular del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.).

Precisar el efecto del ácido salicílico sobre el rendimiento del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.).

4. Revisión de literatura

4.1. Origen de la papa

La papa es un tubérculo, su nombre científico es *Solanum tuberosum* L. Tiene su origen en Sudamérica y actualmente se cultiva en casi todos los países del mundo (Lopez, 2020).

El cultivo fue descubierto en Chile y Perú por los conquistadores españoles, quienes posteriormente llevaron el cultivo a Europa (Andrade, 2012).

En Ecuador, la mayor diversidad genética de papa (*Solanum tuberosum* L.) cultivada se encuentra en los suelos altos de los Andes (Pumisacho, Suelos , 2012). La papa tiene su centro de domesticación por los alrededores del Lago Titicaca, que se encuentra cerca de la frontera entre Bolivia y Perú.

La evolución de las especies de papa cultivada se originó a partir de genotipos diploides. Por ejemplo, la especie diploide *Solanum phureja* se encontraba distribuida en tiempos prehispánicos desde el centro del Perú hasta Ecuador, Colombia y Venezuela. La diversificación posterior del cultivo ocurrió a través de la hibridación intra e interespecífica (Pumisacho, 2012).

Datos proporcionados por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), señalan que el cultivo de papa a nivel mundial es uno de los alimentos más importantes, ya que, ocupa el cuarto lugar como producto de alto valor alimenticio, después del trigo, maíz y arroz, y algunos cultivos agroindustriales como la soya y la caña de azúcar.

4.2. Producción de papa en Ecuador

El cultivo de papa cuenta con una superficie sembrada de 50 000 hectáreas, de donde se producen 300 000 t repartidas en la alimentación de cada familia. En el país, cada persona consume un promedio de 30 kg de papa al año (Reinoso, 2020).

La producción de papa en Ecuador, la llevan a cabo más de 82 000 agricultores. El 81 % de su producción está destinada al consumo después de la cosecha, mientras que el 19 % lo utilizan las

industrias para su procesamiento. La siembra y cosecha de papa se la realiza todo el año. El tubérculo es rico en carbohidratos, además aporta con cantidades significativas de proteína, con un buen balance de aminoácidos, vitaminas C, B6, B1, folato. Los minerales, potasio, calcio, y magnesio y los micronutrientes hierro y zinc. Además, posee un alto contenido de fibra dietaria (parte comestible de las plantas), especialmente cuando es consumido sin cáscara y es rico en antioxidantes (polifenoles, vitamina C, carotenoides y tocoferoles) (Flores E. , 2015).

4.3. Clasificación Taxonómica

(Matta, 2011), indica que la taxonomía de la papa es la siguiente:

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Astaridae
Orden	Solanales
Familia	Solanaceae
Subfamilia	Solanoideae
Tribu	Solaneae
Género	<i>Solanum</i>
Subgénero	<i>Potatoe</i>
Especie	<i>tuberosum</i>

4.4. Hábito de crecimiento

La papa es una planta herbácea, y el hábito de crecimiento varía entre y dentro de cada especie, encontrándose los siguientes tipos: rastrero (tallos que tiene crecimiento horizontal sobre el suelo), decumbente (tallos que se arrastran pero que se levantan al ápice) y semierecto y erecto.

4.5. Morfología de la planta de papa

4.5.1. Raíces.

Se desarrolla a partir de un tubérculo o semilla, forma raíces adventicias en la base de cada brote y posteriormente encima de los nudos en la parte subterránea de cada tallo, también pueden formarse raíces a partir de los estolones (Inostroza, 2014). El sistema radicular es débil, por lo que necesita suelos con muy buenas condiciones físicas y químicas para su desarrollo.

4.5.2. Tallos.

Presenta generalmente un color verde o también color marrón-rojizo o morado. Las yemas que se forman en el tallo a nivel de las axilas de las hojas pueden llegar a desarrollarse para formar tallos laterales, estolones, inflorescencias y, a veces, tubérculos aéreos (Inostroza, 2014). El sistema de tallos de la papa consta de tallos, estolones y tubérculos. Las plantas que nacen de semilla tan solo cuentan con un tallo principal, mientras que las plantas que nacen del tubérculo producen varios tallos.

4.5.3. Estolones.

Son tallos laterales que crecen horizontalmente por debajo del suelo a partir de yemas de la parte subterránea de los tallos. Los estolones largos son comunes en las papas silvestres y el mejoramiento de la papa tiene como una de las metas obtener estolones cortos. Los estolones cubiertos por suelo pueden llegar a formar un estolón en su parte terminal, mientras que estolones que se encuentran por encima del suelo, es decir, estolones aéreos se van a desarrollar en un tallo vertical con follaje normal (Inostroza, 2014).

4.5.4. Tubérculos.

Son tallos modificados y constituyen la principal fuente de almacenamiento de la planta de papa. Cuenta con dos extremos, los cuales son: el basal o extremo ligado al estolón, conocido también como talón, y el extremo expuesto, denominado distal o apical. Las yemas se encuentran sobre la superficie del tubérculo, concentrados hacia la parte apical; las cejas representan las hojas y las yemas pueden formar un nuevo sistema de tallos principales, laterales y estolones (Lopez, 2020).

Generalmente, cuando el tubérculo ha madurado, las yemas se encuentran en un estado de reposo y, por ello, no pueden desarrollarse. Al cabo de cierto tiempo, dependiendo de la variedad, las yemas del ojo apical son las primeras en salir del reposo. Esta característica se llama dominancia apical. Más tarde, las yemas de los otros ojos se desarrollan para convertirse en brotes.

4.5.5. Brotes.

Tienen su origen en las yemas del tubérculo, y su color es una característica que depende de la especie, pueden ser de color blanco, coloreados en la base o el ápice o totalmente coloreados. Cuando los brotes blancos se exponen a la luz estos toman un color verde.

El extremo basal del brote forma la parte subterránea del tallo y se caracteriza por la presencia de lenticelas. Después de la siembra, esta parte rápidamente produce raíces y luego estolones o tallos laterales. El extremo apical del brote da origen a las hojas y representa la parte del tallo donde tiene lugar el crecimiento del mismo (Inostroza, 2014).

4.5.6. Hojas.

Se distribuyen de manera espiral sobre el tallo y son compuestas, es decir, cuentan con un raquis que lleva pares de folíolos laterales primarios y un folíolo terminal, cada folíolo está unido al raquis por una parte denominada peciólulo. Los folíolos primarios pueden estar interceptada por folíolos pequeños secundarios. En la base de cada peciolo se encuentran dos hojuelas, conocidas también como pseudoestípulas (Inostroza, 2014).

4.5.7. Flores.

El pedúnculo de la inflorescencia está dividido generalmente en dos ramas, cada una de las cuales se subdivide en otras dos ramas. De esta manera se forma una inflorescencia cimosa. De las ramas de las inflorescencias salen los pedicelos, en cuyas puntas superiores se encuentran los cálices. Cada pedicelo tiene una coyuntura o articulación en la cual se desprenden del tallo las flores o los frutos. Esta articulación es pigmentada en algunas variedades cultivadas. Las flores de la papa son bisexuales (tienen ambos sexos), y poseen las cuatro partes esenciales de una flor: cáliz, corola, estambres y pistilo (Inostroza, 2014).

4.6.Requerimientos edafoclimáticos del cultivo de papa

Se desarrolla muy bien en un clima templado. Se puede cultivar desde los 500 hasta 3 000 m s. n. Existen diversos factores que afectan la producción del cultivo de papa, por ello se debe procurar el buen manejo para alcanzar altos rendimientos (Matta, 2011).

4.6.1. Temperatura.

La temperatura óptima para lograr el buen desarrollo del cultivo va desde 17 a 23° C, en lugares que presentan un clima tropical se puede cultivar en los meses frescos durante el año, en lugares templados se siembra a principios de la primavera (Matta, 2011).

4.6.2. Suelo.

Se puede desarrollar en la mayoría de los suelos, pero su desarrollo es mejor en suelos francos, franco-arenosos, franco-limosos y franco-arcillosos, con un buen drenaje. Los suelos con profundidad de 50 cm, son ideales para que los estolones y los tubérculos puedan desarrollarse. El rango óptimo de pH va de 5.0 a 7.0, suelos que presenta salinidad, son compactos o alcalinos puede ocasionar problemas en el desarrollo y producción de la papa (Lopez, 2020).

4.6.3. Luz.

Después de la emergencia del tubérculo, el cultivo requiere bastante luminosidad, además, la luz sobre las plantas afecta directamente en los procesos fotosintéticos, dando origen a una serie de reacciones secundarias entre las que intervienen agua y CO₂, los cuales ayudan a la formación de los diferentes tipos de azúcares, que a su vez forman parte de los tubérculos (Ramirez, 2017).

La papa requiere periodos de 8 a 12 horas luz e incluso 16 horas de luminosidad, según la variedad que se vaya a cultivar. La cantidad de luz que reciba el cultivo va influenciar directamente a la tuberización y duración del crecimiento vegetativo los días cortos favorecen el inicio de la tuberización y acortan el ciclo fenológico, los días largos afectan a la tuberización y alargan el ciclo fenológico del cultivo.

4.6.4. Humedad.

Es un factor muy importante para el éxito del cultivo, en el momento de la germinación la humedad excesiva favorece a la aparición de mildius.

4.7. Variedad de estudio: *Solanum tuberosum* L. var. Superchola

La variedad Super Chola es una papa para consumo fresco (sopas y puré) y para procesamiento (frita en forma de hojuelas y de tipo francesa). Los tubérculos son medianos, elípticos a ovalados. De piel rosada y lisa, con ojos superficiales y pulpa amarilla pálida.

La variedad fue generada por el señor Germán Bastidas. Proviene de los cruzamientos realizados con las variedades (*Curipamba negra* x *Solanum demissum*) x (clon resistente con comida amarilla x chola seleccionada) (Sherwood, 2012).

La planta presenta un crecimiento erecto, con tallos verdosos y pigmentación purpura, son bien desarrollados y pubescentes. El follaje se desarrolla de manera rápida y cubre el terreno, sus hojas presenta un color verdoso intenso, con tres pares de folíolos primarios, tres pares de folíolos secundarios y cinco pares de folíolos terciarios. Su flor presenta un color morado.

La maduración va de 120 a 160 días después de la siembra, pudiendo llegar a un rendimiento de 25 t/ha. La variedad Superchola es susceptible a lancha (*Phytophthora infestans*), medianamente resistente a roya (*Puccinia pittieriana*) y tolerante al nematodo del quiste de la papa (*Globodera pallida*) (Sherwood, 2012).

4.8. El ácido salicílico

El Ácido Salicílico (AS) es una hormona vegetal que forma parte de un amplio grupo de compuestos denominados fenólicos y que está presente en todos los órganos vegetales y desempeña un papel fundamental en la regulación del crecimiento, desarrollo e interacción de las plantas con otros organismos patógenos, así como en la inducción de defensa de las plantas frente a diferentes tipos de estreses ambientales (sequía, salinidad, inundaciones, cambios de temperatura, entre otros) (Pesantes, 2018).

Estudios han demostrado que el ácido salicílico cumple con diferentes efectos fisiológicos sobre las plantas, algunos de ellos son:

- **Induce a la floración**

Ensayos han demostrado que el ácido salicílico puede inducir a la floración en algunas plantas ornamentales como gloxiana, violeta y petunia, aunque aún no se han descubierto sus las rutas de señalización involucradas en este proceso (Pesantes, 2018).

- **Induce a la resistencia sistémica a patógenos**

El papel más conocido del ácido salicílico es ser una molécula que emite una señal para activar los mecanismos de defensa de las plantas ante la incidencia de cualquier patógeno (Pesantes, 2018).

Se conoce que una infección de un patógeno incrementa la resistencia a posteriores ataques a través del mecanismo de resistencia sistémica adquirida (RSA) ya que las plantas sintetizan varios compuestos como la fitoanticipinas, fitoalexinas y proteínas relacionadas con la patogenicidad, proporcionando a las plantas una defensa efectiva contra una gran variedad de especies de patógenos.

Se ha demostrado que el ácido salicílico se encarga de la activación de la muerte celular, la expresión de proteínas PR, así como la inducción de la resistencia local y sistémica de enfermedades. En la actualidad existen reportes que indican que la aplicación exógena del ácido salicílico induce la expresión de genes PR y/o resistencia contra virus, bacterias y hongos patógenos (Pesantes, 2018).

- **Incrementa la termogénesis**

La termogénesis se conoce como un fenómeno capaz de formar órganos o tejidos por la acción del calor. Mediante estudios se ha observado que el ácido salicílico puede provocar producción de calor en las plantas, pero en ciertos órganos determinados (Pesantes, 2018).

- **Induce la respuesta de la planta al estrés abiótico**

El ácido salicílico es un compuesto muy importante en los procesos fisiológicos de las plantas, principalmente como metabolito secundario que forma parte de mecanismos vitales de protección

de la planta frente al estrés abiótico. Las situaciones de estrés (ataque de patógenos, sequia, salinidad, frio) en la planta desencadenan una serie de respuestas bioquímicas en las plantas y entre otros efectos provocan la acumulación de diversos compuestos y la activación de diferentes genes relacionados al estrés. Uno de los compuestos que se acumulan es el ácido salicílico, la cual está involucrado en la transducción de señales para mediar la adaptación de la planta al estrés (Pesantes, 2018).

Diferentes estudios han demostrado que plantas bajo tratamientos y aplicaciones de ácido salicílico (AS) pueden provocar resistencia a condiciones de salinidad, pues se generaría una acumulación de solutos compatibles como la prolina y la glicina betaína (Pesantes, 2018).

4.8.1. Efectos de la aplicación de ácido salicílico sobre el cultivo de papa.

El ácido salicílico aplicado a diferentes dosificaciones al cultivo de papa actúa sobre los caracteres agronómicos, aumentando la variabilidad de estos, respecto del control. Altas dosis de ácido salicílico o sobredosis pueden causar problemas de mermas de producción, así mismo la sobredosificación puede estresar la planta causando reducción del rendimiento en el cultivo (Contreras L. , 2017).

El ácido salicílico aplicado de manera foliar y en dosis bajas ($AS= 10^{-4}$ M) en papa, causa un efecto positivo en cuanto al rendimiento por planta, número de tubérculos e induce a la tuberización (Candelario, 2014).

Las concentraciones bajas de ácido salicílico (10^{-8} M y 10^{-10} M) en papa, bajo condiciones controladas en invernadero y aplicadas periódicamente, tienden a favorecer a la acumulación de almidón del tubérculo, altura de planta, peso fresco del tubérculo, pero no sobre el número de tubérculos (Flores R. , 2012).

5. Materiales y métodos

5.1. Localización del estudio

La investigación se realizó en la estación experimental docente “La Argelia” de la Universidad Nacional de Loja, Barrio La Argelia, de la ciudad de Loja. El barrio La Argelia se encuentra geográficamente 04°02'47" de latitud sur y a 79°12'59" de longitud oeste, a una altitud de 2 135 m s. n. m. Presenta temperaturas que van desde los 9 a 28° C, y una humedad relativa de 80 a 85 %.

5.2. Tratamientos y diseño experimental

El presente trabajo se evaluó el efecto del AS sobre el crecimiento radicular y el rendimiento en el cultivo de papa, para ello se eligió trabajar con una dosis alta de 10^{-3} M de AS y una dosis baja de 10^{-8} M de AS (Pesantes, 2018). Los tratamientos aplicados se describen en la tabla 1 y su distribución en campo en la figura 1.

Tabla 1. Descripción de los tratamientos

T1	Control
T2	Concentración alta de AS = 10^{-3} M
T3	Concentración baja de AS = 10^{-8} M

El diseño experimental que se utilizó, corresponde a un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA), con 3 tratamientos, 4 repeticiones por tratamiento, teniendo un total de 12 unidades experimentales y se empleó el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ij} = u + r_i + b_j + E_{ij}$$

Donde:

- Y_{ij} : Variable respuesta
- u : Media global de la variable respuesta
- r_i : Efecto del regulador del crecimiento (i: 1.)
- b_j : Efecto del Bloque (j: 1, 2, 3, 4.)
- E_{ij} : Error experimental



Figura 1. Distribución de los tratamientos y repeticiones en campo.

5.3. Datos generales del experimento

5.3.1. Establecimiento del experimento.

Para el establecimiento del experimento en campo, se procedió a la debida preparación del terreno, utilizando un arado de discos que consiste en el volteo de suelo para mejorar las condiciones del mismo, incorporando restos de cosechas anteriores. Luego se procedió a la delimitación de las parcelas utilizando cinta métrica para mayor precisión, las medidas de las parcelas fueron de 4 m de largo x 2 m de ancho, un total de 8m², con una densidad de siembra de 0,40 m entre planta y 1,10 m entre surco, dando un total de 20 plantas por unidad experimental.

La siembra del tubérculo se realizó a 10 cm de profundidad y de manera uniforme, la semilla utilizada corresponde a la var. Super Chola. El tamaño de muestra para la variable de altura fue de 6 plantas por unidad experimental, tomadas del centro de la parcela de forma al azar para evitar el efecto borde.

Para las variables como: biomasa radicular, longitud de raíces, número de raíces, y biomasa aérea, se procedió a muestrear 3 plantas del centro de la unidad experimental, mientras el cultivo se encontraba en etapa de floración, que es cuando el crecimiento longitudinal se detuvo, esto con el fin de tomar datos precisos en cuanto a las variables ya mencionadas, puesto que el cultivo de papa al llegar a su etapa final, entra en senescencia. Para las variables relacionadas a tubérculos como: número de tubérculos por planta, peso promedio de tubérculos, biomasa de tubérculos y

rendimiento, se procedió a muestrear 3 plantas del centro de la unidad experimental, cuando el cultivo se encontró en su etapa final (maduración-cosecha).

5.3.2. Fertilización.

Previo a la fertilización de base y foliares complementarias, se realizó un análisis de suelo (Anexo 2), para conocer los requerimientos nutricionales. Posterior a ello se realizó una fertilización de base al momento de la siembra utilizando el fertilizante NPK 10-30-10. Las fertilizaciones foliares complementarias se las aplicó en el transcurso del crecimiento y desarrollo del cultivo en base al requerimiento nutricional durante cada etapa fenológica, previamente se realizaron cálculos de dosis y fertilizantes a utilizar. Para complementar el nitrógeno faltante en el suelo, se procedió a la aplicación de urea que contiene 46% de N (Anexo 3).

5.3.3. Preparación y aplicación de concentraciones altas y bajas de ácido salicílico.

Para preparar las concentraciones altas y bajas de ácido salicílico, se partió de su peso molecular, el cual es: MW= 138,12, con una pureza del 99 % (Anexo 3). Siendo las concentraciones equivalentes a: AS= 10^{-3} M \rightarrow 200 mg/l y AS= 10^{-8} M \rightarrow 0,00138 mg/l.

Las concentraciones altas y bajas de ácido salicílico se aplicaron a los 33 Días Después de la Siembra (DDS), cuando ocurrió la elongación de los brotes principales y crecimiento de hojas, posteriormente las dosis de ácido salicílico se aplicaron cada 7 días después de la primera aplicación, hasta la etapa de fructificación, en un total de 7 aplicaciones. Las aspersiones se las realizó de manera foliar y para ello se utilizó una mini bomba con capacidad de 8 l (Anexo 4).

5.4. Metodología para el primer objetivo

Determinar el efecto del ácido salicílico sobre el crecimiento radicular del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.).

Se evaluaron las siguientes variables: Biomasa radicular, número de raíces, longitud de raíces.

- Biomasa radicular y porcentaje de materia seca

Se procedió a tomar como muestra 3 plantas del centro de cada una de las unidades experimentales, las plantas fueron las mismas que se muestreo para la variable de biomasa aérea. El muestreo se

lo realizó en etapa de floración. Posteriormente las muestras fueron llevadas a laboratorio, donde, las raíces fueron lavadas en agua, separando raíces y otros residuos. Luego se realizó el pesaje en una balanza analítica de cada una de las muestras, obteniendo su peso fresco (materia seca), a continuación, las muestras fueron cortadas en trozos de 2,5 cm, se mezclaron y se tomó una submuestra de 200 g (materia fresca), estas se colaron en la estufa a 65° C (Colina, 2014). Posteriormente con los resultados de materia radicular fresca y seca obtenidos, se procedió a aplicar la siguiente fórmula: $((\text{peso seco}/\text{peso fresco}) * 100)$; luego al resultado en porcentaje se le aplicó la función ArcSen, esto con la finalidad de analizar los datos en el programa estadístico Infostat y verificar su distribución normal (Bliss, 1938).

- ***Número de raíces***

De las 3 plantas muestreadas del centro de cada una de las unidades experimentales y mediante la observación, se procedió a un conteo del número de raíces secundarias y terciarias.

- ***Longitud de raíces***

Con la ayuda de una navaja a cada una de las plantas muestreadas, se les realizó un corte en el cuello de la planta y con un flexómetro se tomó las respectivas medidas de raíces secundarias y terciarias de manera longitudinal.

5.5. Metodología para el segundo objetivo

Precisar el efecto del ácido salicílico sobre el rendimiento del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.).

Se evaluaron las siguientes variables: altura de planta, rendimiento, peso de tubérculos por planta, número de tubérculos por planta, peso promedio de tubérculos, biomasa, índice de cosecha.

- ***Fenología***

El registro fenológico del cultivo se realizó mediante observaciones, donde se anotó el cambio de una etapa a otra. Se observó que más del 50 % del cultivo se encuentre dentro de una etapa para poder realizar la toma de datos y registro de fechas (Ibarra, 2020).

- ***Altura de planta***

Se procedió a tomar la medida de la longitud del tallo principal, desde el cuello de la planta hasta el ápice, los datos de altura se los registro a partir de los 25 días desde que se realizó la siembra, cada 10 días, hasta la etapa de floración.

- ***Rendimiento***

Para determinar el rendimiento por superficie se utilizó la fórmula descrita por Hay y Walker (1989) ($\text{rendimiento kg/ha} = N^{\circ} \text{ plantas} * N^{\circ} \text{ tubérculos por planta} * \text{peso promedio del tubérculo fresco (kg)}$) y el resultado fue expresado en toneladas.

- ***Peso de tubérculos por planta***

Se determinó de la siguiente manera; por cada uno de los tratamientos se muestreo 3 plantas del centro. Las muestras fueron llevadas a laboratorio donde posteriormente los tubérculos fueron lavados con el fin de eliminar residuos de suelo y así poder obtener resultados precisos. En una balanza analítica fueron pesados los tubérculos por cada uno de los tratamientos, y el resultado se lo expreso en kg/planta.

- ***Número de tubérculos por planta***

De las 3 plantas muestreadas del centro de cada una de las unidades experimentales y mediante la observación, se procedió a un conteo del número de tubérculos por planta.

- ***Peso promedio de tubérculo***

De las 3 plantas muestreadas del centro de cada una de las unidades experimentales y con la utilización de una balanza analítica, se pesó los tubérculos por cada una de las plantas muestreadas y el resultado se dividió para el número de tubérculos por planta, a fin de obtener un promedio del peso por tubérculo y el resultado se clasifico según el tratamiento aplicado.

- ***Biomasa de tubérculos y porcentaje de materia seca***

Se pesó los tubérculos por cada una de las plantas muestreadas, obteniendo el peso en gramos (materia fresca). Para determinar la cantidad de materia seca del tubérculo, se procedió a cortar en rodajas, se mezcló, y se tomó una submuestra de 200 g (materia fresca), y luego se colocó en la estufa a 65° C, hasta que resultado obtenido fue constante (Colina, 2014). Posteriormente con los resultados de materia radicular fresca y seca obtenidos, se procedió a aplicar la siguiente fórmula: $((\text{peso seco}/\text{peso fresco}) * 100)$; luego al resultado en porcentaje se le aplicó la función ArcSen, esto con la finalidad de analizar los datos en el programa estadístico Infostat y verificar su distribución normal (Bliss, 1938).

- ***Biomasa aérea y porcentaje de materia seca***

Se procedió a tomar como muestra 3 plantas por parcela. El muestreo se lo realizó en etapa de floración. Posteriormente las muestras fueron llevadas a laboratorio, donde, se procedió a pesar en una balanza analítica, obteniendo su peso fresco (materia fresca), luego se procedió a cortar en trozos de 2,5 cm, se mezclaron y se tomó una submuestra de 200 g (materia fresca), se colocó en la estufa a 65° C, hasta que resultado de materia seca obtenido fue constante (Colina, 2014). Con los resultados de materia radicular fresca y seca obtenidos, se procedió a aplicar la siguiente fórmula: $((\text{peso seco}/\text{peso fresco}) * 100)$; luego al resultado en porcentaje se le aplicó la función ArcSen, esto con la finalidad de analizar los datos en el programa estadístico Infostat y verificar su distribución normal (Bliss, 1938).

5.6. Análisis estadístico

Los datos ingresados al programa estadístico *Infostat* fueron sometidos a un análisis de varianza (ANOVA), tras comprobar los supuestos de normalidad de residuos y homogeneidad de varianza, luego se realizaron pruebas de comparación múltiple mediante Tukey al 95 %. Los gráficos se los realizó en el programa *GraphPAD 8.0.1*. Posteriormente se realizó un análisis de correlación de Pearson al 95% entre las variables cuantitativas.

6. Resultados

6.1. Biomasa radicular fresca, seca y porcentaje de materia seca

6.1.1. Biomasa radicular fresca.

Existió diferencias significativas ($p < 0,05$), teniendo mayor efecto el tratamiento 3 (10^{-8} M), pues se logró alcanzar 89,38 g de materia radicular fresca, respecto del tratamiento 1 y 2 (control y AS= 10^{-3} M) que alcanzo 66,90 y 74,18 g de materia radicular fresca respectivamente (Figura 2).

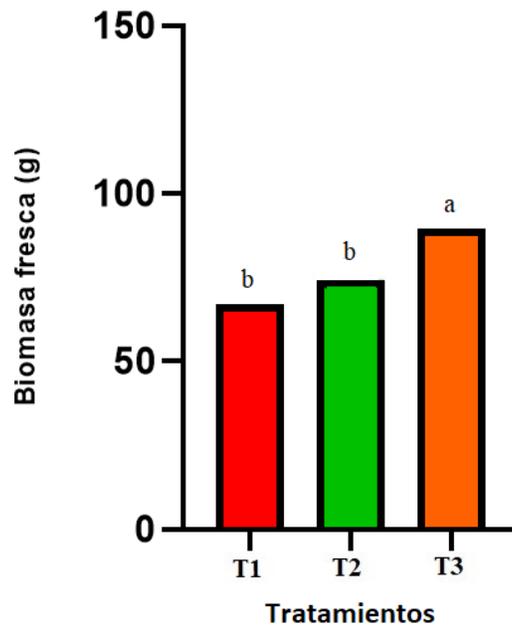


Figura 2. Biomasa fresca radicular por tratamiento en el cultivo de papa, evaluado en la quinta experimental La Argelia, ciudad de Loja.

Barras con letras desiguales difieren significativamente por la prueba de Tukey al 95 %. Error estándar de la media: 13,94.

Leyenda: T1 (control), T2 (concentración alta de AS= 10^{-3} M), T3 (concentración baja de AS= 10^{-8} M).

6.1.2. Biomasa radicular seca.

Como se puede observar en la tabla 3, ninguno de los tratamientos presento diferencias significativas ($p > 0,05$), todos los tratamientos aplicados fueron estadísticamente similares.

Tabla 3. Biomasa radicular seca (BSR), expresada en gramos (g).

Tratamientos	BRS (g)
Control	27,70
Concentración alta	28,30
Concentración baja	35,50

6.1.3. Porcentaje de materia seca radicular.

Como se puede observar en la tabla 4, ninguno de los tratamientos presento diferencias significativas ($p > 0,05$), todos los tratamientos aplicados fueron estadísticamente similares.

Tabla 4. Porcentaje de materia seca radicular (PMSR).

Tratamientos	PMSR
Control	42,60
Concentración alta	39,15
Concentración baja	41,10

6.2. Número de raíces secundarias y terciarias

En cuanto al número de raíces secundarias y terciarias, ninguno de los tratamientos presento diferencias significativas ($p > 0,05$), todos los tratamientos aplicados fueron estadísticamente similares (Tabla 5).

Tabla 5. Número de raíces secundarias (NRS) y número de raíces terciarias (NRT).

Tratamientos	NRS	NRT
Control	20,00	67,00
Concentración alta	21,00	77,00
Concentración baja	22,00	75,00

6.3. Longitud de raíces secundarias y terciarias

6.3.1. Longitud de raíces secundarias.

En la figura 3 se observa que el tratamiento 3 (10^{-8} M), tuvo mayor efecto significativo ($p < 0,05$) sobre la longitud de raíces secundarias, pues se logró alcanzar los 22,5 cm, sin embargo, con el

tratamiento 2 (10^{-3} M) se alcanzó los 19,25 cm, respecto del tratamiento 1 (control) que logro tan lo 15,08 cm de longitud.

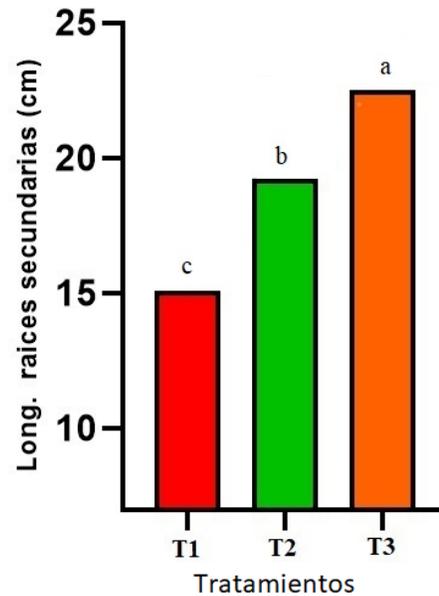


Figura 3. Longitud de raíces secundarias por tratamiento en el cultivo de papa, evaluado en la quinta experimental La Argelia, ciudad de Loja.

Barras con letras desiguales difieren significativamente por la prueba de Tukey al 95 %. Error estándar de la media: 3,92.

Leyenda: T1 (control), T2 (concentración alta de AS= 10^{-3} M), T3 (concentración baja de AS= 10^{-8} M).

6.3.2. Longitud de raíces terciarias.

Como se puede observar en la tabla 6, ninguno de los tratamientos presento diferencias significativas ($p > 0,05$), todos los tratamientos aplicados fueron estadísticamente similares.

Tabla 6. Longitud de raíces terciarias (LRT) expresada en centímetros (cm).

Tratamientos	LRS (cm)
Control	3,25
Concentración alta	3,00
Concentración baja	3,67

6.4. Fenología

En la tabla 7, se observa el registro fenológico general del cultivo, puesto que no existió diferencia significativa ($p > 0,05$) entre los tratamientos. El cultivo registro 1228,2 GD hasta llegar a la etapa de maduración - cosecha, e igualmente registro 5314,0 GDA, en un total de 117 días cronológicos.

Tabla 7. Registro fenológico general del cultivo.

Fases Fenológicas			
Etapas	GD (° C)	GDA (° C)	Días
Siembra - Brotación	128,9	128,9	12
Brotación - Emergencia	89,1	218,0	9
Emergencia - Desarrollo de hojas	29,5	247,5	3
Desarrollo de hojas – Formación brotes laterales	55,4	302,9	6
Formación brotes laterales - Elongación brotes principales	25,2	328,1	3
Elongación brotes principales - Inicio de floración	226,3	554,1	24
Inicio de floración - Fin de floración	580,1	1134,5	50
Fin de la floración - Engrose	37,0	1171,5	4
Engrose – Maduración - cosecha	56,7	1228,2	6
Total	1228,2	5314,0	117

Grados día (GD), grados días acumulado (GDA).

6.5. Altura de planta

El crecimiento de las plantas de papa a los 25 y 35 días después de la siembra fue constante y similar (Figura 4), ya que el ácido salífico se lo aplico a los 33 DDS. Sin embargo, a partir de los 45 DDS, hasta los 85 DDS el tratamiento con dosis baja de AS presento diferencias altamente significativas ($p < 0,01$). El tratamiento 1 (control) logro alcanzar los 59,21 cm, tratamiento 2 (10^{-3} M) alcanzó los 65,02 cm y el tratamiento 3 (10^{-8} M) alcanzó los 68,83 cm.

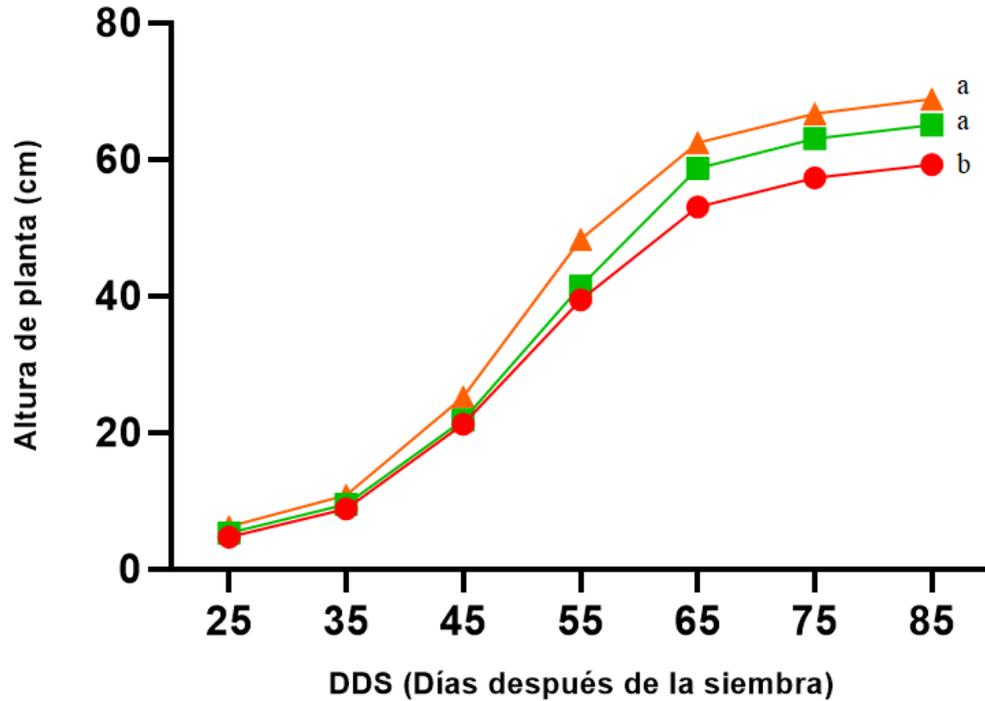


Figura 4. Curva de crecimiento de las plantas de papa, var. Súper chola, desde los 25 días, hasta los 85 Días Después de la Siembra (DDS), evaluado en la quinta experimental La Argelia, ciudad de Loja.

Barras con letras desiguales difieren significativamente por la prueba de Tukey al 95 %. Error estándar de la media: 5,93.

Leyenda: T1 (control), T2 (concentración alta de AS= 10^{-3} M), T3 (concentración baja de AS= 10^{-8} M).

6.6. Rendimiento

En la figura 5 podemos observar que el tratamiento 3 (10^{-8} M) tuvo mayor efecto en cuanto a rendimiento por superficie, pues se alcanzó 21,94 t/ha, mientras que el tratamiento 1 y 2 (control y concentración alta de AS= 10^{-3} M) fueron estadísticamente similares, logrando alcanzar las 15,90 y 16,05 t/ha respectivamente.

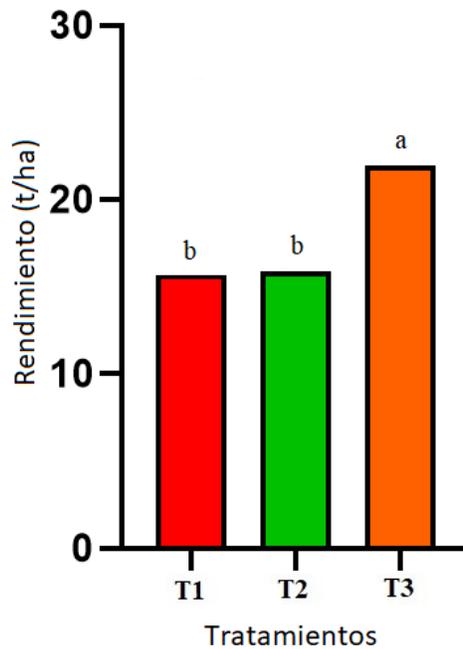


Figura 5. Rendimiento por superficie y por tratamiento, evaluado en la quinta experimental La Argelia, ciudad de Loja.

Barras con letras desiguales difieren significativamente por la prueba de Tukey al 95 %. Error estándar de la media: 3,36.

Leyenda: T1 (control), T2 (concentración alta de AS= 10^{-3} M), T3 (concentración baja de AS= 10^{-8} M).

6.7. Peso promedio de tubérculos por planta

Como se puede observar en la figura 6, en cuanto al peso promedio de tubérculos por planta, el tratamiento 3 (10^{-8} M) tuvo mayor efecto, logrando alcanzar 1,45 kg/planta. También se observa que el tratamiento 1 y 2 (control y concentración alta de AS= 10^{-3} M) presentaron similitud estadística, llegando a los 0,57 y 0,73 kg/planta respectivamente.

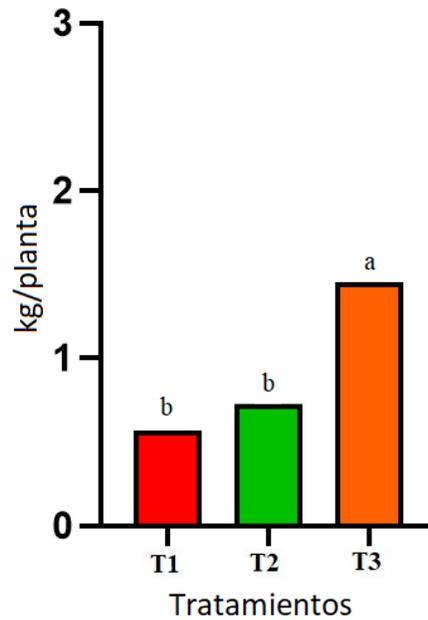


Figura 6. Peso promedio de tubérculos por planta y por tratamiento, evaluado en la quinta experimental La Argelia, ciudad de Loja.

Barras con letras desiguales difieren significativamente por la prueba de Tukey al 95 %. Error estándar de la media: 0,26.

Leyenda: T1 (control), T2 (concentración alta de AS= 10^{-3} M), T3 (concentración baja de AS= 10^{-8} M).

6.8. Número de tubérculos por planta

En cuanto al número de tubérculos por planta, ninguno de los tratamientos presento diferencias significativas ($p > 0,05$), todos los tratamientos aplicados fueron estadísticamente similares (Tabla 8).

Tabla 8. Número de tubérculos por planta (NTP).

Tratamientos	NTP
Control	19,00
Concentración alta	23,00
Concentración baja	21,00

6.9. Peso promedio de tubérculo

Como se observa en la figura 7, el tratamiento 3 (10^{-8} M) tuvo mayor efecto sobre el peso promedio de tubérculo, logrando alcanzar los 41,98 g. El tratamiento 1 y 2 (control y concentración alta de AS= 10^{-3} M) fueron estadísticamente iguales, logrando alcanzar los 33,04 g y 27,55 g respectivamente.

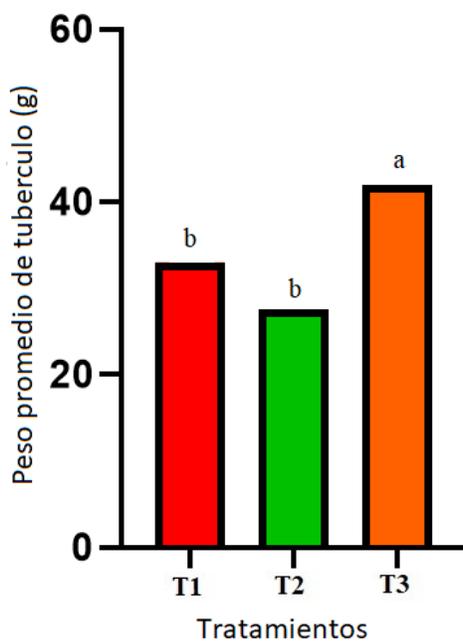


Figura 7. Peso promedio de tubérculo por tratamiento, evaluado en la quinta experimental La Argelia, ciudad de Loja.

Barras con letras desiguales difieren significativamente por la prueba de Tukey al 95 %. Error estándar de la media: 6,16.

Leyenda: T1 (control), T2 (concentración alta de AS= 10^{-3} M), T3 (concentración baja de AS= 10^{-8} M).

6.10. Biomasa fresca, seca y porcentaje de materia seca de tubérculos

6.10.1. Biomasa fresca de tubérculos.

El tratamiento 3 (10^{-8} M) tuvo mayor efecto en cuanto a la acumulación de biomasa fresca en tubérculos (Figura 8) logrando alcanzar 1001,53 g, respecto del tratamiento 1 y 2 (control y concentración alta de AS= 10^{-3} M) que lograron alcanzar 568,95 g y 560,18 g respectivamente.

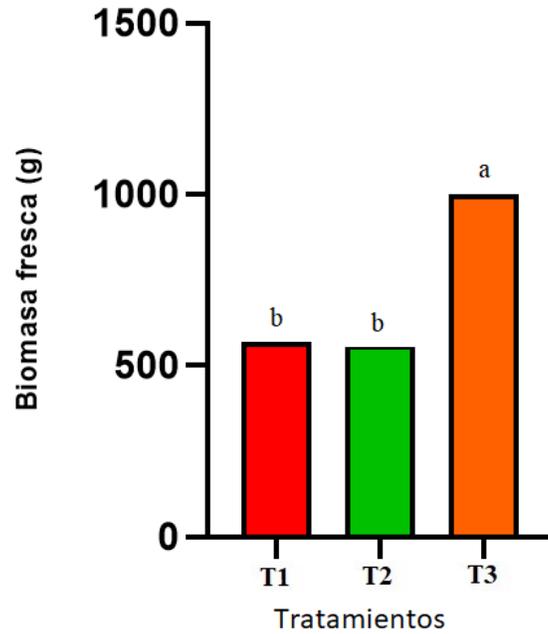


Figura 8. Biomasa fresca de tubérculos por tratamiento, evaluado en la quinta experimental La Argelia, ciudad de Loja.

Barras con letras desiguales difieren significativamente por la prueba de Tukey al 95 %. Error estándar de la media: 96,6.

Leyenda: T1 (control), T2 (concentración alta de AS= 10^{-3} M), T3 (concentración baja de AS= 10^{-8} M).

6.10.2. Biomasa seca de tubérculos.

El tratamiento 3 (10^{-8} M) tuvo mayor efecto en cuanto a acumulación de biomasa seca en tubérculos (Figura 9) logrando alcanzar 290,70 g, respecto del tratamiento 1 y 2 (control y concentración alta de AS= 10^{-3} M) que lograron alcanzar 155,70 g y 151,80 g respectivamente.

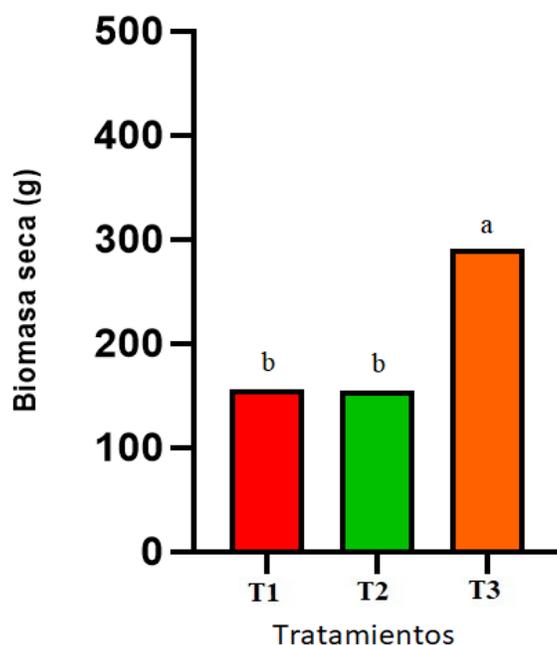


Figura 9. Biomasa seca de tubérculos por tratamiento, evaluado en la quinta experimental La Argelia, ciudad de Loja.

Barras con letras desiguales difieren significativamente por la prueba de Tukey al 95 %. Error estándar de la media: 31,1.

Leyenda: T1 (control), T2 (concentración alta de AS= 10^{-3} M), T3 (concentración baja de AS= 10^{-8} M).

6.10.3. Porcentaje de materia seca de tubérculos.

Como se puede observar el porcentaje de materia seca en tubérculos (Tabla 9) no presento diferencias significativas ($p > 0,05$), sin embargo, el tratamiento 3 (concentración baja de AS= 10^{-8} M), tuvo mayor efecto sobre el porcentaje de materia seca respecto del tratamiento 1 y 2 (control y concentración alta de AS= 10^{-3} M).

Tabla 9. Porcentaje de materia seca de tubérculos (PMST).

Tratamientos	PMST
Control	27,58
Concentración alta	27,11
Concentración baja	29,48

6.11. Biomasa aérea fresca, seca y porcentaje de materia seca

6.11.1. Biomasa aérea fresca.

Como se puede observar la biomasa fresca aérea por tratamiento (Figura 10) presento diferencias significativas ($p < 0,05$), teniendo mayor efecto el tratamiento 3 (10^{-8} M), que logró acumular 904,58 g respecto del tratamiento 1 y 2 (control y concentración alta de AS= 10^{-3} M) que alcanzó los 701,01 y 700,0 g respectivamente.

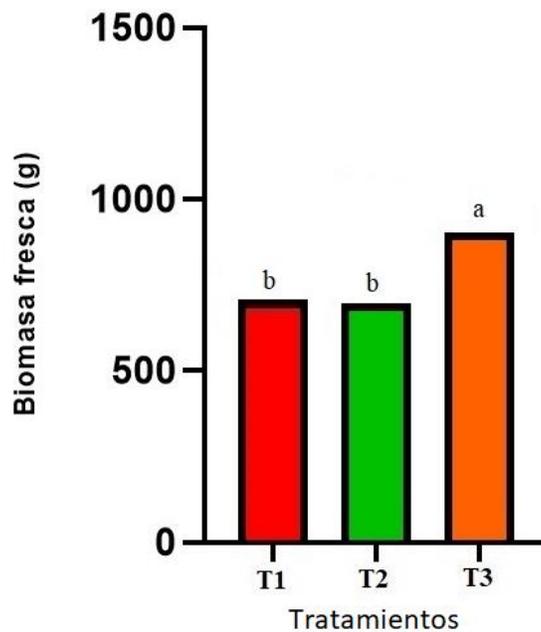


Figura 10. Biomasa aérea fresca por tratamiento, evaluado en la quinta experimental La Argelia, ciudad de Loja.

Barras con letras desiguales difieren significativamente por la prueba de Tukey al 95 %. Error estándar de la media: 73,3.

Leyenda: T1 (control), T2 (concentración alta de AS= 10^{-3} M), T3 (concentración baja de AS= 10^{-8} M).

6.11.2. Biomasa aérea seca.

Como se puede observar la biomasa seca aérea por tratamiento (Figura 11) presento diferencias significativas ($p < 0,05$), teniendo mayor efecto el tratamiento 3 (10^{-8} M), que logró acumular

293,50 g respecto del tratamiento 1 y 2 (control y concentración alta de AS= 10^{-3} M) que alcanzó los 133,41 y 132,01 g respectivamente.

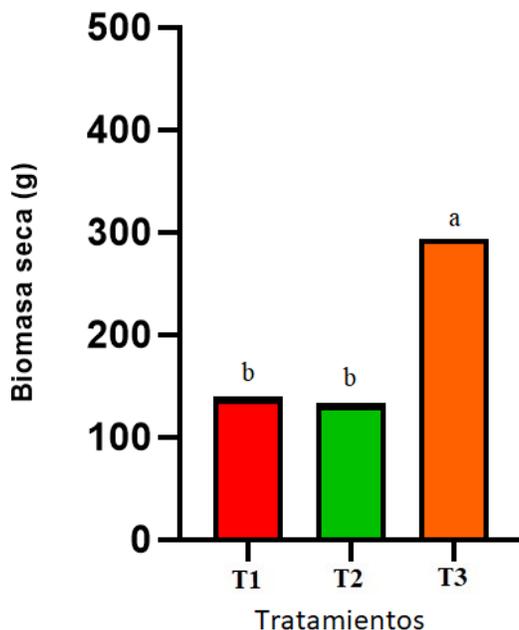


Figura 11. Biomasa aérea seca por tratamiento, evaluado en la quinta experimental La Argelia, ciudad de Loja.

Barras con letras desiguales difieren significativamente por la prueba de Tukey al 95 %. Error estándar de la media: 21,92.

Leyenda: T1 (control), T2 (concentración alta de AS= 10^{-3} M), T3 (concentración baja de AS= 10^{-8} M).

6.11.3. Porcentaje de materia seca aérea.

En cuanto al porcentaje de materia seca aérea (Figura 12) presento diferencias significativas ($p < 0,05$), teniendo mayor efecto el tratamiento 3 (10^{-8} M), que logró acumular 36,85 g respecto del tratamiento 1 y 2 (control y concentración alta de AS= 10^{-3} M) que alcanzó los 20,65 y 19,88 g respectivamente.

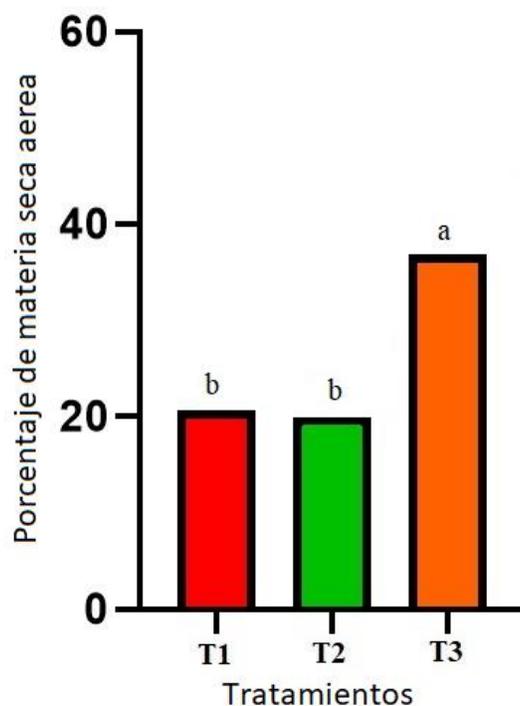


Figura 12. Porcentaje de materia seca aérea por tratamiento, evaluado en la quinta experimental La Argelia, ciudad de Loja.

Barras con letras desiguales difieren significativamente por la prueba de Tukey al 95 %. Error estándar de la media: 4,67.

Leyenda: T1 (control), T2 (concentración alta de AS= 10^{-3} M), T3 (concentración baja de AS= 10^{-8} M).

6.12. Correlación entre variables cuantitativas

Tal como se observa en la tabla 10, se trabajó con un coeficiente de correlación de Pearson $>0,60$ y un p-valor $<0,05$.

Tabla 10. Correlación entre variables cuantitativas medidas en el cultivo de papa var. Super Chola, con un coeficiente de correlación de Pearson > 0,60 y un p-valor < 0,05.

Variables cuantitativas	Altura (cm)	% MS aérea	% MS Rad.	% MS Tub.	LRS (cm)	LRT (cm)	NRS	NRT	N tub./planta	W P. Tub. (g)	R. (kg/planta)	R/S (t/ha)
Altura (cm)	1	0,2400	0,4000	0,0100**	0,0100**	0,2900	0,0700	0,0500	0,3900	0,0800	0,0100**	0,0000**
% MS aérea	0,37	1	0,6900	0,1600	0,2600	0,0700	0,6400	1,0000	0,4500	0,3000	0,1000	0,5800
% MS Rad.	-0,27	-0,13	1	0,9600	0,4200	0,5600	0,5600	0,4100	0,0300**	0,1300	0,7300	0,8300
% MS Tub.	0,70*	0,43	-0,02	1	0,2400	0,4500	0,9800	0,9700	0,7200	0,2400	0,1300	0,1500
LRS (cm)	0,73*	0,35	-0,26	0,37	1	0,3800	0,2800	0,1600	0,6200	0,2900	0,1600	0,0500
LRT (cm)	0,34	0,53	0,19	0,24	0,28	1	0,3400	0,9000	0,7000	0,2000	0,1100	0,1200
NRS	0,54	0,15	-0,19	-0,01	0,34	0,30	1	0,0000**	0,4900	0,2800	0,2700	0,0300**
NRT	0,58	0,00	-0,26	0,01	0,43	0,04	0,94*	1	0,5400	0,3600	0,3900	0,0500
N tub./planta	0,27	-0,24	-0,61*	0,12	0,16	0,12	0,22	0,20	1	0,1300	0,9000	0,3200
W P. Tub. (g)	0,52	0,33	0,47	0,37	0,33	0,40	0,34	0,29	-0,46	1	0,0200**	0,0200**
R. (kg/planta)	0,73*	0,5	-0,11	0,46	0,43	0,49	0,35	0,27	-0,04	0,67*	1	0,0100**
R/S (t/ha)	0,82*	0,18	-0,07	0,45	0,57	0,47	0,63*	0,57	0,32	0,67*	0,71*	1

* Coeficiente de correlación de Pearson > 0,60.

** p-valor < 0,05 (significativo), p-valor < 0,01 (altamente significativo).

7. Discusión

El tratamiento con dosis baja de ácido salicílico (10^{-8} M), tuvo mayor efecto sobre la acumulación de biomasa radicular fresca (Figura 2), igualmente, en longitud de raíces secundarias, dicho tratamiento tuvo mayor efecto que el tratamiento control y tratamiento con dosis alta de AS (Figura 5). De acuerdo con Contreras (2017), indica que las aplicaciones de ácido salicílico en dosis bajas ($0,01 \mu\text{M} = 10^{-8}$ M), induce al incremento de la biomasa radicular y por ende el desarrollo de raíces es mayor, lo que conlleva a una mayor absorción de agua y de nutrientes esenciales para la etapa de producción del cultivo de papa var. Chaucha amarilla (*Solanum phureja*). Lo ya antes mencionado presenta similitud con lo reportado por Saavedra (2007) pues en una investigación realizada, se encontró que las plantas que son tratadas con AS muestran un incremento en la división celular en las raíces, lo que conlleva a un aumento en su longitud. En cuanto al número de raíces, los tratamientos aplicados con dosis altas y bajas de AS no tuvieron efecto significativo (Tabla 5).

La aplicación de ácido salicílico en concentraciones altas y bajas, no tuvieron ningún efecto significativo ($p > 0,05$) sobre la fenología del cultivo, pues a lo largo de su crecimiento y desarrollo existió similitud entre los tratamientos en lo que se refiere al cambio de un estado a otro, esto se debe a que la investigación se llevó a cabo en una misma variedad de papa (Var. Super Chola) y bajo las mismas condiciones ambientales de temperatura, precipitación y humedad, pues estos factores regulan el crecimiento, desarrollo y la producción. En todos los tratamientos aplicados se observó que el cultivo paso de la fase vegetativa (V0, V1, V2, V3) a reproductiva (R4, R5, R6) en un período de 57 DDS e igualmente se observó que en todos los tratamientos la fase reproductiva termino a los 117 DDS (Tabla 8). Estos resultados presentan similitud con lo que menciona Ibarra (2020) pues en una investigación realizada en papa var. Alpha bajo condiciones de campo, no observo diferencias significativas entre los tratamientos en cuanto a fenología, pues la fase reproductiva termino a los 120 DDS, esto se debe a que el estudio se llevó a cabo en una misma variedad.

En relación a la variable morfológica que corresponde a la altura de planta, se observó que la dosis baja de ácido salicílico ($\text{AS} = 10^{-8}$ M), tuvo mayor efecto sobre el crecimiento (Figura 7). De igual forma Cordova (2017) señala que, el cultivo de papa var. Única, responde a la aplicación exógena

de ácido salicílico en dosis bajas ($0,01 \text{ uM} = 10^{-8} \text{ M}$), teniendo mayor efecto sobre la altura de planta y otras variables morfológicas como la elongación de raíz.

En cuanto al rendimiento, el tratamiento con dosis baja de AS (10^{-8} M) logró alcanzar las 21,94 t/ha, mientras que con el tratamiento 1 y 2 se logró las 15,90 y 16,05 t/ha respectivamente (Figura 8). De modo similar el tratamiento con dosis baja de AS, tuvo mayor efecto sobre el peso promedio de tubérculos por planta (1,45 kg/planta) (Figura 9). Comparando con Cordova (2017), indica que el ácido salicílico suministrado en dosis elevadas (10^{-2} M) y de manera foliar, la planta lo utilizara para el desarrollo de defensas y por ende causa gasto energético y problemas de pérdidas en la producción. Por otro lado, Gutierrez (2016) quien en su investigación menciona que el cultivo de papa var. Norland, las aplicaciones bajas de ácido salicílico (10^{-6} M) incrementa el rendimiento e igualmente mejora la calidad de los tubérculos para la industria.

El tratamiento con dosis baja de ácido salicílico (10^{-8} M) tuvo mayor efecto significativo sobre la acumulación de biomasa y el peso promedio de tubérculo, no obstante, el tratamiento control tuvo mayor efecto en cuanto a la acumulación de biomasa (Figura 11) y peso promedio de tubérculo respecto del tratamiento con dosis alta de AS (10^{-3} M) que fue mucho menor (Figura 10). Estos resultados obtenidos presentan similitud con lo mencionado por Cordova (2017), quien en su investigación en el cultivo de papa var. Diacol capiro, indica que el ácido salicílico afecta a la acumulación de biomasa total en tubérculos y por ende su peso, ya que al aplicarlo de manera foliar y en elevadas dosis (10^{-2} M), la planta lo utiliza para el desarrollo de defensas, por lo que tiene un mayor costo energético y podría existir problemas de merma en la producción por la sobredosis de ácido salicílico. El número de tubérculos por planta no presento ningún efecto significativo entre los tratamientos (Tabla 12).

Al observar el efecto que existió entre los tratamientos aplicados sobre el cultivo de papa, en lo que se refiere a biomasa aérea fresca, seca y porcentaje de materia seca, se afirma que tuvo mayor efecto significativo el tratamiento con dosis baja de ácido salicílico (10^{-8} M) logrando acumular 904,58 g de biomasa fresca, 293,50 g de biomasa seca y 36,85 % de materia seca (Figura 14, 15, 16). Este resultado se contrasta con lo que menciona Huaman (2017), pues afirma que, al aplicar dosis bajas de ácido salicílico ($0,001 \text{ uM} = 10^{-9} \text{ M}$) sobre el cultivo de papa var. Perricholi, esta

responde de manera significativa sobre la acumulación de biomasa aérea, e igualmente indica que al aplicar dosis altas de AS (10^{-4} M) afecta negativamente a la acumulación de biomasa, puesto que la desarrolla defensas, teniendo un mayor costo energético y esto se compara con el resultado obtenido en la presente investigación, ya que al aplicar la dosis alta de AS (10^{-3} M), la biomasa fresca acumulada fue de 700,0 g, biomasa seca 132,01 g y 19,88 % de materia seca, estos datos se contrastan con los resultados obtenidos del tratamiento control, en lo cual se observa que tuvo mayor efecto que el tratamiento con dosis alta de AS.

Con respecto al análisis de correlación entre las variables, se encontró que la variable altura de planta presenta asociación positiva $>0,60$ con el % MS radicular, % MS de tubérculos, rendimiento (kg/planta) y rendimiento por superficie (t/ha), esto debido que, a mayor altura de planta, existirá mayor desarrollo foliar y por ende habrá más recurso de suministros por procesos fotosintéticos, lo que le permitió a la planta aprovechar en la fase productiva (inicio de tuberización, engrose y maduración) logrando alcanzar el mayor rendimiento y rendimiento por superficie. También existió una correlación negativa $< 0,61$ entre el número de tubérculos por planta y el % MS radicular, es decir, a mayor NTP, menor será el % MSR.

8. Conclusiones

- El ácido salicílico aplicado de manera foliar y en dosis baja (10^{-8} M), provoca el aumento significativo en cuanto al crecimiento radicular, como ya antes se mencionó.
- La aplicación de ácido salicílico en dosis baja, favoreció al aumento de biomasa aérea, radicular y de tubérculos, mejorando así su rendimiento.
- La aplicación en elevadas dosis de ácido salicílico conduce a que la planta produzca el desarrollo de defensas, por ende, causa una baja acumulación de biomasa aérea, radicular y en tubérculos, lo que conlleva a obtener un bajo rendimiento y pérdidas en la productividad.

9. Recomendaciones

- Se debe tener en cuenta que al momento de determinar biomasa seca y porcentaje de materia seca, tanto aérea, radicular y de tubérculos, al momento de ingresar las muestras a la estufa, estas deben tener el suficiente espacio para que la corriente de aire circule y pueda suprimir la biomasa fresca, si no cuenta con la suficiente corriente de aire, las muestras terminaran presentando pudrición
- Al realizar el manejo integrado de plagas y enfermedades, utilizar productos químicos que contengan el principio activo específico para una enfermedad y de esa manera no exista pérdidas de biomasa aérea durante el desarrollo del cultivo y por ende una baja producción.

10. Bibliografía

- Andrade, H. (2012). *INIAP*. Obtenido de INIAP. Recuperado de: <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/2803>
- Bliss, C. I. (1938). The transformation of percentages for use in the analysis of variance. *The transformation of percentages for use in the analysis of variance*. Obtenido de The transformation of percentages for use in the analysis of variance.
- Candelario, S. (2014). Efecto de la aplicacion foliar de acido salicilico en la produccion de papa . *Scielo* , 6.
- Colina, J. (2014). Desarrollo de biomasa en cultivares de papa . *Scielo* .
- Contreras, L. (2017). Efecto del acido salicilico en el cultivo de papa. *Revista Latino Americana de la Papa*, 4.
- Contreras, S. (2017). Efecto del ácido acetil salicílico sobre el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.). *Agricultural Science*, 15.
- Cordova, N. (2017). Efecto del acido salicilico y acido acetil salicilico sobre el cultivar de papa (*Solanum tuberosum* L.). *Revista latinoamericana de la papa*, 15 - 24.
- Devaux, A. (2010). *La papa y la seguridad alimentaria en la region andina; situación actual y desafios para la innovacion*. obtenido de cipotato organización. Recuperado de: http://cipotato.org/wpcontent/uploads/congreso%20ecuatoriano%204/A_Devaux_memoria.pdf
- Estrada, W. (2012). Efecto de los ácidos salicílico y benzoico en la lechuga. *Centro Agrícola de Investigacion* , 85-89.
- MAG. (2022). *Ministerio de Agricultura y ganaderia* . Obtenido de Ministerio de Agricultura y ganaderia. Recuperado de: www.agricultura.gob.ec
- FAO. (2010). *FAOSTAD*. Obtenido de FAOSTAD: <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>
- Flores, E. (2015). *Intituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias* . Obtenido de INIAP. Recuperado de: <http://tecnologia.iniap.gob.ec/index.php/explore-2/mraiz/rpapa>
- Gutierrez, R. (2016). Aplicación periódica de bajas concentraciones de paclobutrazol y ácido salicílico en papa . *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 52.
- Hass, C. (2015). Efecto del acido salicilico en trigo. *Scielo* , 3.

- Huaman, D. (2017). Efecto del ácido salicílico y bioles sobre el cultivo de papa . *Revista latinoamericana de la papa* , 25.
- Inostroza, J. (2014). *Botánica y morfología de la papa*. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Centro Regional de Investigación Carillanca.
- Lopez, A. (03 de Agosto de 2020). *Panorama Cultural*. Obtenido de Panorama Cultural. Recuperado de: <https://panoramacultural.com.co/historia/6110/la-historia-milenaria-de-la-papa>
- Matta, M. (04 de Abril de 2011). *La papa en Ecuador* . Obtenido de La papa en Ecuador. Recuperado de: <http://zhiotm.lapapaEcuD.com/2011/04/la-papa-taxonomia-y-nombres-comunes.html>
- Paredes, C. (2015). Producción del cultivo de papa, utilizando dos métodos de reproducción asexual y bajo cuatro niveles de fertilización . *Ciencias Agropecuarias* , 35.
- Pesantes, L. (2018). Efectos del Ácido Salicílico en los Cultivos. *Efectos del Ácido Salicílico en los Cultivos*, 12.
- Pineda, J. (2017). *Estrategias de marketing para incrementar el consumo de papa*. Obtenido de repositorio. Recuperado de: https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/001/2614/1/TGT_1227.pdf
- Pumisacho, M. (2012). Especies de papa . *El cultivo de la papa en Ecuador* , 36.
- Pumisacho, M. (2012). Suelos . *El cultivo de la papa en Ecuador* , 28.
- Ramirez, R. (2017). Información Agrícola . *Requerimientos de Clima y Suelo para el Cultivo de la Papa*, 11.
- Reinoso, I. (2020). *Ministerio de Agricultura y Ganadería* . Obtenido de MAG. Recuperado de: <https://www.agricultura.gob.ec/ecuador-se-proyecta-a-ser-exportador-de-papa/>
- Saavedra, A. (2007). Efectos del ácido salicílico sobre el crecimiento de raíces. *Science Direct*, 563 - 565.
- Sherwood, M. P. (2012). Variedades de papa en Ecuador. *Manual para el cultivo de Papa en el Ecuador*, 41-42.
- Vazquez, D. (2016). Efecto del ácido salicílico en tomate. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 5.

Vignola, R. (2017). *Ministerio de la agricultura y la ganaderia* . Obtenido de MAG. Recuperado de: <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/reduccion-impacto-por-eventos-climaticos/Informe-final-papa.pdf>

11. Anexos

Anexo 1: Certificado de aprobación y designación de director del trabajo de titulación



Universidad
Nacional
de Loja

FACULTAD AGROPECUARIA Y DE
RECURSOS NATURALES RENOVABLES

AGRONOMIA

Oficio Nro. 569 CIA-FARNR-UNL
Loja, 17 de noviembre del 2021

Estimada

PhD. Mariene Molina Muller

DOCENTE DE LA CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA - AGRONOMIA

correo institucional. -

De mi consideración:

En atención a la solicitud mediante correo electrónico enviado por el (la) Sr. (Sra). **Andrés Bolívar Silva Guamán**, estudiante de la carrera de Ingeniería Agronómica; y, considerando que el Proyecto de Tesis titulado: "**Efecto del ácido salicílico sobre el crecimiento radicular y el rendimiento del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) evaluado en la Quinta Experimental "La Argelia", de la ciudad de Loja**", cumple con los requisitos previstos en los arts. 134 y 135 del Reglamento de Régimen Académico de la Universidad Nacional de Loja; visto el informe favorable del Docente designado para el estudio del proyecto; y, de acuerdo al art. 136 del Reglamento de Régimen Académico Institucional, **SE LO APRUEBA** y se designa a usted Director de Tesis, quien desde ahora será el responsable del desarrollo del trabajo de titulación y se autoriza su **INICIACIÓN**.

Particular que pongo en su conocimiento para los fines consiguientes.

Atentamente,



firmado electrónicamente por:
**JOHNNY FERNANDO
GRANJA TRÁVEZ**

Mg. Sc Johnny Fernando Granja Trávez.,

DIRECTOR DE LA CARRERA INGENIERÍA AGRONÓMICA-AGRONOMIA

JFGT/Kega

C. c Andrés Bolívar Silva Guamán

Adjunto Ejemplar digital del proyecto

Informe de Pertinencia

Ciudad Universitaria "Guillermo Falconí Espinosa",
Casilla letra "S", Sector La Argelia. Loja-Ecuador
secretaria.ciao@unl.edu.ec

Anexo 2: Análisis de suelo

DATOS DEL CLIENTE

Persona o Empresa solicitante¹: Gabriela Jiménez Jiménez y Gabriela Pineda Suquilanda
 Dirección¹: México y Brasil
 Provincia¹: Loja Cantón¹: Loja
 Teléfono¹: 0959759125
 Correo Electrónico¹: gabymjj20@gmail.com
 N° Orden de Trabajo: 11-2021-303
 N° Factura/Documento: 012-001-1055

DATOS DE LA MUESTRA:

Tipo de muestra ¹ : Suelo	Conservación de la muestra: Lugar fresco y seco	
Cultivo ¹ : Quinua		
Provincia ¹ : Loja	Coordenadas ¹ :	X: ---
Cantón ¹ : Loja		Y: ---
Parroquia ¹ : San Sebastián		Altitud: ---
Muestreado por ¹ : ---		
Fecha de muestreo ¹ : 01-10-2021	Fecha de inicio de análisis: 07-10-2021	
Fecha de recepción de la muestra: 07-10-2021	Fecha de finalización de análisis: 21-10-2021	

RESULTADOS DEL ANÁLISIS

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA ¹	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-21-1585	Quinua 1	pH a 25 °C	Electrométrico PEE/SFA/06	---	5,96
		Materia Orgánica*	Volumétrico PEE/SFA/09	%	1,77
		Nitrógeno*	Volumétrico PEE/SFA/09	%	0,09
		Fósforo*	Colorimétrico PEE/SFA/11	mg/kg	16,3
		Potasio*	Absorción Atómica PEE/SFA/12	cmol/kg	0,10
		Calcio*	Absorción Atómica PEE/SFA/12	cmol/kg	3,81
		Magnesio*	Absorción Atómica PEE/SFA/12	cmol/kg	0,28
		Hierro*	Absorción Atómica PEE/SFA/13	mg/kg	205,1
		Manganeso*	Absorción Atómica PEE/SFA/13	mg/kg	13,17
		Cobre*	Absorción Atómica PEE/SFA/13	mg/kg	2,68
		Zinc*	Absorción Atómica PEE/SFA/13	mg/kg	< 1,60
		ClC*	Cálculo PEE/SFA/14	cmol/kg	11,54

Analizado por: Katty Pastás, Pablo Atapuma

Nota: El resultado corresponde únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha. Está prohibida la reproducción parcial de este informe.

¹ Datos suministrados por el cliente: el laboratorio no se responsabiliza por esta información.

Observaciones:

- (**) Bases de cambio.
- Informe revisado por: Pablo Atapuma
- El laboratorio no es responsable del muestreo por lo que los resultados se aplican a la muestra como se recibió.
- Los ensayos marcados con (*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE.
- Las interpretaciones que se indican a continuación, están FUERA del alcance de acreditación del SAE.

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS - REGIÓN SIERRA										
PARÁMETRO	MO (%)	N (%)	P (mg/kg)	K (cmol/kg)	Ca (cmol/kg)	Mg (cmol/kg)	Fe (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Zn (mg/kg)
BAJO	<1,0	<0,15	<10,0	<0,20	<1,0	<0,33	<20,0	<5,0	<1,0	<3,0
MEDIO	1,0-2,0	0,15-0,30	10,0-20,0	0,20-0,38	1,0-3,0	0,33-0,66	20,0-40,0	5,0-15,0	1,0-4,0	3,0-7,0
ALTO	>2,0	>0,30	>20,0	>0,38	>3,0	>0,66	>40,0	>15,0	>4,0	>7,0

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS - REGIÓN SIERRA Y COSTA					
	ÁCIDO	LIGERAMENTE ÁCIDO	PRÁCTICAMENTE NEUTRO	LIGERAMENTE ALCALINO	ALCALINO
pH	≤ 5,5	> 5,5 - 6,5	> 6,5 - 7,5	> 7,5 - 8,0	> 8,0

FUENTE: INIAP. 2002



Ing. Pablo Atapuma
 Responsable de Laboratorio (E)
 Suelos, Foliare y Aguas

Anexo 3: Cálculo para realizar las fertilizaciones complementarias en base al análisis de suelo y requerimiento nutricional del cultivo de papa

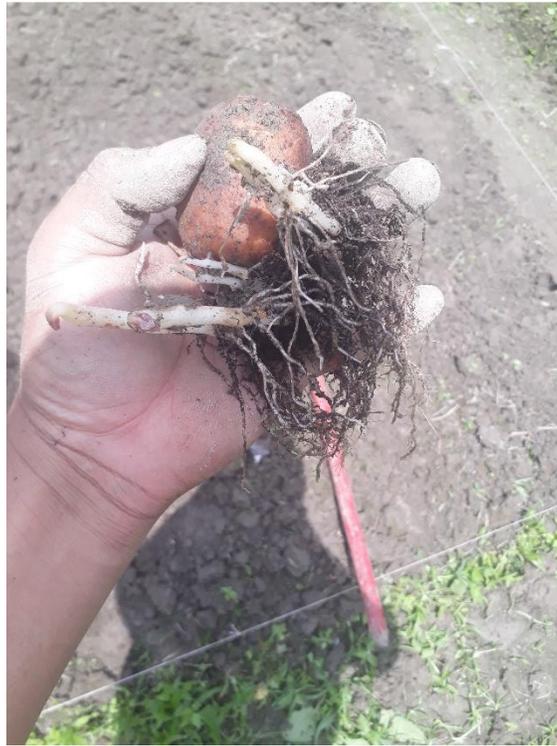
1. Requerimiento nutricional del cultivo				
Nivel	N	P2O5	K2O	S
Bajo	150 - 200	300 - 400	100 - 150	40 - 60
Medio	100 - 150	200 - 300	60 - 100	20 - 40
Alto	60 - 100	100 - 200	40 - 60	0 - 20

Fuente: Cultivo de papa en Ecuador - Editores: Manuel Pumisacho y Stephen Sherwood

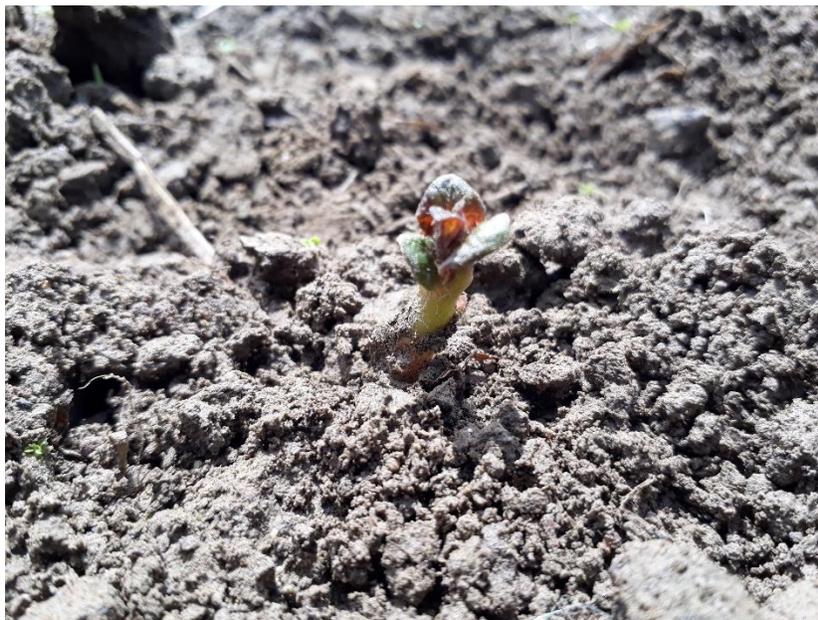
3. Calculos				Resultado					
100 kg	10	30	10	→	30 kg	P			Completo
	X			←	200 kg	P	X	666,7 kg	10 - 30 - 10
100 kg	10	30	10	→	10 kg	N			
666,7 Kg	10	30	10	→	X		X	66,7 kg	10 - 30 - 10
150 kg	Requerimiento de N	-	66,7 kg	→				83,3 Kg de N	FALTA
100 kg	Urea	→	46 kg	N					Completo
	X	←	83,3 kg	N	X		181,2 kg		Urea
			Faltantes						
100 kg	Requerimiento de K	-	66,7 kg	→				33,3 kg de K	FALTA
100 kg	CLK	→	60 kg	K					Completo
	X	←	33,3 kg	K	X		55,6 Kg		CLK
			Faltantes						

4. Calculo de Fosforo (P) para 96,0 m²			
666,7 kg	→	10000 m ²	
X	←	96 m ²	X 6,4 kg 10 - 30 - 10
			14 Lb 10 - 30 - 10
5. Calculo de Nitrogeno (N) para 96,0 m²			
181,2 kg	→	10000 m ²	
X	←	96 m ²	X 1,7 kg Urea
			3,8 Lb Urea
6. Calculo de Potasio (K) para 96,0 m²			
55,6 kg	→	10000	
X	←	96	X 0,5 kg CLK
			1,18 Lb CLK

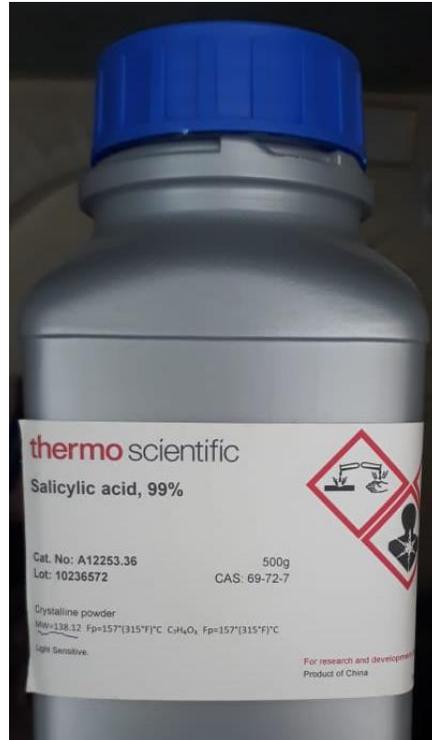
Anexo 4: Registro fotográfico



Fotografía 1. Brotación a los 12 días después de la siembra (DDS).



Fotografía 2. Emergencia a los 21 días después de la siembra (DDS).



Fotografía 3. Ácido salicílico (MW= 138,12; Pureza= 99 %).



Fotografía 4. Diseño experimental en campo.



Fotografía 5. Aplicación de dosis altas y bajas de ácido salicílico.



Fotografía 6. Etapa de floracion – tuberizacion.



Fotografía 7. Cultivo en etapa de senescencia.



Fotografía 8. Etapa de laboratorio.



Fotografía 9. Registro de datos, etapa de laboratorio.

Anexo 5: Certificación de traducción del Abstract



**FINE-TUNED ENGLISH
LANGUAGE INSTITUTE**

Líderes en la Enseñanza del Inglés

Ing. María Belén Novillo Sánchez.

ENGLISH TEACHER- FINE TUNED ENGLISH CIA LTDA.

CERTIFICA:

Que el documento aquí compuesto es fiel traducción del idioma español al idioma inglés del resumen de tesis " **Efecto del ácido salicílico sobre el crecimiento radicular y el rendimiento del cultivo de papa (*Solanum tuberosum L.*), evaluado en la quinta experimental "La Argelia", de la ciudad de Loja.**" autoría de Andrés Bolívar Silva Guamán con número de cédula **1104816085**, estudiante de la carrera de Ingeniería Agronómica de la Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional de Loja.

Lo certifico en honor a la verdad y autorizo al interesado hacer uso del presente en lo que a sus intereses convenga.

Loja, 13 de octubre del 2022

Ing. María Belén Novillo Sánchez.

ENGLISH TEACHER- FINE TUNED ENGLISH CIA LTDA.



Matriz - Loja: Macará 205-51 entre Rocafuerte y Miguel Riofrío - Teléfono: 072578899
Zamora: García Moreno y Pasaje 12 de Febrero - Teléfono: 072608169
Yantzaza: Jorge Mosquera y Luis Bastidas - Edificio Sindicato de Choferes - Teléfono: 072301329

www.fte.edu.ec