

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS



CARRERA DE AGRONOMÍA

**“EVALUACIÓN DEL YODO Y ÁCIDO SALICILICO EN LA BIOFORTIFICACIÓN
EN PLANTULAS DE PIMIENTO (*Capsicum annuum* var. *coach*).”**

**DOCUMENTO FINAL DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN COMO
REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE INGENIERO AGRÓNOMO**

AUTOR: JHONNY STHIV ROSALES DURAN

TUTOR: Ing. Mg. HERNÁN ZURITA

CEVALLOS-ECUADOR

2022

**“EVALUACIÓN DEL YODO Y ÁCIDO SALICÍLICO EN LA BIOFORTIFICACIÓN
EN PLANTULAS DE PIMIENTO (*Capsicum annuum* var. *coach*).”**

REVISADO POR:



Firmado electrónicamente por:
**JOSE HERNAN
ZURITA
VASQUEZ**

.....
Ing. HERNAN ZURITA VASQUEZ Mg.

TUTOR

APROBADO POR LOS MIEMBROS DE CALIFICACIÓN:



Firmado electrónicamente por:
**MARCO OSWALDO
PEREZ SALINAS**

Fecha

16/09/2022

.....
Ing. Marco Pérez Salinas, PhD

PRESIDENTE TRIBUNAL



Firmado electrónicamente por:
**SEGUNDO
EUCLIDES CURAY
QUISPE**

19/09/2022

.....
Ing. Mg. Segundo Curay, PhD

MIEMBRO DE TRIBUNAL DE CALIFICACIÓN



Firmado electrónicamente por:
**ISABEL
CRISTINA
LOPEZ**

15/09/2022

.....
BQF. Mg. Cristina López

MIEMBRO DE TRIBUNAL DE CALIFICACIÓN

AUTORIA DE LA INVESTIGACIÓN

El suscrito, JHONNY STHIV ROSALES DURÁN, portador de cédula de ciudadanía número: 1550179319, libre y voluntariamente declaro que el Informe Final del Proyecto de investigación titulado: “EVALUACIÓN DEL YODO Y ÁCIDO SALICÍLICO EN LA BIOFORTIFICACIÓN EN PLANTULAS DE PIMIENTO (*Capsicum annuum var. coach*).” es original, auténtico y personal. En tal virtud, declaro que el contenido es de mi sola responsabilidad legal y académica, excepto donde se indican las fuentes de información consultadas.



.....

JHONNY STHIV ROSALES DURÁN

DERECHO DE AUTOR

Al presentar este Informe Final del Proyecto de Investigación titulado “EVALUACIÓN DEL YODO Y ÁCIDO SALICÍLICO EN LA BIOFORTIFICACIÓN EN PLANTULAS DE PIMIENTO (*Capsicum annuum var. coach*).” como uno de los requisitos previos para la obtención del título de grado de Ingeniero Agrónomo, en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato, autorizo a la Biblioteca de la Facultad, para que este documento esté disponible para su lectura, según las normas de la Universidad.

Estoy de acuerdo en que se realice cualquier copia de este Informe Final, dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica potencial.

Sin perjuicio de ejercer mi derecho de autor, autorizo a la Universidad Técnica de Ambato la publicación de este Informe Final, o de parte de él.



.....

JHONNY STHIV ROSALES DURÁN

DEDICATORIA

Mi trabajo de investigación se lo dedico primero a Dios pues por su gracia he culminado una de mis metas; a mi familia que ha sido mi apoyo fundamental en todo momento, a mi padre que desde el cielo me acompaña y de manera especial a mi madre que me ha motivado a crecer de manera personal y profesional, sin quien no habría logrado alcanzar este sueño.

Jhonny Sthiv Rosales Durán

AGRADECIMIENTO

Mi eterno agradecimiento a Dios por darme la maravillosa vida que disfruto, a mi madre por su sustento y aliento durante toda mi carrera, a mis hermanos que han compartido mis alegrías y tristezas lejos del hogar, a mis compañeros que me brindaron su amistad durante estos años y a todos mis docentes que con gran dedicación me supieron instruir, pero de manera especial a mi tutor el Ing. Hernán Zurita Vásquez Mg. por ser un excelente docente y brindarme su apoyo en esta investigación.

Jhonny Sthiv Rosales Durán

INDICE

CAPITULO I.....	1
1.1 INTRODUCCIÓN	1
1.2 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.....	3
1.2.1 Pimiento (<i>Capsicum annuum</i>).....	3
1.2.2 Importancia económica	3
1.2.3 Biofortificación	3
1.2.4 Yodo Agrícola.....	4
1.2.5 Yodo en la planta	4
1.2.6 Ácido Salicílico.....	5
1.2.7 Ácido Salicílico en la planta.....	5
1.3 HIPÓTESIS Y OBJETIVOS.....	6
1.3.1 Hipótesis	6
1.3.2 Objetivo general	7
1.3.3 Objetivos específicos	7
CAPÍTULO II.....	8
MATERIALES Y MÉTODOS	8
2.1 UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO.....	8
2.2 CARACTERÍSTICAS DEL LUGAR	8
2.2.1 Clima.....	8
2.2.1.1 Temperatura	8
2.2.2 Suelo	8
2.2.3 Agua.....	8
2.3 EQUIPOS Y MATERIALES.....	9
2.3.1 Materiales.....	9
2.3.2 Equipos	9
2.4 FACTORES DE ESTUDIO	9
2.4.1 Productos	9
2.4.2 Dosis	9
2.4.3 Testigo	9
2.5 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	1
2.5.1 Tratamientos	1
2.6 DISEÑO EXPERIMENTAL	1
2.7 MANEJO EXPERIMENTAL.....	1
2.7.1 Construcción de mesas	1
2.7.2 Determinación de zonas de tratamiento.....	2

2.7.3 Adquisición de plántulas	2
2.7.4 Trasplante.....	2
2.7.5 Aplicación de tratamientos.....	2
2.7.6 Riegos	2
2.7.7 Control de plagas y enfermedades.....	2
2.7.8 Fertilización	2
2.8 VARIABLES RESPUESTA	2
2.8.1 Volumen de raíz	2
2.8.2 Longitud de raíz	3
2.8.3 Número de hojas	3
2.8.4 Altura de la planta	3
2.8.5 Grosor del tallo	3
2.9 PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN	3
CAPÍTULO III	4
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	4
3.1 Volumen de raíz.....	4
3.2 Longitud de raíz	5
3.3 Número de hojas	6
3.4 Altura de planta.....	7
3.5 Grosor de tallo	8
CAPÍTULO IV	10
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	10
4.1 Conclusiones.....	10
4.2 Recomendaciones	11
4.3 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	12
4.4 ANEXOS	16

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tratamientos	1
Tabla 2. Análisis de varianza para la variable volumen de raíz.....	4
Tabla 3. Análisis de varianza para la variable volumen de raíz.....	5
Tabla 4. Análisis de varianza para la variable número de hojas.....	6
Tabla 5. Análisis de varianza para la variable altura de planta.....	7
Tabla 6. Análisis de varianza para la variable grosor de tallo.	9

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Medias de los tratamientos para la variable volumen de raíz.	4
Gráfico 2. Medias de los tratamientos para la variable longitud de raíz.....	6
Gráfico 3. Medias de los tratamientos para la variable número de hojas.	7
Gráfico 4. Medias de los tratamientos para la variable altura de planta.....	8
Gráfico 5. Medias de los tratamientos para la variable grosor de tallo.....	9

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Elaboración de mesón	16
Anexo 2. Ubicación de bloques y tratamientos	16
Anexo 4. Método de dosificación	16
Anexo 3. Dosificación de yodo en dos litros de agua por tratamiento.	16
Anexo 5. Dosificaciones de ácido salicílico en dos litros de agua por tratamiento.	17
Anexo 6. Toma de datos según variables de estudio por tratamiento.....	17
Anexo 7. Análisis de varianza para la variable volumen de raíz.	17
Anexo 8. Análisis de varianza para la variable longitud de raíz.....	17
Anexo 9. Análisis de varianza para la variable número de hojas.	17
Anexo 10. Análisis de varianza para la variable grosor de tallo.....	17
Anexo 11. Análisis de varianza para la variable altura de planta.	17

RESUMEN

La biofortificación que se realizó en plantas de pimiento en pleno desarrollo provocó una serie de factores positivos en el crecimiento y metabolismo. El objetivo del estudio realizado es el determinar la viabilidad del uso del yodo y el ácido salicílico mediante riego por drench y generar un efecto biofortificante que influya en el desarrollo de las plántulas de pimiento (*Capsicum annum var. coach*). La hipótesis planteada fue que al menos uno de los tratamientos de yodo agrícola y ácido salicílico tendrán un efecto biofortificante en plántulas de pimiento. El diseño experimental utilizado fue bloques al azar en arreglo factorial de $3 \times 2 + 1$ con tres repeticiones de diez plantas por tratamiento (seis tratamientos y un testigo). Las dosificaciones fueron D1 ($0,5 \text{ cm}^3/\text{L}$), D2 ($1 \text{ cm}^3/\text{L}$), D3 ($1,5 \text{ cm}^3/\text{L}$) y los productos fueron P1 (yodo agrícola) y P2 (ácido salicílico). Los datos se analizaron mediante prueba Tukey ($p \leq 0.05$) para la comparación de promedios. Las aplicaciones realizadas de ambos productos fueron cinco, una vez cada ocho días durante cuarenta días. En el último muestreo se recolectaron cinco plantas por tratamiento y se tomaron medidas de volumen de raíz, longitud de raíz, altura de planta, número de hojas y grosor de tallo.

Los datos recolectados se ingresaron al programa Excel y se sacó las medias por variable. Los resultados obtenidos mostraron diferencias significativas y no significativas en cada variable estudiada. El volumen de raíz no presentó una diferencia estadística, pero el tratamiento P2D2 (ácido salicílico + $1 \text{ cm}^3/\text{L}$), se demostró una mayor aceptación por parte de las plántulas, además, se presentaron diferencias numéricas en comparación al resto de tratamientos. En las variables longitud de tallo, número de hojas, altura de planta y grosor de tallo el tratamiento P2D3 (ácido salicílico + $1,5 \text{ cm}^3/\text{L}$) predominó ante el resto de métodos de nutrición como mejor dosificación para una biofortificación en plántulas de pimiento mostrando mayores cualidades en la morfología vegetal de las plantas.

Palabras clave: Biofortificación, Yodo, Ácido salicílico

ABSTRACT

The biofortification carried out on bell pepper plants in full development caused a series of positive factors in growth and metabolism. The objective of the study was to determine the feasibility of using iodine and salicylic acid by drench irrigation and to generate a biofortifying effect on the development of bell pepper (*Capsicum annum* var. coach) seedlings. The hypothesis was that at least one of the treatments of agricultural iodine and salicylic acid will have a biofortifying effect on bell pepper seedlings. The experimental design used was randomized blocks in a 3x2+1 factorial arrangement with three replicates of ten plants per treatment (six treatments and one control). The dosages were D1 (0.5 cm³/L), D2 (1 cm³/L), D3 (1.5 cm³/L) and the products were P1 (agricultural iodine) and P2 (salicylic acid). Data were analyzed by Tukey test ($p \leq 0.05$) for comparison of averages. The applications made of both products were five, once every eight days for forty days. In the last sampling, five plants per treatment were collected and measurements of root volume, root length, plant height, number of leaves and stem thickness were taken.

The data collected were entered into the Excel program and the means per variable were extracted. The results obtained showed significant and non-significant differences in each variable studied. Root volume did not show a statistical difference, but the P2D2 treatment (salicylic acid + 1 cm³/L) showed a greater acceptance by the seedlings, and also showed numerical differences compared to the rest of the treatments. In the variables stem length, number of leaves, plant height and stem thickness, the P2D3 treatment (salicylic acid + 1.5 cm³/L) predominated over the rest of the nutrition methods as the best dosage for biofortification in bell pepper seedlings, showing greater qualities in the plant morphology of the plants.

Key words: Biofortification, Iodine, Salicylic Acid

CAPITULO I

1.1 INTRODUCCIÓN

Según Borbor y Suarez (2007), en Ecuador en el año 2000 el cultivo de pimiento llego a representar un porcentaje aceptable de monetización en el sector agrícola; usualmente este cultivo se encuentra en altas producciones en la costa y valles interandinos del país. Aproximadamente se cultivan 956 hectáreas como monocultivo y 189 hectáreas en asociación, siendo de esta manera las provincias con mayor producción de este cultivo Manabí, Esmeraldas y Guayas.

En 2005 el Ministerio de Agricultura y Ganadería estimo que se cosecharon 1760 hectáreas en la costa, siendo 1298 hectáreas producidas en Guayas con una producción de 22248 T, 448 hectáreas en Manabí con una producción de 4861 T y 14 hectáreas en Esmeraldas llegando a producir 112 t. Además, se menciona que los rendimientos detallados fueron de 17,14 t/hectárea en Guayas, 10,85 t/hectárea en Manabí y 8 t/hectárea en Esmeraldas (Borbor y Suarez, 2007).

Por otro lado, los factores como el crecimiento, desarrollo, rendimiento, calidad de productos y además la resistencia a plagas y enfermedades están estrechamente relacionadas con la nutrición vegetal. Es por esto que el análisis nutricional de las plantas por medio de la valoración visual es muy importante, ya que cuenta con ventajas como el ser realizada directamente en campo, de forma rápida y barata, otorgando la posibilidad de realizar una comparación de los síntomas de la falta nutricional que son detectados con los padrones de cada nutriente expuestos en la literatura (Zelia et al., 2017).

La carencia de micronutrientes en las plantas resulta como una disminución en su rendimiento, producción y contribución nutricional. Por esto la orientación de la agricultura en la actualidad busca la opción de generar nuevos esquemas que integren una agricultura amigable con el medio ambiente, tomando en cuenta la nutrición que será aportada y mejorando la salud humana mediante métodos como la biofortificación que contribuye mayores características nutricionales a los productos alimenticios y de igual manera favorece a la economía de los agricultores (Saltos, 2016).

Para generar un aumento en el rendimiento de los cultivos, existen opciones como la disminución de los factores de estrés, al igual que la ampliación del área cultivada, la utilización de moléculas de señalización. El ácido salicílico se considera como una de estas moléculas, ya que llega a ser capaz de generar efectos positivos en los cultivos a nivel celular y benefician su

progreso. El ácido salicílico (AS) actúa en actividades fenológicas como la resistencia a patógenos, termogénesis, crecimiento de raíces, inducción de floración y absorción de nutrientes. Generalmente el AS a nivel celular reduce y elimina el estrés en la planta, además, aumenta el rendimiento y calidad de los frutos (Vázquez Díaz et al., 2016).

De igual manera las aplicaciones exógenas de yodo en programas de biofortificación, aumenta la capacidad antioxidante de las plantas en el momento de generar distintas estimulaciones de las enzimas detoxificadoras de especies reactivas de oxígeno, de igual manera se genera un aumento de ascorbato debido a una intensificación de la actividad enzimática del ciclo ascorbato-glutation. Las aplicaciones de yodo agrícola pueden tornarse un manejo eficaz para controlar distintos estreses que se presentan en las plantas (Leyva et al., 2008).

En México, el Colegio de Posgraduados ha llevado a cabo estudios referentes al efecto del ácido salicílico en el crecimiento de la raíz y biomasa total de plántulas de trigo mediante aspersiones junto con controles con aplicaciones de agua durante 5 días. En el transcurso de 10 días se realizó la recolección de las plántulas y los resultados mostraron que el ácido salicílico mejoró el peso fresco de la raíz, altura y peso fresco de la biomasa, referente a la comparación de la muestra de control (Haas-Tucuch et al., 2015).

Larqué-Saavedra et al. (2010) menciona que la aplicación de ácido salicílico en plantas puede llegar a promover el efecto de enraizamiento y cierre estomático, además, las aplicaciones de esta molécula interactúan beneficiosamente en estados de estrés como sequía, fitotoxicidad y bajas temperaturas. Mediante investigaciones acerca del desarrollo del tallo y raíz del tomate con la aplicación de ácido salicílico se determinó que existen diferencias en longitud, perímetro y área de la raíz en comparación al testigo, se reconoce que un 43% de incremento en los parámetros analizados en comparación al testigo se obtuvieron con una concentración de 1.0 μM de ácido salicílico, por otro lado, las concentraciones de 0.01 μM tuvieron un aumento del 18% de los parámetros estudiados.

Según Cortés-Flores et al. (2016) la aplicación de yodo en el cultivo de pimiento morrón aporta ventajas como el incremento de las concentraciones de este elemento en las plantas, con fines de biofortificación e incremento de tolerancia a distintos tipos de estrés por el aumento en la capacidad antioxidante. Durante la investigación que se llevó a cabo sobre el efecto del yodo para el desarrollo del crecimiento y la concentración de minerales en plántulas de pimiento morrón se determinó que las plántulas reflejaron una mejora en la altura de la planta,

diámetro de tallo y área foliar. Además, se determinó que, al incrementar las concentraciones de yodo, la altura de la plántula disminuyó, de igual manera en concentraciones altas los bordes de las hojas reflejaron indicios de toxicidad. Se concluye que el aumento de altura en la planta se debe al efecto antioxidante del yodo. Este efecto antioxidante se sujeta a la concentración del yodo en el medio de crecimiento.

1.2 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

1.2.1 Pimiento (*Capsicum annuum*)

El pimiento (*Capsicum annuum*) se origina en las zonas andinas de América, situado en Ecuador, Bolivia, México, Chile, Colombia, Argentina. Siendo esta una planta herbácea, semileñosa, hojas con forma oval lanceoladas, raíces adventicias, tallo erecto y ramificado (García et al., 2015). Se desarrolla a una altura optima de 900 a 1800 msnm hasta los 2000 msnm dependiendo de la variedad. La temperatura óptima para el desarrollo de la planta es de 20 a 25 °C, las temperaturas que rondan los 10 a 15 °C provocan un retraso en el crecimiento vegetativo y temperaturas superiores a 30 °C ocasionan la caída de flores (Borbor y Suarez, 2007).

1.2.2 Importancia económica

El cultivo de pimiento en el Ecuador representa una aportación importante a la economía de los agricultores debido a la adaptación que tiene el cultivo a las características climáticas y geográficas de las zonas en las que es cultivado. Las mayores producciones de este cultivo se encuentran en provincias como Guayas, Santa Elena, Manabí, El Oro, Imbabura, Chimborazo y Loja. Se conoce que la cantidad de pimiento exportado de Ecuador a Estados Unidos en los años de 2006 y 2007 fue de 96,3 toneladas (Vaca, 2021).

1.2.3 Biofortificación

Los avances en la agricultura han logrado satisfacer distintas necesidades nutricionales para la población de distintos países. No obstante, en los últimos años se han generado cambios en los que la agricultura debe proporcionar una mayor cantidad de nutrientes, calorías y vitaminas para disminuir la hambruna. La biofortificación es el proceso de incorporación de nutrientes a los cultivos, además, otorga un medio rentable, sostenible y a largo plazo para la suministración de micronutrientes. El fin de la biofortificación es buscar administrar una mayor cantidad de micronutrientes a distintas variedades que ya cuentan con rasgos agronómicos y de alto consumo para lograr un mayor rendimiento (Bouis et al., 2013).

La biofortificación se centra en el aumento a nivel genético del contenido mineral que se encuentra biodisponible en los cultivos alimenticios, además, los cultivos que son enriquecidos con micronutrientes llegan a ser más tolerantes a enfermedades. El desarrollo de los distintos cultivos biofortificados ha demostrado que existen mejoras en su eficiencia de crecimiento en suelos carentes a composiciones minerales o no disponibles. (Mulualem, 2015).

1.2.4 Yodo Agrícola

El yodo es considerado importante en el metabolismo antioxidante de las plantas, de igual manera, en humanos el yodo es fundamental para el metabolismo de las tiroides, aumento de capacidades cognitivas y menores riesgos en el desarrollar algunos tipos de cáncer, por esta razón se busca agregar el yodo a la alimentación humana de distintas maneras como la sal yodada, o el aporte de yodo en distintas técnicas de fertilización como método de biofortificación en cultivos (Medrano et al., 2016).

Se conoce que la interacción que existe entre el yodo y los componentes orgánicos e inorgánicos del suelo aumenta la fijación, menora la tasa de volatilización y disminuye su biodisponibilidad. La interacción que existe entre el yodo con la materia orgánica, óxidos metálicos y arcillas ocasiona una fijación del compuesto al suelo y cambia la concentración de yodo soluble en agua disponible para las plantas. La mayor cantidad de yodo soluble en el suelo se puede encontrar como un potencial oxidorreductor bajo y de menor manera oxidante (Fuge y Johnson, 2015).

La disponibilidad del yodo en el suelo está relacionada estrechamente con la materia orgánica presente en el medio, la materia orgánica se identifica como un almacenamiento con gran capacidad que menora la tasa de disipación del yodo por medio de la creación de enlaces covalentes entre átomos de carbono y el yodo. Este proceso de reacción es el resultado de una sustitución electrofílica de hidrógeno por yodo en un anillo fenólico. Además, los microorganismos presentes en el suelo tienen la capacidad de acelerar este proceso por medio de la acción de las enzimas lacasas que oxidan (Shimamoto et al., 2011).

1.2.5 Yodo en la planta

El yodo tiene la capacidad de ser asimilado por la raíz de la planta, en estructuras aéreas por medio de los estomas al igual que por las ceras cuticulares con alto grado de insaturación y gran capacidad de asimilación de manera disuelta o de forma gaseosa como I_2 y CH_3 . Una vez que el yodo ingresó a la planta se conduce por el xilema, hallando una redistribución baja por medio del floema, por esta razón se acumula en mayor proporción en hojas que en frutos o

semillas. No obstante, en plantas de lechuga que se han sometido a tratamientos con yodo + SeO_4^{2-} (selenato) por medio de aspersión foliar, han demostrado evidencia de transporte de yodo desde las hojas hasta las raíces provocando una mejor absorción de SeO_4^{2-} por las hojas en comparación a plantas que únicamente fueron tratadas con Se (Smoleń et al., 2014).

En el momento en el que el yodo es absorbido, transportado y almacenado en distintos órganos de la planta, el yodo no es estable, la planta tiende a volatizar el yodo de manera de yoduro de metilo utilizando enzimas ion haluro metiltransferasa y haluro/tilo metiltransferasa con actividad de metil transferasa dependiente de S-adenosilmetionina. La volatilización tiende a ser más rápida en el momento en el que el yodo incrementa su concentración en el sustrato y sucede en todos los órganos, en el cultivo de arroz, la concentración de yodo menora significativamente a partir de los 14 días de aplicación (Itoh et al., 2009).

El éxito de la biofortificación de los cultivos está relacionada a la técnica de aplicación de yodo, la aplicación en plantas de tomate tiene un efecto positivo, otorgando una vida útil extendida, además, tiene un efecto positivo sobre la biomasa aérea, disminuye el peso de la planta y acelera la floración con mayores rendimientos (Landini et al., 2011). No obstante, en plantas de tomate que han sido tratadas con aplicaciones de yodo en concentraciones que superen los 50 mg kg^{-1} se notó que el crecimiento disminuye, al igual que disminuye el ácido ascórbico (Hong et al., 2008).

1.2.6 Ácido Salicílico

El ácido salicílico es considerado una hormona vegetal, conforma al grupo de los compuestos fenólicos, forma parte de procesos como la germinación de semillas, regulación del crecimiento y desarrollo celular de los órganos de la planta, cierre de estomas, expresión de genes asociados a senescencia al igual que la interacción planta-patógenos e inducción de resistencia a distintos tipos de estreses ambientales. Por medio de investigaciones se ha comprobado que el ácido salicílico llega a estimular la biosíntesis de compuestos fenólicos y la capacidad antioxidante en los frutos (Khalili et al., 2010).

1.2.7 Ácido Salicílico en la planta

Los efectos del ácido salicílico en la planta fluctúan por factores como el modo de aplicación, concentración, condiciones ambientales, especie vegetal y órganos (INTAGRI, 2018). En cultivos hortícolas como pepino, tomate, pimiento morrón y chile habanero se notan incrementos de la productividad, aumentando el crecimiento radicular, el cual es un factor de mejoramiento a la absorción de nutrientes y agua (Larqué-Saavedra & Martín-Mex, 2007).

Otros efectos del ácido salicílico como el mejoramiento de la eficiencia de la carboxilación y la activación del nitrato reductasa en plantas de *Brassica juncea* al igual que en *Petunia hybrida*, las aplicaciones de 1 μM de ácido salicílico aumenta en un 72% el número de flores por planta, en Carica papaya se identificó un aumento del 20% de flores hermafroditas con dosis de 0.01 μM (Nexticapan-Garcéz et al., 2010).

En plantas de chile habanero el ácido salicílico es capaz de modificar el tamaño de las raíces, otorgando una mayor capacidad de absorción para llevar a cabo un mejor acopio de macro y micronutrientes, reflejando resultados en el incremento de la producción, calidad de los frutos y desarrollo vegetativo de la planta (Vázquez Díaz et al., 2016).

Según Vázquez Díaz et al. (2016) las plántulas de *Lycopersicon esculentum* Mill. que se encuentran bajo tratamientos de ácido salicílico en concentraciones de 0.01 y 1 μM adquieren un mejor desarrollo a nivel radicular, de igual manera en plantas del género *Capsicum* en bajas aplicaciones de ácido salicílico los brotes de las plántulas adquieren un crecimiento positivo, similar al desarrollo de sus raíces lo que favorece la asimilación de nutrientes que se acumulan en los distintos tejidos vegetales. En la investigación que Vázquez Díaz et al. (2016) llevo a cabo señala que a las raíces de las plántulas de tomate que estuvieron sometidas en soluciones de ácido salicílico originaron raíces secundarias, fenómeno el cual no se presentó en raíces que estuvieron bajo crecimiento con dosis de únicamente agua.

Por otro lado, los tratamientos en plantas de *Capsicum annum* que tuvieron interacciones con ácido salicílico en concentraciones de 0.1 y 0.2 μM mostraron un aumento de la biomasa foliar, raíz y frutos (Vázquez Díaz et al., 2016). Además, investigaciones similares argumentan que concentraciones de ácido salicílico de 10-8 μM en sinergia junto con una fertilización que incluye N, P y K (190 mg L⁻¹ de N-P₂O₅-K₂O) aumentan factores en la planta como la altura, número de hojas y longitud radical en plántulas de chile habanero (Rivas & Plasencia, 2011).

1.3 HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

1.3.1 Hipótesis

H1: Al menos uno de los tratamientos de yodo agrícola o ácido salicílico tendrán un efecto biofortificante en plántulas de pimiento.

1.3.2 Objetivo general

Evaluar el efecto del yodo y ácido salicílico en la biofortificación en plántulas de pimiento (*Capsicum annuum*).

1.3.3 Objetivos específicos

- Determinar el mejor producto de yodo agrícola y ácido salicílico para la biofortificación de las plántulas de pimiento.
- Establecer la dosis adecuada de yodo agrícola y ácido salicílico para la biofortificación en plántulas de pimiento.
- Identificar el efecto del yodo agrícola y ácido salicílico en el desarrollo de plántulas de pimiento.

CAPÍTULO II

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO

El estudio se realizará en la parroquia de San Francisco de Borja perteneciente al Cantón Quijos, provincia de Napo. La parroquia se encuentra ubicada en las coordenadas geográficas: 0° 25' 0 S de latitud y 77° 49' 60 O de longitud, con una altitud de 1500 msnm (Borja, 2020).

2.2 CARACTERÍSTICAS DEL LUGAR

2.2.1 Clima

2.2.1.1 Temperatura

La temperatura media anual de la parroquia es de 20° C, el registro de temperaturas máximas muestra temperaturas de 27° C y se dan en los meses de febrero, marzo y abril, por otro lado, los meses con temperaturas bajas son abril y agosto, con temperaturas de 17° C y 18,5° C.

2.2.1.2 Precipitación

En las zonas de la parroquia se registra una precipitación anual de 1206,08 mm/año.

2.2.1.3 Humedad Relativa

Los valores de humedad relativa anual parten desde un 85% a un 88% y en zonas bajas puede llegar a un 90% en los meses de abril y agosto.

2.2.1.4 Vientos

En la parroquia se registró una velocidad mayor a un promedio de 8 m/s. En la zona baja de la zona se presentan velocidades con un promedio de 2.62 km/h (GAD MUNICIPAL DE QUIJOS, 2019).

2.2.2 Suelo

El suelo que se presenta en la parroquia cuenta con una textura franco-arcillosa, con un pH ligeramente ácido de 5.45 a 6.10, con un peso específico de 1,35-1,49 g/cm³ debido a su textura y altos niveles de precipitaciones (MAGAP, 2015).

2.2.3 Agua

El sistema hídrico de la zona se conforma por el afluente del río Quijos con un promedio de caudal de 577,25 m³/seg, se origina en el costado Oriental de la cordillera de los Andes, la cual es una zona de alta precipitación (Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias, 2020).

2.3 EQUIPOS Y MATERIALES

2.3.1 Materiales

- Plántulas de pimiento
- Rótulos
- Estanterías de madera
- Registro
- Yodo agrícola (Yodosofer SL)
- Ácido salicílico (KLINT)
- Jeringa de 5 ml
- Sarán
- Etiquetas

2.3.2 Equipos

- Probeta
- Calibrador
- Flexómetro
- Computador
- Cámara fotografía
- Bomba de aspersión, tipo mochila

2.4 FACTORES DE ESTUDIO

2.4.1 Productos

- Yodo agrícola P1
- Ácido salicílico P2

2.4.2 Dosis

- 0,5 cc/L D1
- 1 cc/L D2
- 1,5 cc/L D3

2.4.3 Testigo

- Aplicación de agua TESTIGO

2.5 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

2.5.1 Tratamientos

Tabla 1. Tratamientos

TRATAMIENTO	SIMBOLOGÍA	DESCRIPCIÓN
1	P1D1	Yodo agrícola-Dosis 0,5 cm ³ /L
2	P1D2	Yodo agrícola-Dosis 1 cm ³ /L
3	P1D3	Yodo agrícola-Dosis 1,5 cm ³ /L
4	P2D1	Ácido salicílico-Dosis 0,5 cm ³ /L
5	P2D2	Ácido salicílico-Dosis 1 cm ³ /L
6	P2D3	Ácido salicílico-Dosis 1,5 cm ³ /L
7	T	Sin aplicación

2.6 DISEÑO EXPERIMENTAL

Se utilizó el diseño experimental de bloques al azar en arreglo factorial de 3x2+1 con tres repeticiones.

2.7 MANEJO EXPERIMENTAL

El manejo del experimento dio inicio con el armado de las estructuras de estanterías, en donde fueron colocadas las plántulas de pimiento. Se asignaron zonas correctamente distanciadas para cada tratamiento con su debida identificación. Las soluciones de yodo y ácido salicílico se prepararon posterior al establecimiento de los tratamientos. Todo el proceso de investigación se realizó bajo cubierta plástica y los tratamientos fueron protegidos con sarán para mantener un ambiente fresco.

2.7.1 Construcción de mesas

La construcción de las mesas comenzó con la clasificación de los materiales, los cuales fueron caña guadua para formar estacas que sirvieron de base, posteriormente se necesitaron soportes de madera para constituir la estructura y tablas de madera para la cobertura de las estanterías. Por último, se colocó sarán a 1,80 m de altura.

2.7.2 Determinación de zonas de tratamiento

Para determinar las zonas de los distintos tratamientos se colocaron etiquetas con el nombre del tratamiento en cada vaso que contiene a la plántula de pimiento, además se separó cada tratamiento por rótulos que de igual manera mostraron el nombre del tratamiento.

2.7.3 Adquisición de plántulas

La adquisición de las plántulas se realizó en la pilonera Israel, al momento que presentaron 7 cm de altura.

2.7.4 Trasplante.

El trasplante de las plántulas se llevó a cabo en vasos plásticos de 475 ml con un sustrato natural obtenido de bosques de guadua. La ubicación de las plántulas en las mesas se realizó en horas de la mañana para evitar exposiciones al sol innecesarias.

2.7.5 Aplicación de tratamientos.

Se aplicaron los tratamientos de acuerdo a las dosis de 0,5, 1 y 1,5 cc/L una vez por semana durante cuatro semanas, el volumen de solución aplicada será 150 cc.

2.7.6 Riegos

Los riegos se realizaron de acuerdo a las condiciones climáticas manteniendo el sustrato a capacidad de campo.

2.7.7 Control de plagas y enfermedades

No se realizaron control de plagas y enfermedades debido a la ausencia de las mismas.

2.7.8 Fertilización

No se realizó la fertilización para evitar fluctuaciones en los resultados finales del trabajo experimental.

2.8 VARIABLES RESPUESTA

En el proceso del trabajo se valoraron cinco variables, desde el primer día (fase inicial) hasta los treinta días (fase final) después de iniciar el ensayo. Se analizaron parámetros como:

2.8.1 Volumen de raíz

Se determino el volumen de la raíz transcurridos cuarenta días desde el trasplante a los vasos plásticos, se valoró cinco plantas al azar utilizando el método volumétrico.

2.8.2 Longitud de raíz

La longitud de la raíz fue evaluada de cinco plantas al azar de cada tratamiento posterior a los cuarenta días del trasplante a los vasos plásticos, se tomó medidas desde el cuello de la planta hasta el ápice de la raíz con la ayuda de una regla graduada en cm.

2.8.3 Número de hojas

Se contabilizó el número de hojas de cinco plantas al azar por parcela a los cuarenta días del trasplante a los vasos plásticos.

2.8.4 Altura de la planta

Se estableció la altura de la planta a los cuarenta días de iniciado el ensayo, se tomaron en cuenta cinco plantas al azar, tomando medidas desde la base hasta el ápice de la planta con ayuda de un flexómetro y el valor se expresó en centímetros.

2.8.5 Grosor del tallo

Se determinó el grosor del tallo de cinco plantas al azar de cada parcela a los cuarenta días transcurridos desde el inicio de la investigación, con ayuda de un calibrador a dos centímetros de la base de la planta.

2.9 PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Una vez obtenidos los datos sobre la eficiencia de los productos en el proceso de biofortificación, estos fueron sometidos a un análisis de varianza y las variables que mostraron diferencias estadísticas y significativas pasaron a una comparación por medio de prueba Tukey ($p < 0,05$) con la utilización del programa InfoStat.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Volumen de raíz

En contexto a la variable volumen de raíz y realizado el análisis de varianza, Tabla 2, se pudo determinar que existe un coeficiente de variación de 11,81%, además, el valor de F en tratamientos al culminar el trabajo experimental muestra un valor mayor al 0,05%, lo que indica que no es significativo por lo cual se concluye que no existen diferencias estadísticas, sino, únicamente diferencias numéricas.

Tabla 2. Análisis de varianza para la variable volumen de raíz.

F. V	S.C	G. L	CM	F
Total	0,42	20		
Tratamiento	0,19	6	0,03	2,11 NS
Error	0,18	12	0,01	

CV: 11,81 NS= no significativo *= significativo al 5% **= significativo al 1%

Por otro lado, en el Gráfico 1, se puede notar que no existió una diferencia estadística, pero se observó algunas variables numéricas. Se describen las medias de cada tratamiento al culminar el trabajo experimental, ubicados de manera descendente de mayor a menor se puede describir que el tratamiento P2D2 es el que muestra un mayor desarrollo en volumen radicular, seguido del tratamiento P2D3 y como valor de media mínima se encuentra el tratamiento P1D3.

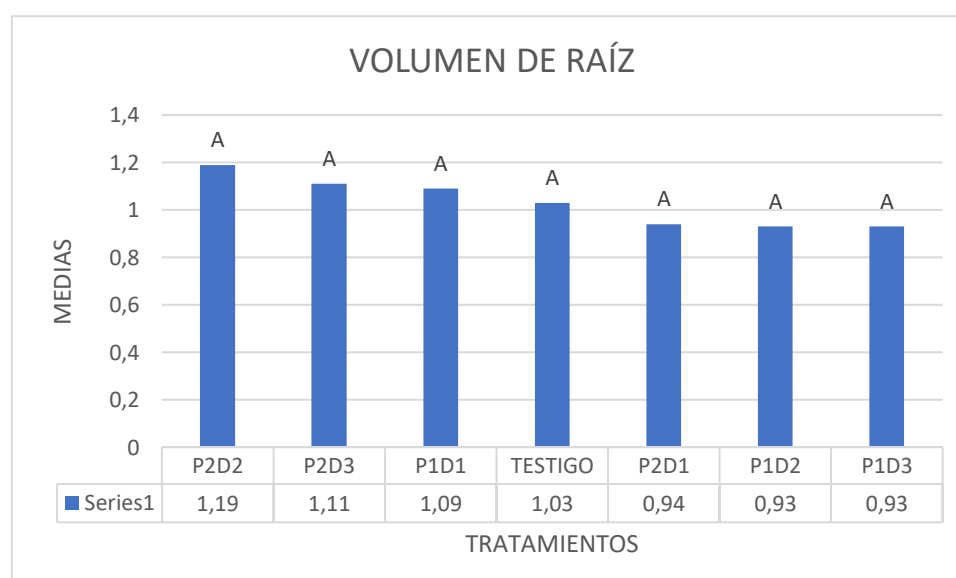


Gráfico 1. Medias de los tratamientos para la variable volumen de raíz.

3.2 Longitud de raíz.

El estudio de la variable longitud de raíz, en la Tabla 3, nos muestra que el análisis de varianza, registra distintas diferencias estadísticas, un coeficiente de variación de 8,23%, además, encontramos valores de F en tratamientos de 6,57, lo cual muestra que es significativo al 1%, por otro lado, en la variable productos se muestra un valor de F de 9,21, el mismo que muestra significancia al 5%. Por último, el factor productos*dosis muestra una significancia al 1% al tener un valor de F de 9,53.

Tabla 3. Análisis de varianza para la variable volumen de raíz.

F. V	S.C	G. L	CM	F
Tratamientos	47,29	6	7,88	6,57**
Productos	13,90	1	13,90	9,21*
Productos*Dosis	28,79	2	14,40	9,53**

CV: 8,23 NS= no significativo *= significativo al 5% **= significativo al 1%

En contexto a lo manifestado, en el Gráfico 2, encontramos una diferencia estadística entre tratamientos, se describe que el mejor tratamiento para el desarrollo de la longitud de raíz es P2D3 con una media de 15,31, el cual describe la utilización de ácido salicílico con una dosis de 1,5 cm³/L. Este tratamiento tiene una diferencia estadística con el testigo que rodea la media de 13,87. De igual manera en el trabajo experimental de Larqué-Saavedra et al., (2010), que explica el efecto del ácido salicílico en el crecimiento de plántulas de tomate, se menciona que, en el desarrollo de la raíz, específicamente en su longitud se encontró un aumento significativo al utilizar concentraciones de 1.0 µM, lo cual provocó un incremento de 43% en relación al testigo. Como último punto el tratamiento que demostró menores resultados y una diferencia estadística acorde a la variable estudiada es P1D2 que describe la utilización de yodo agrícola a una dosis de 1 cm³/L.

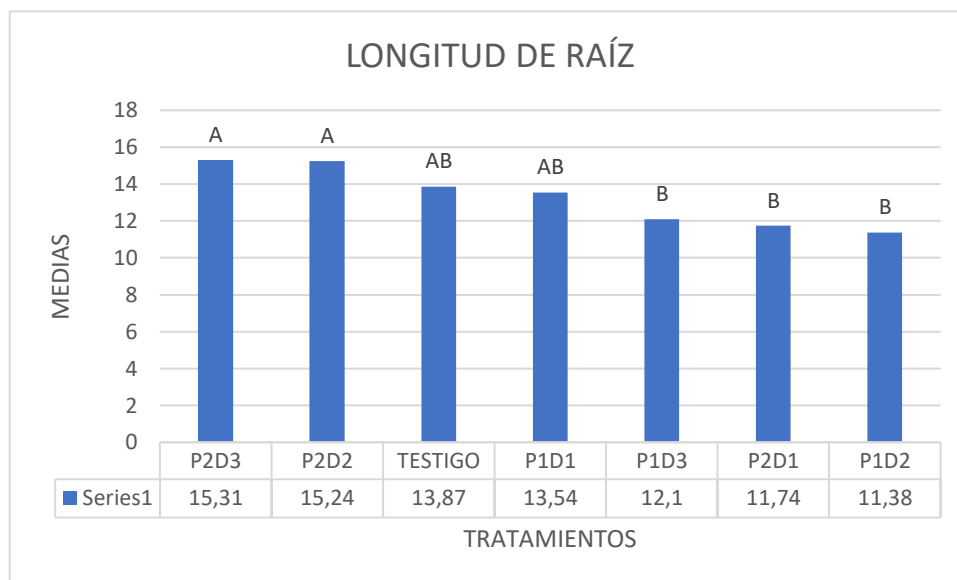


Gráfico 2. Medias de los tratamientos para la variable longitud de raíz.

3.3 Número de hojas

El análisis de los datos de la variable número de hojas han mostrado significancia en tres parámetros como nos muestra la Tabla 4, los parámetros nombrados son tratamientos, productos y productos*dosis, lo cual nos demuestra que existieron diferencias estadísticas que superan al 1% y al 5% según prueba Tukey. En tratamientos encontramos un valor de F de 8,70 y muestra una significancia al 1%; productos muestra un dato de F de 8,09 lo que se refiere a una significancia al 5% y por último el factor productos*dosis describen un valor de F de 10,17 reflejando una significancia al 1%. Además, el coeficiente de variación es de 4,39.

Tabla 4. Análisis de varianza para la variable número de hojas.

F. V	S.C	G. L	CM	F
Tratamientos	17,09	6	2,85	8,70**
Productos	3,92	1	3,92	8,09*
Productos*Dosis	9,85	2	4,93	10,17**

CV: 4,39 NS= no significativo *= significativo al 5% **= significativo al 1%

En el Gráfico 3, se puede manifestar que únicamente el tratamiento P1D3, el cual describe la utilización de yodo agrícola a una dosis de 1,5 cm³/L, muestra una diferencia estadística menor al resto de los tratamientos, los cuales marcan únicamente diferencias numéricas entre sí, siendo el más apto el P2D3 que representa la utilización de ácido salicílico con una dosis de

1,5 cm³/L, de igual manera Sánchez-Chávez et al., (2011), explica que en su trabajo experimental que trata sobre el efecto del ácido salicílico sobre la biomasa, actividad fotosintética, contenido nutricional y productividad del chile jalapeño se utilizó concentraciones de 0,1 y 0,2 mM de AS y se obtuvo un aumento del 43 y 36% en la producción de biomasa foliar y en raíz respectivamente. No obstante, en relación al tratamiento P2D3 y el testigo existe una diferencia numérica de 0,73 décimas. Lo cual nos indica que las concentraciones utilizadas pueden marcar una diferencia, pero estadísticamente el mejor tratamiento es similar al testigo, en el cual se utilizó únicamente agua.

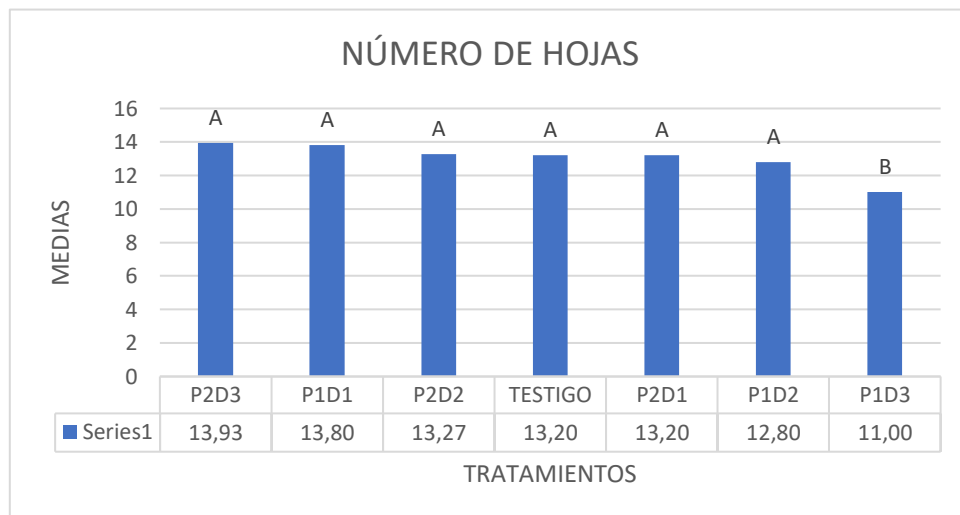


Gráfico 3. Medias de los tratamientos para la variable número de hojas.

3.4 Altura de planta

El análisis de varianza de la variable altura de planta según la Tabla 5, nos muestra que en las variables tratamientos, productos y producto*dosis existe una significancia al 1%, además, se conoce que el coeficiente de variación se de 8,01.

Tabla 5. Análisis de varianza para la variable altura de planta.

F. V	S.C	G. L	CM	F
Tratamientos	203,98	6	34,00	12,96**
Productos	126,94	1	126,94	34,22**
Productos*Dosis	59,99	2	29,99	8,09**

CV: 8,01 NS= no significativo *= significativo al 5% **= significativo al 1%

Según los resultados expuestos mediante prueba Tukey, encontramos en el Gráfico 4 existen diferencias estadísticas entre tratamientos y el testigo, siendo el mejor método que influye en la variable altura de planta P2D3, el cual describe la utilización de ácido salicílico con una dosis de 1,5 cm³/L y muestra un crecimiento de 23,87 cm de media. Con una variable estadística al tratamiento P1D2, en el cual se utilizó yodo agrícola con una dosis de 1 cm³/L y se muestra una media de altura de 18,27 cm. Como tratamiento que mostró el menor desarrollo se encuentra a P1D3 que muestra la utilización de yodo con una dosis de 1,5 cm³/L y con una media de crecimiento de 13,97 cm. Conociendo esto se puede interpretar que al igual que en el trabajo experimental de Cortés-Flores et al., (2016), se muestra una reducción de crecimiento en las plántulas en relación al incremento de la dosis de yodo, se puede concluir que en los efectos positivos de crecimiento de la planta en los tratamientos con yodo se debe a un efecto antioxidante del compuesto aplicado, lo cual, llega a mejorar la adaptación de la planta al entorno.

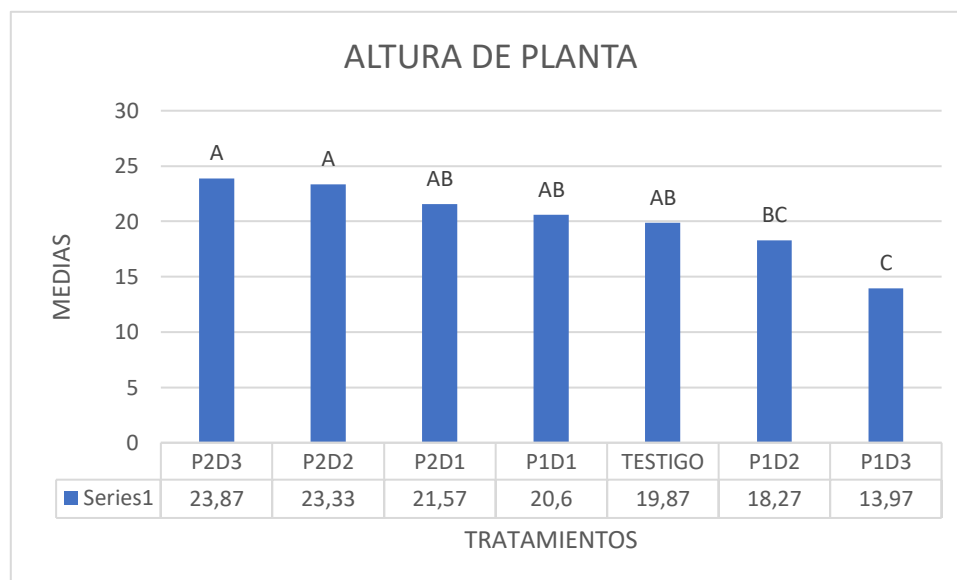


Gráfico 4. Medias de los tratamientos para la variable altura de planta.

3.5 Grosor de tallo

El análisis de la varianza de la variable grosor de tallo en la Tabla 6, encontramos un coeficiente de variación de 11,97, además, cuatro factores que muestran un distinto porcentaje de significancia, en bloques encontramos un valor de F de 5,24, lo cual muestra una significancia al 5%, en tratamientos encontramos un valor de F de 6,59, mostrando el 1% de significancia, en el factor productos hallamos un valor de 8,05 al 5% de significancia y por último en productos*dosis el valor de F es 5,58 con un 5% de significancia.

Tabla 6. Análisis de varianza para la variable grosor de tallo.

F. V	S.C	G. L	CM	F
Bloques	0,01	2	0,01	5,24*
Tratamientos	0,04	6	0,01	6,59**
Productos	0,01	1	0,01	8,05*
Productos*Dosis	0,02	2	0,01	5,58*

CV: 11,97 NS= no significativo *= significativo al 5% **= significativo al 1%

En el Gráfico 5, se describe que existe una diferencia estadística entre los tratamientos P2D3, P2D1, P1D2 y P1D3. Como opción más favorable y que lleva a un mejor desarrollo del grosor del tallo se nombra al tratamiento P2D3 con una media de 0,31 cm que explica la utilización de ácido salicílico con una dosis de 1,5 cm³/L, cave recalcar que entre el tratamiento mencionado y el testigo únicamente existe una diferencia numérica, lo cual indica una similitud de efecto. Como menor desarrollo en la variable grosor de tallo se encuentra el tratamiento P1D3 con una media de 0,17.

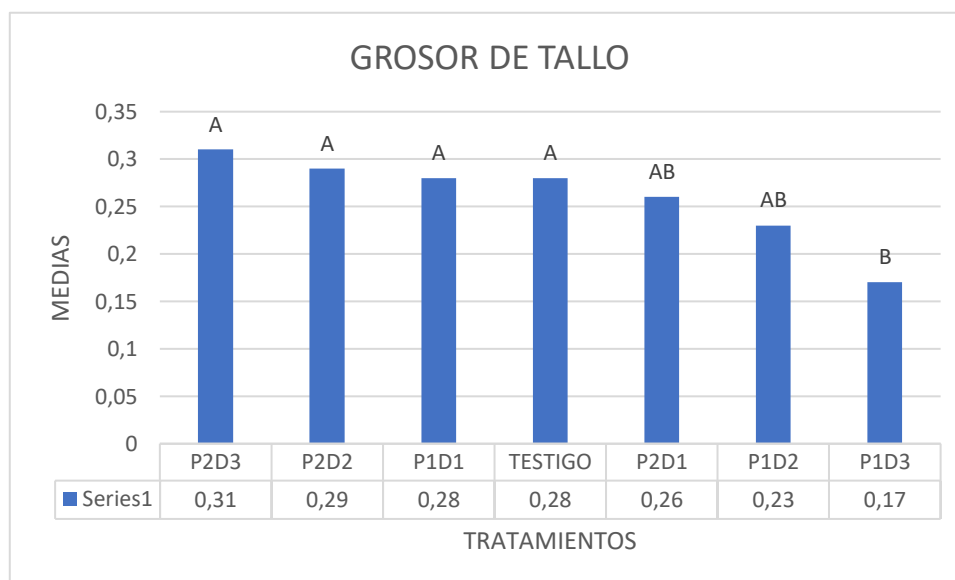


Gráfico 5. Medias de los tratamientos para la variable grosor de tallo.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Se evaluaron los distintos efectos del yodo y ácido salicílico como biofortificantes en plántulas de pimiento (*Capsicum annuum*) y se menciona que ambos productos llegan a afectar de manera positiva y negativa a las plantas, los resultados obtenidos en el trabajo experimental muestran que los tratamientos que utilizan ácido salicílico como el tratamiento P2D3 (ácido salicílico+1,5 cc/L), tienen un efecto que potencializa el desarrollo de las plantas en las variables estudiadas, por otro lado, el yodo en altas dosis ha demostrado tener un efecto retardante en el crecimiento de la planta según muestran el tratamiento P1D3 (Yodo agrícola+1,5 cc/L).
- Se determinó mediante los resultados obtenidos en las variables estudiadas que los tratamientos P2D3 y P2D2 que utilizan ácido salicílico a dosis de 1,5 cc/L y 1 cc/L correspondientemente tienen un mayor efecto en la biofortificación en plántulas de pimiento (*Capsicum annuum*), por ende, el producto con mayor aceptación es el ácido salicílico en presentación comercial como aspirina lavetec, con una concentración al 20% de ácido acetilsalicílico por cada 100 ml de solución del producto.
- Se estableció que los resultados de las aplicaciones de ácido salicílico responden correctamente a dosis de 1,5 cc/L siendo el mejor y 1 cc/L en orden consecutivo para llegar a un mayor desarrollo de las plántulas. Por otro lado, en las plántulas de pimiento tratadas con yodo, se observó que las mayores dosis del estudio, (1,5 cc/L) afectaban a factores como el crecimiento de tallo, raíces y hojas. Y dosis de 0,5 cc/L tenían un efecto contrario y favorecían a las plántulas al no detener su desarrollo.
- Se identificó en campo y de manera estadística que los efectos que otorga el ácido salicílico en plántulas de pimiento (*Capsicum annuum*), influyen a nivel de elongación de tallos, al igual que se presenciaron un grosor de tallo mayor al testigo y a los tratamientos que contenían yodo, existió un mayor número de hojas y en la zona radicular se presentó un mayor volumen y longitud de raíz, mostrando abundantes pelos absorbentes y raíces superficiales en la parte baja del tallo. Por otro lado, en plántulas tratadas con yodo se observó que este causaba un retraso o detenía el crecimiento general de la plántula, mostrando en la zona foliar un amarillamiento en los tratamientos con altas dosis de yodo como el tratamiento P1D3 con una dosis de 1,5 cc/L, además, en la misma dosificación a nivel radicular se presentó escases de raíces superficiales y

pelos absorbentes, lo cual impedía un mayor anclaje y absorción de agua y nutrientes por parte de la planta. No obstante, en tratamientos de yodo como el PID1 que describe una dosis de 0,5 cc/L las características a nivel de tallo, hojas y raíces, eran similares al testigo o lo superaban en ocasiones.

4.2 Recomendaciones

- Se recomienda realizar estudios de la acción del yodo y ácido salicílico en distintas dosificaciones y formas de aplicación como fungicida e insecticida en la etapa del crecimiento vegetativo.
- Es recomendable alternar el uso de los biofortificantes con productos biológicos que favorezcan al desarrollo de la planta y obtener mayores resultados.
- Los resultados del presente estudio experimental serán utilizados como bases de estudio y de futuras investigaciones como antecedentes para el desarrollo del conocimiento de la población. De esta manera se diversificarán las técnicas y métodos de biofortificación en distintas plantas similares a la estudiada.

4.3 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Borbor, A., & Suarez, G. (2007). Producción de tres híbridos de pimiento (*Capsicum Annuum*) a partir de semillas sometidas a imbibición e imbibición más campo magnético en el campo experimental río verde, cantón Santa Elena [UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA]. In *Universidad Estatal Peninsula De Santa Elena: Vol. tesis*. [https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/901/1/BORBOR NEIRA ALBERTO Y SUÁREZ SUÁREZ GARDENIA.pdf](https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/901/1/BORBOR_NEIRA_ALBERTO_Y_SUÁREZ_SUÁREZ_GARDENIA.pdf)
- Borja, G. S. (2020). *Ubicación Geográfica*. Obtenido de <https://gadprborja.gob.ec/napo/ubicacion-geografica/>
- Bouis, H., Low, J., McEwan, M., & Tanumihardjo, S. (2013). Biofortification: Evidence and lessons learned linking agriculture and nutrition. In *FAO and WHO*. http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/agn/pdf/Biofortification_paper.pdf
- Cortés-Flores, C., Rodríguez-Mendoza, M. N., Benavides-Mendoza, A., García-Cué, J. L., Tornero-Campante, M., & Sánchez-García, P. (2016a). El yodo aumenta el crecimiento y la concentración de minerales en plántulas de pimiento morrón. *Agrociencia*, 50(6), 747–758. <https://www.redalyc.org/pdf/302/30247467007.pdf>
- Fuge, R., & Johnson, C. C. (2015). Iodine and human health, the role of environmental geochemistry and diet, a review. *Applied Geochemistry*, 63, 282–302. <https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2015.09.013>
- GAD MUNICIPAL DE QUIJOS. (2019). *PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DEL CANTÓN QUIJOS*. Obtenido de <https://odsterritorioecuador.ec/wp-content/uploads/2019/04/PDOT-CANTON-QUIJOS-2014-2022.pdf>
- García, T., Coletto, J., & Velázquez, R. (2015). 14. Historias De La Plantas Ii: La Historia Del Pimiento. *La Agricultura y La Ganadería Extremeñas*, 241–254. <https://www.unex.es/conoce-la-uex/centros/eia/archivos/iag/2015/2015-14-historias-de-plantas-ii-la-historia-del.pdf>
- Haas-Tucuch, C., González-Alcántar, G., & Saavedra-Larqué, A. (2015). Efecto Del Ácido Salicílico En El Crecimiento De La Raíz Y Biomasa Total De Plántulas De Trigo. *Terra Latinoamericana*, 33(1), 63–68. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-

57792015000100063

- Hong, C. L., Weng, H. X., Qin, Y. C., Yan, A. L., & Xie, L. L. (2008). Transfer of iodine from soil to vegetables by applying exogenous iodine. *Agronomy for Sustainable Development*, 28(4), 575–583. <https://doi.org/10.1051/agro:2008033>
- INTAGRI. (2018). Efectos del Ácido Salicílico en los Cultivos. In *Serie Nutrición Vegetal Núm. 110. Artículos Técnicos de INTAGRI*. <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/efectos-del-acido-salicilico-en-los-cultivos>
- Itoh, N., Toda, H., Matsuda, M., Negishi, T., Taniguchi, T., & Ohsawa, N. (2009). Involvement of S-adenosylmethionine-dependent halide/thiol methyltransferase (HTMT) in methyl halide emissions from agricultural plants: Isolation and characterization of an HTMT-coding gene from *Raphanus sativus* (daikon radish). *BMC Plant Biology*, 9, 1–10. <https://doi.org/10.1186/1471-2229-9-116>
- Khalili, M., Hasanloo, T., Kazemi Tabar, S. K., & Sepehrifar, R. (2010). Effect of salicylic acid on antioxidant activity in milk thistle hairy root cultures. *Journal of Medicinal Plants*, 9(35), 51–60.
- Landini, M., Gonzali, S., & Perata, P. (2011). Iodine biofortification in tomato. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 174(3), 480–486. <https://doi.org/10.1002/jpln.201000395>
- Larqué-Saavedra, A., Martí-Mex, R., Nexticapan-Garcéz, Á., Vergara-Yoisura, S., & Gutiérrez-Rendón, M. (2010). Efecto del ácido salicílico en el crecimiento de plántula de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 16(3), 6. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1027-152X2010000300006
- Larqué-Saavedra, A., & Martín-Mex, R. (2007). Effects of salicylic acid on the bioproductivity of plants. *Salicylic Acid: A Plant Hormone*, 130, 15–23. https://doi.org/10.1007/1-4020-5184-0_2
- Leyva, R., Rodríguez, E., Ríos, J. J., Wilhelmi, M. M., Romero, L., Ruiz, J., & Blasco, B. (2008). *Sometidas a Estrés Salino*. <http://www.sech.info/ACTAS/Acta n° 66. V Jornadas del grupo de fertilización/Sesión 1. Cultivos Hortícolas/Efectos beneficiosos de la aplicación de yodo en plantas de lechuga sometidas a estrés salino.pdf>

- MAGAP. (2015). “LEVANTAMIENTO DE CARTOGRAFÍA TEMÁTICA ESCALA 1:25.000, LOTE 1”. Obtenido de COBERTURA Y USO DE LA TIERRA SISTEMAS PRODUCTIVOS ZONAS HOMOGENEAS DE CULTIVO: http://metadatos.sigtierras.gob.ec/pdf/Memoria_tecnica_Coberturas_QUIJOS_20150601.pdf
- Medrano, J., Martínez, P., Gonzáles, S., Juárez, A., & Benavides, A. (2016). *Uso de Yodo para Biofortificar y Promover Crecimiento y Tolerancia al Estrés en Cultivos _ Lector mejorado.pdf*. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01146>
- Mulualem, T. (2015). Application of Bio-fortification through Plant Breeding to Improve the Value of Staple Crops. *Biomedicine and Biotechnology*, 3(1), 11–19. <https://doi.org/10.12691/bb-3-1-3>
- Nexticapan-Garcéz, Á., Herrera-Tuz, R., Vergara-Yoisura, S., & Larqué-Saavedra, A. (2010). Revista mexicana de ciencias agrícolas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 3(8), 1637–1643. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342012000800013&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Rivas, M., & Plasencia, J. (2011). Salicylic acid beyond defence: its role in plant growth and development. *Journal of Experimental Botany*, 62(10), 3321–3338. <https://doi.org/10.1093/jxb/err031>
- Salto, D. (2016). *Universidad Técnica De Ambato Facultad De Ciencias Agropecuarias Maestría En Agroecología Y Ambiente [UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO]*. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/24351/1/tesis-056> Maestría en Agroecología y Ambiente - CD 438.pdf
- Sánchez-Chávez, E., Barrera-Tovar, R., Muñoz-Márquez, E., Ojeda-Barrios, D., & Anchondo-Nájera, Á. (2011). Efecto del ácido salicílico sobre biomasa, actividad fotosintética, contenido nutricional y productividad del chile jalapeño. *Revista Chapingo*, 17(Especial 1), 63–68.
- Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias. (2020). *Erosión Hídrica Regresiva en el tramo fluvial: Hidroeléctrica Coca Codo Sinclair – Río Napo*. Obtenido de <https://www.gestionderiesgos.gob.ec/wp-content/uploads/2021/06/SITREP-No-54-Erosion-Hidrica-NapoOrellana-12062021-2.pdf>

- Shimamoto, Y. S., Takahashi, Y., & Terada, Y. (2011). Formation of organic iodine supplied as iodide in a soil-water system in Chiba, Japan. *Environmental Science and Technology*, 45(6), 2086–2092. <https://doi.org/10.1021/es1032162>
- Smoleń, S., Kowalska, I., & Sady, W. (2014). Assessment of biofortification with iodine and selenium of lettuce cultivated in the NFT hydroponic system. *Scientia Horticulturae*, 166, 9–16. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2013.11.011>
- Vaca, J. (2021). “*PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DEL PIMIENTO MORRÓN (Capsicum annuum var. annuum) EN LA PROVINCIA DE IMBABURA*” [Universidad Técnica del Norte]. http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/11122/2/03_AGN_079_TRABAJO_GRADO.pdf
- Vázquez Díaz, D., Valenzuela García, J., Salas Pérez, L., Preciado Rangel, P., Segura Castruita, Á., & Gonzáles Fuentes, J. (2016). Efecto del ácido salicílico en la producción y calidad nutracéutica de frutos de tomate. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 17, 3405–3414. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342016000300709
- Zelia, S. A., Fernando, W. A., Hiyoshi, N. R., Filho, C., Bernardes, A., & Waldir, J. (2017). Symptoms of Macronutrients Deficiency in Sweet Pepper (*Capsicum annuum* L.). *Agrociencia Uruguay*, 21(2), 31–43. <https://doi.org/10.31285/agro.21.2.5>

4.4 ANEXOS

Anexo 1. Elaboración de mesón

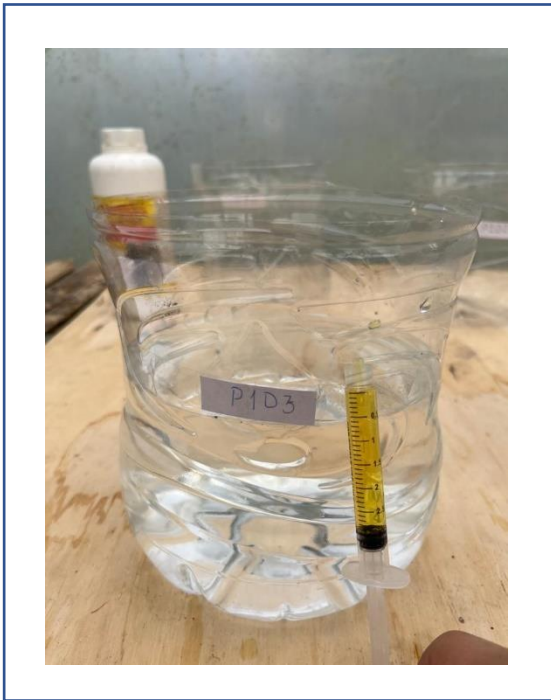
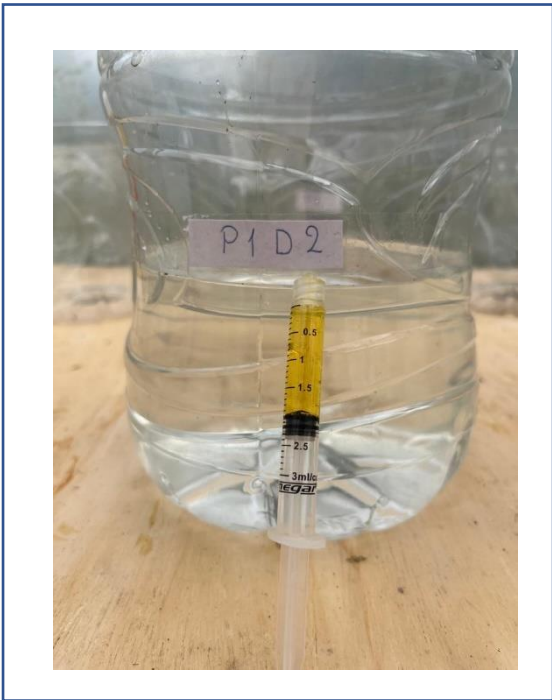
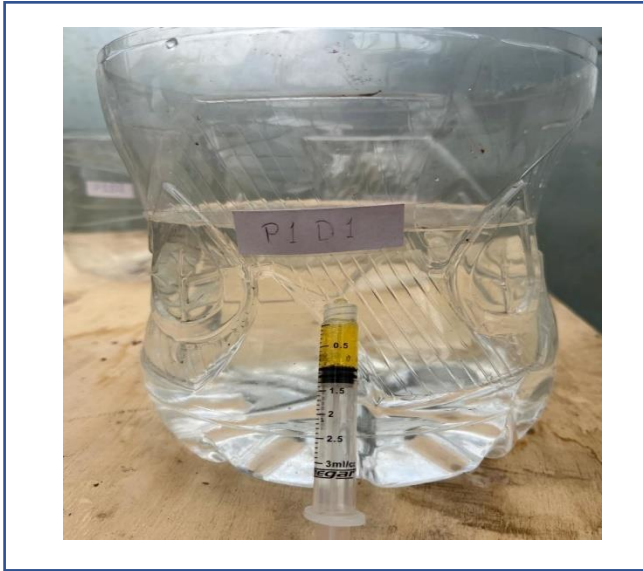


Anexo 2. Ubicación de bloques y tratamientos

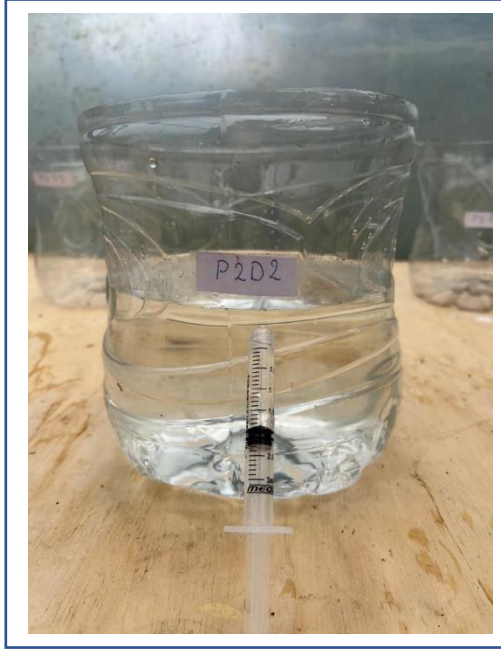


Anexo 3. Método de dosificación

Anexo 4. Dosificación de yodo en dos litros de agua por tratamiento.



Anexo 5. Dosificaciones de ácido salicílico en dos litros de agua por tratamiento.



Anexo 6. Toma de datos según variables de estudio por tratamiento.





Anexo 7. Análisis de varianza para la variable volumen de raíz.

VOLUMEN RAIZ

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
VOLUMEN RAIZ	21	0,57	0,29	11,81

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F
BLOQUES	0,05	2	0,03	1,78ns
TRATAMIENTOS	0,19	6	0,03	2,11ns
PRODUCTOS	0,04	1	0,04	2,06ns
DOSIS	0,01	2	0,0038	0,20ns
PRODUCTOS*DOSIS	0,14	2	0,07	3,70ns
T VS RESTO	0,0000051	1	0,000051	0,0034ns
Error	0,18	12	0,01	
Total	0,42	20		

Anexo 8. Análisis de varianza para la variable longitud de raíz.

LONGITUD RAIZ

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
LONGITUD RAIZ	21	0,78	0,64	8,23

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F
BLOQUES	4,32	2	2,16	1,80ns
TRATAMIENTOS	47,29	6	7,88	6,57**
PRODUCTOS	13,90	1	13,90	9,21*
DOSIS	3,49	2	1,74	1,15ns
PRODUCTOS*DOSIS	28,79	2	14,40	9,53**
T VS RESTO	1,10	1	1,10	0,92ns
Error	14,40	12	1,20	
Total	66,00	20		

Anexo 9. Análisis de varianza para la variable número de hojas.

NUMERO DE HOJAS

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
NUMERO DE HOJAS	21	0,83	0,72	4,39

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F
BLOQUES	2,21	2	1,10	3,37ns
TRATAMIENTOS	17,09	6	2,85	8,70**
PRODUCTOS	3,92	1	3,92	8,09*
DOSIS	3,21	2	1,61	3,32ns
PRODUCTOS*DOSIS	9,85	2	4,93	10,17**
T VS RESTO	0,10	1	0,10	0,31ns
Error	3,93	12	0,33	
Total	23,22	20		

Anexo 11. Análisis de varianza para la variable altura de planta.**ALTURA DE PLANTA**

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
ALTURA DE PLANTA	21	0,88	0,79	8,01

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F
BLOQUES	16,45	2	8,22	3,14ns
TRATAMIENTOS	203,98	6	34,00	12,96**
PRODUCTOS	126,94	1	126,94	34,22**
DOSIS	16,64	2	8,32	2,24ns
PRODUCTOS*DOSIS	59,99	2	29,99	8,09**
T VS RESTO	0,41	1	0,41	0,16ns
Error	31,47	12	2,62	
Total	251,90	20		

Anexo 10. Análisis de varianza para la variable grosor de tallo.**GROSOR DE TALLO**

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
GROSOR DE TALLO	21	0,81	0,68	11,97

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F
BLOQUES	0,01	2	0,01	5,24*
TRATAMIENTOS	0,04	6	0,01	6,59**
PRODUCTOS	0,01	1	0,01	8,05*
DOSIS	0,0024	2	0,0012	0,67ns
PRODUCTOS*DOSIS	0,02	2	0,01	5,58*
T VS RESTO	0,0011	1	0,0011	1,13ns
Error	0,01	12	0,00096	
Total	0,06	20		