

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS



CARRERA INGENIERÍA AGRONÓMICA

**EVALUACIÓN DE YODO AGRÍCOLA Y ÁCIDO SALICÍLICO COMO
BIOFORTIFICANTES EN EL DESARROLLO VEGETATIVO DE PLANTAS DE
FRESA (*Fragaria ananassa*).**

**DOCUMENTO FINAL DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN COMO
REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE INGENIERA AGRÓNOMA**

AUTORA

MIREYA PAMELA VELASCO LAGUAQUIZA

TUTOR

ING. AGR. JOSÉ HERNÁN ZURITA VASQUEZ, Mg.

Cevallos – Ecuador 2022

EVALUACIÓN DE YODO AGRÍCOLA Y ÁCIDO SALICÍLICO COMO BIOFORTIFICANTES EN EL DESARROLLO VEGETATIVO DE PLANTAS DE FRESA (*Fragaria ananassa*).

REVISADO POR:



Firmado electrónicamente por:

**JOSE
HERNAN
ZURITA
VASQUE
Z**

Ing. Mg. HERNAN ZURITA VASQUEZ

APROBADO POR LOS MIEMBROS DE CALIFICACION:

FECHA:



Firmado electrónicamente por:

**OSCAR
PATRICIO
NUNEZ TORRES**

.....

05/12/2022

Ing. Patricio Núñez Torres, PhD

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL



Firmado electrónicamente por:

**ALBERTO
CRISTOBAL
GUTIERREZ ALBAN**

.....

05/12/2022

Ing. Alberto Gutiérrez Alban

MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE CALIFICACIÓN



Firmado electrónicamente por:

**OLGUER ALFREDO
LEON GORDON**

.....

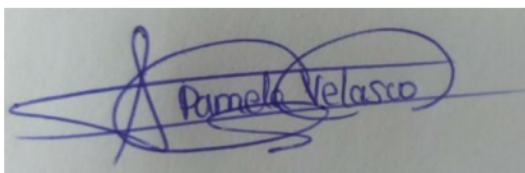
05/12/2022

Ing. Olguer León Gordon

MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE CALIFICACIÓN

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

El suscrito, MIREYA PAMELA VELASCO LAGUAQUIZA, portador de cédula de identidad número: 0503825606, libre y voluntariamente declaro que el Informe Final del Proyecto de investigación titulado: " Evaluación de yodo agrícola y ácido salicílico como biofortificantes en el desarrollo vegetativo de plantas de fresa (*Fragaria ananassa*). " es original, auténtico y personal. En la virtud, declaro que el contenido es de mi sola responsabilidad legal y académica, excepto donde se indican las fuentes de información consultadas.

A handwritten signature in blue ink, reading "Pamela Velasco", is enclosed within a blue ink scribble. The signature is written in a cursive style.

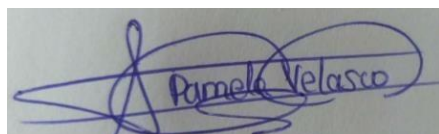
MIREYA PAMELA VELASCO LAGUAQUIZA

DERECHO DE AUTOR

Al presentar este Informe Final del Proyecto de Investigación titulado “EVALUACIÓN DE YODO AGRÍCOLA Y ÁCIDO SALICÍLICO COMO BIOFORTIFICANTES EN EL DESARROLLO VEGETATIVO DE PLANTAS DE FRESA (*Fragaria ananassa*)”, como uno de los requisitos previos para la obtención del título de grado de Ingeniera Agrónoma, en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato, autorizo a la biblioteca de la Facultad, para que este documento este 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 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.

A handwritten signature in blue ink that reads "Pamela Velasco". The signature is stylized with loops and is written over a horizontal line.

.....
MIREYA PAMELA VELASCO LAGUAQUIZA

DEDICATORIA

En primer lugar, quiero dar gracias a Dios por brindarme la sabiduría necesaria y así permitirme culminar mi carrera Universitaria.

A mis padres, Wellington y Susana por su apoyo incondicional, por siempre estar pendientes de mí, apoyándome en este largo camino, gracias a ustedes padres amados estoy logrando uno de mis sueños, convirtiéndome en la persona que tanto han anhelado, ¡este logro es por y para ustedes!

A mi esposo Alexander, que día tras día me ha brindado su compañía en las largas noches de estudios y tareas, gracias a tus palabras alentadoras nunca me dejaste decaer para que así pueda cumplir con mis metas.

A mis pequeños hijos Iker y Alexandra, que siempre han sido mi anhelo de seguir adelante, queridos hijos este logro les dedico a ustedes con mucho amor, mamá los ama mucho, gracias por siempre esperarme en casa con besos y abrazos.

A mi hermano Gabriel, gracias porque siempre supiste brindarme consejos y alentarme a seguir adelante siempre.

A toda mi familia, que me han acompañado en estos cinco años, gracias a su apoyo moral e incondicional han logrado que este sueño se haga realidad.

AGRADECIMIENTO

A mis amados padres Wellington y Susana, por siempre creer en mí y ser mi apoyo moral cada día durante este largo camino, gracias infinitas por todo lo que me han dado.

Mi más grande agradecimiento a la Universidad Técnica de Ambato en especial a la Facultad de Ciencias Agropecuarias y a todos los docentes de mi querida facultad, por compartir sus conocimientos y siempre dar lo mejor para forjar unos buenos profesionales.

A mi tutor, Ing. Hernán Zurita por su paciencia y dedicación conmigo, por ser una persona comprensible y sobre todo entregado en su labor, por brindarme sus conocimientos durante esta investigación.

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I	1
ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS	1
1.1 Introducción	1
1.2 La biofortificación	2
1.3 Categorías fundamentales	3
1.3.1 Origen de la Fresa (Fragaria ananassa).....	3
1.3.2 Descripción botánica.....	4
1.4 Incidencia de plagas y enfermedades en el cultivo de fresa	6
1.4.1 Plagas en el cultivo de fresa.....	6
1.4.2 Enfermedades en el cultivo de fresa.....	7
1.5 El Yodo	8
1.5.1 El yodo en la naturaleza.....	9
1.5.2 El yodo disponible en los alimentos.....	9
1.5.3 El yodo disponible en el suelo.....	10
1.6 Ácido salicílico	10
1.6.1 Induce la floración.....	10
1.6.2 Induce a la resistencia sistémica a patógenos.....	11
1.6.3 Incrementa la termogénesis.....	11
1.6.4 Retrasa la senescencia en pétalos y hojas.....	11
1.6.5 Ante el estrés abiótico induce una respuesta a la planta.....	11
1.7 HIPÓTESIS Y OBJETIVOS	12
1.7.1 HIPÓTESIS.....	12
1.7.2 OBJETIVOS.....	12
CAPÍTULO II	13
MATERIALES Y MÉTODOS	13
2.1 Ubicación del experimento	13
2.2 Características del lugar	13
2.3 EQUIPOS Y MATERIALES	13
2.3.1 Material experimental.....	13
2.3.2 Equipos.....	13
2.3.3 Materiales.....	14
2.4 FACTORES DE ESTUDIO	14
2.4.1 Productos aplicados mediante bomba de aspersión.....	14

2.4.2	Dosis aplicadas por tratamiento	14
2.4.3	Testigo.....	15
2.5	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	15
2.6	DISEÑO EXPERIMENTAL	15
2.7	VARIABLES RESPUESTAS	16
2.7.1	Número de hojas por planta.....	16
2.7.2	Diámetro del peciolo	16
2.7.3	Longitud del peciolo.....	16
2.7.4	Diámetro de la copa de la planta.....	16
2.7.5	Días a la floración.....	16
2.7.6	Número de flores por racimo	17
2.7.7	Cuantificación de la clorofila.....	17
CAPÍTULO III	18
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	18
3.1	Análisis y discusión de resultados	18
3.1.1	NÚMERO DE HOJAS POR PLANTA.....	18
3.1.2	DIÁMETRO DEL PECIOLO.....	19
3.1.3	LONGITUD DEL PECIOLO	20
3.1.4	DIÁMETRO DE LA COPA DE LA PLANTA	21
3.1.5	NÚMERO DE FLORES POR RACIMO	22
3.1.6	DÍAS A LA FLORACIÓN	23
3.1.7	CLOROFILA TOTAL.....	24
CAPÍTULO IV	26
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	26
4.1	Conclusiones.....	26
4.2	Recomendaciones.....	26
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	27
ANEXOS	31

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Taxonomía de la fresa	4
Tabla 2. Tratamientos.....	15
Tabla 3. Prueba Tukey al 5% para la comparación del número de hojas por planta entre tratamientos.	18
Tabla 4. Prueba Tukey al 5% para la comparación del diámetro del peciolo	19
Tabla 5. Análisis de la varianza de la longitud del peciolo.....	20
Tabla 6. Análisis de la varianza del diámetro de la copa	21
Tabla 7. Análisis de la varianza del número de flores por racimo	22
Tabla 8. Prueba Tukey al 5% para la comparación de días a la floración por planta entre tratamientos	23

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Ubicación de camas y obtención de los productos YONEX y BRAX-T.....	31
Anexo 2. Preparación de rótulos y etiquetas para la identificación de tratamientos.....	31
Anexo 3. Aplicación de los productos P1, yodo agrícola (YONEX) y P2, ácido salicílico (BRAX-T) en el cultivo de fresa a diferentes dosis con la bomba de mochila.....	31
Anexo 4. Toma de datos después de 15 días desde la última aplicación.....	32
Anexo 5. Análisis de la cuantificación de la clorofila por el método de espectrofotométrico, realizado en los laboratorios de la Facultad de Ciencias Agropecuarias.....	32
Anexo 6. Picado, pesado y trituración.....	33
Anexo 7. Centrifugado.....	33
Anexo 8. Dilución.....	34
Anexo 9. Lectura.....	34
Anexo 10. Resultados cuantificación de la clorofila.....	34
Anexo 11. Número de hojas por planta.....	35
Anexo 12. Diámetro del peciolo.....	36
Anexo 13. Longitud del peciolo.....	37
Anexo 14. Diámetro de la copa de la planta.....	37
Anexo 15. Número de flores por racimo.....	38
Anexo 16. Días a la floración.....	39
ANEXO 17. Cuantificación de clorofila.....	40

RESUMEN

En Ecuador la producción de fresa es muy extensa, ya que Pichincha posee 400 hectáreas cultivadas, en Tungurahua cultivan 240 hectáreas y finalmente en las provincias de Chimborazo, Cotopaxi, Imbabura y Azuay la producción sobrepasa las 40 hectáreas, así mismo esta fruta tiene muchos beneficios ya que posee un gran valor nutricional, como es la Vitamina C, también combate la anemia y es muy beneficiosa para los niños que están en crecimiento. Por ello es muy importante que las plantas crezcan sanas y resistentes ante cualquier tipo de estrés enfermedad aumentando su valor nutricional a través de biofortificantes. Pues así es como surge la idea de este estudio, evaluando el estado vegetativo de la fresa (*Fragaria ananassa*), aplicando el Yodo agrícola (YONEX) y el ácido salicílico (BRAX-T), en tres dosis: 1,0; 1,5 y 2,0 cc/L. Se trabajó en un área experimental neta de 260 m² y se llevó a cabo el diseño experimental de bloques completos al azar en arreglo factorial de 3x2+1 con tres repeticiones, en donde ese anaizo 21 tratamientos, en cada tratamiento se encontraban 60 plantas. Las variables en estudio fueron el número de hojas por planta, diámetro del peciolo, longitud del peciolo, diámetro de la copa de la planta, días a la floración, número de flores por racimo y la cuantificación de la clorofila, los datos de los tratamientos se procedieron a tomar a los 15 días después de la última aplicación, seguidamente fueron analizados en Infostat, a través de las pruebas Tukey, en donde se obtuvo resultados concretos, como el producto más adecuado y la dosis más adecuada, en donde el P1 (YONEX) según el análisis estadístico fue el mejor producto en una dosis de 2,0 cc/L (D3) y finalmente en la variable de clorofila total, ninguno de los dos productos YONEX (yodo agrícola) y BRAX-T (ácido salicílico) tuvo influencia, ya que no encontramos diferencias significativas.

Palabras clave: Biofortificantes, yodo agrícola, ácido salicílico, *Fragaria ananassa*.

ABSTRACT

In Ecuador, strawberry production is very extensive, since Pichincha has 400 cultivated hectares, in Tungurahua they cultivate 240 hectares and finally in the provinces of Chimborazo, Cotopaxi, Imbabura and Azuay the production exceeds 40 hectares, likewise this fruit has many benefits. Since it has great nutritional value, such as Vitamin C, it also fights anemia and is very beneficial for growing children. For this reason, it is very important that plants grow healthy and resistant to any type of disease stress, increasing their nutritional value through biofortifiers. Well, this is how the idea of this study arose, evaluating the vegetative state of the strawberry (*Fragaria ananassa*), applying agricultural iodine (YONEX) and salicylic acid (BRAX-T), in three doses: 1.0; 1.5 and 2.0 cc/L. We worked in a net experimental area of 260 m² and the experimental design of complete randomized blocks was carried out in a 3x2+1 factorial arrangement with three repetitions, where 21 treatments were analyzed, in each treatment there were 60 plants. The variables under study were the number of leaves per plant, petiole diameter, petiole length, plant crown diameter, days to flowering, number of flowers per cluster and chlorophyll quantification, treatment data. they were taken 15 days after the last application, then they were analyzed in Infostat, through the Tukey tests, where concrete results were obtained, such as the most suitable product and the most suitable dose, where P1 (YONEX) according to the statistical analysis was the best product in a dose of 2.0 cc/L (D3) and finally in the total chlorophyll variable, none of the two products YONEX (agricultural iodine) and BRAX-T (salicylic acid) had an influence, since we did not find significant differences.

Keywords: Biofortifiers, agricultural iodine, salicylic acid, *Fragaria ananassa*.

CAPÍTULO I

ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

1.1 Introducción

En todo el mundo se han efectuado un sin número de intentos para así poder disminuir el déficit de la sal común o más conocida como sal de mesa desde los años veinte. Sin embargo, con el paso del tiempo se ha llegado a una conclusión de que esta técnica por sí sola no es suficiente para poder consolidar el requerimiento total del yodo. Por otra parte, en la mayor parte de los países que son industrializados el uso de sal de mesa es reducida, así mismo se ha evidenciado que el yodo en la sal común o sal de mesa se volatiliza. (Amachi, 2008). Por otro lado, la manera más adecuada de la utilización del yodo es de forma orgánica, debido a que por la deficiencia de este elemento se produce el bocio, ya que el cuerpo requiere de yodo para producir la hormona tiroidea, por lo que, si no consigue suficiente yodo en la dieta, la tiroides se agranda para poder alcanzar el yodo que se necesita y producir así la cantidad adecuada de hormona tiroidea (Roig et al., 2006)

El yodo, es un halógeno que tiene un papel muy importante dentro de ese grupo, ya que es un elemento muy fundamental para la vida animal y vegetal, no es necesario cantidades altas. El Yoduro y el Yodato se hallan en aguas marinas, aunque también están presentes en mamíferos superiores como por ejemplo en la glándula tiroides. (Blasco et al., 2003). El yodo agrícola es un producto germicida, que desinfecta y lava destruyendo bacterias y hongos. En el campo agrícola es usado como fungicida, bactericida y regulador de las aguas de fumigación, este yodo se obtiene de las salmueras y del nitrato de sodio, en el que se encuentra como impureza. En menor grado, se extrae también de organismos marinos, algunas como algas, que concentran yodo en sus tejidos (Garces, 2022).

Todas las plantas se encuentran expuestas a varios tipos de estrés, por ello han elaborado mecanismos para una eficiente respuesta de defensa ante dichos ataques. Estos mecanismos son capaces de involucrar la activación de componentes de señalización específicos y así mismo de un grupo de genes que están vinculados con la tolerancia y la resistencia a diversos factores adversos. (Rivas et al., 2011)

El ácido salicílico es una fitohormona muy significativa ya que esta ayuda a la regulación de diferentes respuestas al estrés ya sea en respuestas a patógenos o a otros de los tantos factores ambientales que están vinculados con el desarrollo de las plantas, sin embargo, ante su extensa contribución a la defensa de las plantas, aún se desconoce el mecanismo de acción. Se ha constatado que, frente a un estrés biótico o abiótico, sucede una gran acumulación de moléculas que son conocidas como especies reactivas de oxígeno. (Rangel et al., 2010)

Por ello en esta investigación constata la importancia que tiene el ácido salicílico y el yodo agrícola en la agricultura, sin embargo, el objetivo es conocer cuál de los dos elementos tiene una mejor reacción en los cultivos de fresa, en la comunidad de Chambapongo, para que así los productores tengan sanos sus cultivos y bien cuidados para que a la hora de la cosecha obtengan productos de calidad.

1.2 La biofortificación

La biofortificación por lo general se concentra en producir plantas con un contenido alto de nutrientes biodisponibles en todas sus partes comestibles, así mismo, los cultivos que propenden a ser biofortificados sobresalen en las características agronómicas y nutricionales, en comparación con cultivos que no han sido biofortificados. La actividad de biofortificación en los cultivos consiste en el almacenamiento de los nutrientes en la planta para que así de este modo se ofrezca una biodisponibilidad de micronutrientes y una fortificación de los nutrientes disponibles (Restrepo et al., 2013).

En programas de biofortificación las aplicaciones exógenas de yodo, aumentan la capacidad antioxidante de la planta al momento de que esta genera varias estimulaciones de enzimas detoxificadoras de especies reactivas de oxígeno, asimismo, se genera un aumento de ascorbato. Las aplicaciones del yodo agrícola son eficaces para controlar distintos tipos de estrés que presente la planta (Vélez et al., 2017).

1.3 Categorías fundamentales

1.3.1 Origen de la Fresa (*Fragaria ananassa*)

Se le otorga el nombre de fresa a diferentes especies de plantas conocidas como rastreras que son del género *Fragaria*, término que en latín significa fraga, que se refiere a la fragancia de los frutos de esta planta. Las variedades comerciales comúnmente son híbridos, por lo general *Fragaria ananassa*, ya que este género a remplazado casi en todo el mundo a la especie silvestre *Fragaria vesca*, debido a la dimensión de los frutos que son comestibles (Castañeda, 2003).

La fresa corresponde a la familia rosaceae, el fruto de esta planta es muy conocido ya que posee un gran aroma y es considerada una fruta exótica, por lo que lo lleva a ser reconocido en los mercados y su oferta es muy demandada (Castañeda, 2003).

Taxonomía

Planta herbácea y perenne, perteneciente a la familia Rosaceae, en la siguiente tabla se encuentra su clasificación taxonómica:

Tabla 1.

Taxonomía de la fresa

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Rosales
Genero	<i>Fragaria</i>
Especie	<i>F. ananassa</i>

Fuente: (Flores, 2018)

1.3.2 Descripción botánica

Resumen de las características botánicas de la fresa (*Fragaria ananassa*):

Sistema radical: sus raíces van desde el tallo, raíces y raicillas, por lo que posee un sistema radicular fasciculado. Las iniciales exponen cambium vascular, entre tanto las siguientes no poseen el cambium, se caracterizan por su color ya que este es mucho más claro y su periodo de vida es corto puede durar a penas días o semanas. La profundidad de la raíz varía entre los 2 a 3 metros sin embargo lo normal es que estas no excedan los 40 cm. (Reigada, 2012)

Tallo: está compuesto por un eje en forma cónica que se le conoce como corona, y en él se puede visualizar un sin número de escamas foliares. De la corona se forman varios tallos rastreros y de estos se integran unas raíces adventicias que dan lugar a estolones, los cuales deben ser descartados. (Reigada, 2012)

Hojas: estas se encuentran introducidas en la corona y están en forma de roseta. Están sostenidas por un peciolo bastante largo y referente al limbo este posee tres

foliolos con un sin número de estomas de 300 a 400 estomas/mm², estos son pediculados y sus bordes poseen una forma aserrada. (Reigada, 2012)

Flores: posee de 5 a 6 pétalos, también disponen de 20-35 estambres y diversos pistilos que están sobre un receptáculo carnoso. Cuando el ovulo fecunda como producto obtenemos el fruto (Reigada, 2012).

Requerimientos edafoclimáticos

La fresa es un cultivo mundial que se adapta a varias regiones del mundo ya sea desde países templados hasta tropicales. La planta de fresa se desarrolla en temperaturas medias anuales de 15 a 20°C, si las temperaturas están por debajo de los 12°C en el transcurso de cuajado, los frutos tienden a deformarse por el exceso de frío mientras tanto si se encuentra en un clima superior a los 20°C el fruto tiende a madurar más rápido y esto permite que no alcance un buen tamaño de fruto. Este cultivo asimila un pH de 4,5 – 7,5 (Perdomo, 2019).

Ciclo fenológico

El ciclo fenológico del cultivo de fresa generalmente se divide en 8 fases que son las siguientes: Brotación, desarrollo de las hojas, desarrollo de las partes vegetativas cosechables, aparición del órgano floral, floración, formación del fruto, maduración del fruto, senescencia y comienzo del reposo vegetativo (Ferrucho, et al., 2011).

1.4 Incidencia de plagas y enfermedades en el cultivo de fresa

1.4.1 Plagas en el cultivo de fresa

Guerrero, (2018) menciona que existe una gran amenaza en el rendimiento del cultivo de fresa y esto se debe a la gran cantidad de insectos que se alimentan de estas plantas, y las más importantes son:

Pulgon (*Chaetosiphon fragaefolii*), son de color verde claro, ninfas como adultos poseen una línea transversal en el abdomen. Comúnmente no son muy dañinos pero esta plaga produce mielecilla y esta produce el moho gris, debido a que las ninfas al mudar de piel hacen que esta se pegue al fruto y este no tenga un buen aspecto.

Babosas (*Arion hortensis*, *Deroceras reticulatum*), no poseen caparazón y se desplazan a través de un pie muscular el cual expulsa una sustancia viscosa plateada, esta plaga afecta primordialmente al fruto maduro ya que esta es su fuente de alimento.

Trips (*Franfliniella occidentalis*), las hembras suelen ser mucho más grandes que los machos ya que pueden llegar a tener 1,2 mm de longitud y los machos de 0,8 mm. Se instalan en los órganos florales causando daño con su estilete. Estos trips afectan a las flores causando manchas necrofíticas y a los frutos con manchas necróticas causando la deformación de los frutos.

Araña roja (*Tetranychus urticae*), este acaro ya adulto es un problema muy grave en este cultivo, debido a que se reproducen rápidamente, habitualmente habitan en el sobrante de frutos y así es como pasan a las hojas jóvenes, produciendo daños como es la decoloración y el secado foliar y como consecuencia reducen el área fotosintética.

Trozadores (*Hoplia callipyge*), son insectos que tienen forma de C, en el día se ocultan en la corona de la planta de fresa y se alimentan solo en las noches. Una vez

adultos estos se alimentan de las raíces y las coronas, como consecuencia la planta muere debido a que la raíz ya no le da la humedad requerida.

1.4.2 Enfermedades en el cultivo de fresa

Mancha foliar común, principalmente es causa por el hongo (*Ramularia tulasneii*), el primer síntoma se presenta con manchas pequeñas moradas en la superficie superior de las hojas, luego estas manchas se amplían tomando un tamaño de 3 a 6 mm de diámetro. Cuando el caso ya es extremo y se agrupan varias manchas la hoja se seca (Gómez, 2006).

Pudrición de la corona, es causada principalmente por los hongos *Phytophthora cactorum*, *P. citrícola*, *P. parasítica* y *P. megasperma*. Sus síntomas es que la planta no se desarrolla correctamente y sus hojas son pequeñas. Al analizar una planta infectada se observa una decoloración café en los tejidos vasculares de la corona (Gómez, 2006).

Moho gris, es un hongo muy común en este cultivo ya que causa la pudrición del fruto y es conocido como *Botrytis cinérea*, este hongo se desarrolla en temperaturas aproximadas de 15 a 20°C y hace que las flores del cultivo se pudran (Blanco et al., 2006).

Mildiu polvoriento, es causado por el hongo *Sphaeroteca macularis*, los primeros indicios de este hongo en las hojas es que se puede notar esporas polvorientas de un color blanco y las mismas van aumentando hasta apoderarse de toda la hoja por su parte inferior y como consecuencia de ello, la hoja tiende a enrollarse. También se puede visualizar manchas de un color morado rojizo en la parte superior y así mismo en la parte inferior de las hojas (Gómez, 2006).

Oídio, principalmente es causado por el hongo *Oidium fragariae*, y se determina por abordar una pelusa blanquecina sobre toda el área de la hoja. Se

desarrolla bajo temperaturas altas que oscilan entre 20 a 25°C y en tiempo de lluvias este hongo no ataca (Blanco, 2005).

Mancha purpura, es causada por el hongo *Mycosphaerella fragariae*, principalmente este hongo es muy notorio debido a que en la hoja de la planta se manifiesta con una mancha circular de un diámetro de 2 a 3 mm. Se esparce a través de esporas (Gómez, 2006).

Hongos del suelo, aquí se encuentran varios hongos los cuales son dañinos para la planta afectando así a la zona cortical del cuello, entre ellos están, *Fusarium sp.*, *Pytophthora sp.*, *Rhizoctonia sp.*, *Rhizopus sp.*, *Pythium sp.*, *Cladosporium sp.*, *Alternaria sp.*, y *Penicillium sp.* Como medida preventiva para ello es necesario preparar el suelo y así eliminar cualquier tipo de enfermedad (Blanco, 2005).

Bacterias, son de la especie *Xanthomas fragariae* y estas arremeten contra las hojas, causando así manchas aceitosas, las cuales mientras se van juntando van matando la hoja. Esta bacteria se desarrolla en una humedad ambiental alta (Blanco, 2005).

1.5 El Yodo

El elemento yodo pertenece al grupo VII de los halógenos, es sólido, cristalino y se destaca por su color negro azulado, y se encuentra en el lugar 61, referente al orden de abundancia en la corteza terrestre, esto equivale a un 0,4% de la masa de la tierra y obtiene su denominación por su vapor de color violeta. Este elemento es peculiar en el estado natural, sin embargo, se puede hallar en el agua de mar, en la tierra y en rocas, aunque también se encuentra disponible en algas y varios productos marinos (Terry, 2008).

Este elemento es crucial para la subsistencia que se halla básicamente en todos los seres vivos, que conlleva desde las células más sencillas del fitoplancton marino

hasta los organismos más complicados de la creación que son los mamíferos. En los mamíferos vertebrados como labor primordial es todo aquello que se refiere con el metabolismo, crecimiento, la reproducción y la regulación de la temperatura corporal. Mientras tanto que en las plantas y algas su labor inicial es actuar como antioxidante y anti mutagénico, defendiendo así a todo este grupo de las radiaciones y rayos ultravioletas. Los tejidos vivos que más yodo almacenan son las algas marinas seguidamente son las algas pardas que pueden llegar a consolidar hasta 70 000 veces la dimensión del yodo diluido en el mar (Mirre, 2015).

1.5.1 El yodo en la naturaleza

El yodo es un elemento que habitualmente lo hallamos en la naturaleza, este se presenta en diferentes maneras: ya sea como yodo elemental, como ion yoduro o yodo iónico, elaborando así sales inorgánicas en particular yoduros y yodatos de potasio y sodio, como yodo elaborando moléculas orgánicas y así mismo como yodo volátil, que se pueden presentar en dos maneras diferentes, Yodo gaseoso y yoduro de metilo. Estos elementos son principalmente elaborados por los microorganismos marinos, el yodo gaseoso principalmente el yoduro de metano, estos mismo son evaporados hacia la atmosfera principalmente desde la superficie de los océanos y finalmente es trasladado a través del viento hacia un lugar muy lejano que es en el fondo de los continentes y es el elemento principal en las plantas de yodo. En conclusión, el yodo orgánico toma un largo ciclo, primero los animales ingieren las plantas y luego nosotros al ingerir estos animales. Así mismo pasa en los mamíferos incorporados nosotros los humanos, ya que el yodo es asociado con las hormonas tiroideas, ya que estas están presentes en forma de aminoácidos yodados (Mirre, 2015).

1.5.2 El yodo disponible en los alimentos

Generalmente el yodo no es un elemento primordial para las plantas, pero sin embargo estas extraen y almacenan el yodo, por ende, este elemento no es tomado en cuenta en programas de fertilización mineral en cultivos sin embargo se a demostrado que el yodo es un elemento importante ya que este eleva la tolerancia al estrés en

plantas. Al no utilizar el yodo junto a los fertilizantes en los diferentes cultivos, hace que este elemento se encuentre naturalmente en el agua y el suelo. Por ello las sales inorgánicas son la fuente principal de yodo y se encuentra en la sal de mesa, aportando así de 20 a 40 mg/kg de yodo (OMS, 2007).

1.5.3 El yodo disponible en el suelo

La falta de yodo es más prominente en las áreas montañosas y llanuras, esto se debe a que el yodo no es distribuido normalmente en la corteza terrestre. Este elemento es muy anómalo en todo el mundo, pero sin embargo en el mar es donde más abunda, pues así este elemento se empieza a desplazar a las zonas terrestres mediante formas químicas volátiles que son elaboradas por las algas marinas, o también por aerosoles marinos que son transportados a través del viento, por lo que los suelos que son lejanos al océano no son abastecidos de este elemento llamado yodo, por ende las plantas cultivadas en dichos suelos no poseen una alta concentración de yodo (FAO, 2009).

1.6 Ácido salicílico

El ácido salicílico actúa como una hormona vegetal, y forma parte de un gran grupo ya que cumple funciones fundamentales como es la regulación del crecimiento, desarrollo e interacción de las plantas junto a otros organismos patógenos, este ácido también actúa como defensor antes varios tipos de estrés ambiental como es la sequía, cambios de temperatura, salinidad, etc. Al trabajar como defensor en contra de cualquier tipo de estrés esta actúa a través de unas vías de señalización que implica a una alta producción de proteínas que son defensivas y también varios de compuestos que no son proteicos (INTAGRI, 2018).

1.6.1 Induce la floración

El ácido salicílico es uno de los primeros efectos fisiológicos más importantes que se dio a conocer sobre las plantas. A través de ello se llevó a cabo un sinnúmero de ensayos en donde se pudo demostrar que este elemento es capaz de inducir en la

floración de varias familias vegetales, sin embargo, aún no se determina la ruta de señalización que implica este trascurso (INTAGRI, 2018).

1.6.2 Induce a la resistencia sistémica a patógenos.

El papel principal de este elemento es reportar la señal de alerta debido al mecanismo de defensa que posee ante cualquier patógeno que quiera atacar a la planta. Esto se lleva a cabo debido a que estas plantas son capaces de sintetizar fitoalexinas, fitoanticipinas y proteínas las cuales ayudan a que la planta tenga un gran valor de patogenicidad. Así mismo el ácido salicílico tiene efecto sobre la activación de la muerte celular, también de la inducción de resistencia local y sistémica de las enfermedades y por último la expresión de proteínas PR. Con aplicaciones exógenas de este elemento se puede eliminar hongos patógenos, virus y bacterias (INTAGRI, 2018).

1.6.3 Incrementa la termogénesis

El ácido salicílico ayuda a que los órganos de la planta obtengan calor, en lugares que no tengan la temperatura adecuada. Por ende, la termogénesis es muy importante debido a que es un fenómeno el cual actúa sobre la formación de órganos y tejidos a través de la temperatura (INTAGRI, 2018).

1.6.4 Retrasa la senescencia en pétalos y hojas

La senescencia de estos órganos señala el desarrollo final de su etapa, por lo tanto, en las hojas se realiza un traslado de nutrientes hacia otros órganos como son las flores y los frutos (INTAGRI, 2018).

1.6.5 Ante el estrés abiótico induce una respuesta a la planta

Este elemento conocido como ácido salicílico es importante debido a que trabaja como metabolito secundario y hace que la planta obtenga mecanismos vitales como es la protección ante el estrés abiótico. La planta desencadena una serie de

respuestas bioquímicas ante el ataque de diversas situaciones como es la sequía, salinidad, ataque de patógenos, etc. Hay es cuando actúa el ácido salicílico, trabajando para la adaptación de las plantas a cualquier tipo de estrés (INTAGRI, 2018).

1.7 HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

1.7.1 HIPÓTESIS

En la plantación de fresa al menos uno de los dos tratamientos (ácido salicílico o yodo agrícola) realizará un efecto biofortificante.

1.7.2 OBJETIVOS

Objetivo General

- Evaluar el efecto de la biofortificación en el cultivo de fresa (*Fragaria ananassa*) mediante aplicaciones de yodo agrícola y ácido salicílico.

Objetivos específicos

- Determinar el producto adecuado para la biofortificación en el cultivo de fresa (*Fragaria ananassa*).
- Establecer la dosis adecuada de los biofortificantes en el cultivo de fresa (*Fragaria ananassa*).

CAPÍTULO II

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Ubicación del experimento

La presente investigación fue realizada en la comunidad de Chambapongo en el Km 10 perteneciente al cantón Salcedo, provincia de Cotopaxi, a campo abierto.

2.2 Características del lugar

La comunidad de Chambapongo se halla ubicada en el cantón Salcedo con una altitud de 3125 msnm, las coordenadas geográficas: 01° 03' 00" de latitud Sur y 78° 31' 00" de longitud Oeste. La temperatura de la comunidad fluctúa de 10 a 18 °C, siendo los meses de Julio y Agosto las mas bajas y Noviembre y Diciembre los meses con temperaturas más altas. Las precipitaciones anuales son de 250 a 400 mm. (PDOT, 2022 GD. Salcedo)

2.3 EQUIPOS Y MATERIALES

2.3.1 Material experimental

El material experimental con el que se trabajó en la siguiente investigación es el Yodo agrícola y el ácido salicílico.

2.3.2 Equipos

- Calibrador vernier
- Flexómetro
- Computador
- Calculadora

- Cámara fotografía
- Bomba para fumigar, de aspersión, tipo mochila.
- Espectrofotómetro
- Balanza

2.3.3 *Materiales*

- Plantas de fresa
- Rótulos
- Soportes de madera
- Yodo agrícola
- Ácido salicílico
- Etiquetas
- Mortero
- Tubo de ensayo

2.4 FACTORES DE ESTUDIO

2.4.1 *Productos aplicados mediante bomba de aspersión*

P1 Yodo Agrícola

P2 Ácido salicílico

2.4.2 *Dosis aplicadas por tratamiento*

D1 1,0 cc/L

D2 1,5 cc/L

D3 2,0 cc/L

2.4.3 Testigo

Sin aplicación.

2.5 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

TRATAMIENTOS

Los tratamientos que se muestran a continuación:

Tabla 2.

Tratamientos

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

2.6 DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño experimental fue el de bloques completos al azar en arreglo factorial de $3 \times 2 + 1$ con tres repeticiones.

2.7 VARIABLES RESPUESTAS

2.7.1 Número de hojas por planta

Se contabilizó el número de hojas de diez plantas tomadas al azar de la parcela neta, después de los 15 días de haber realizado la última aplicación.

2.7.2 Diámetro del peciolo

Se extrajo veinte peciolos de diez plantas, dos peciolos al azar por cada planta, y con la ayuda de un calibrador Vernier se procedió a medir el diámetro del peciolo, el resultado se expresó en mm, los datos se tomaron a los 15 días después de la última aplicación de los tratamientos.

2.7.3 Longitud del peciolo

Se extrajo veinte peciolos de diez plantas, dos peciolos al azar por cada planta, con la ayuda de una regla se determinó la longitud en cm, los datos se procedieron a tomar después de los 15 días de la última aplicación.

2.7.4 Diámetro de la copa de la planta

Se midió el diámetro de diez plantas tomadas al azar, esto se llevó a cabo con la ayuda de un flexómetro, el resultado se expresó en cm, estos datos fueron tomados después de 15 días de haber aplicado el último tratamiento.

2.7.5 Días a la floración

Se procedió a contabilizar el número de días transcurridos desde el trasplante hasta cuando las plantas presentaron tres inflorescencias.

2.7.6 Número de flores por racimo

Se procedió a contabilizar de diez plantas al azar el número de flores, luego se procedió a sacar una media.

2.7.7 Cuantificación de la clorofila

Para cuantificación de la clorofila se utilizó el método espectrofotómetro descrito por Hiscox e Israelstam (1979), esto se realizó en el laboratorio de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Análisis y discusión de resultados

3.1.1 NÚMERO DE HOJAS POR PLANTA

En la tabla 3 y el anexo 6, se puede analizar la Prueba Tukey al 5% para la variable número de hojas por planta. En donde se puede evidenciar que el tratamiento P1D3 (Yodo agrícola, 2 cc/L), se encuentra en el rango A, lo cual resalta más que los demás tratamientos debido a que presenta una media de 15 hojas por planta, puesto que el yodo agrícola trabaja como estimulador en toda el área foliar, lo que ayuda a que el número de hojas aumente, mientras que en el Rango B se ubica el testigo que fue sin tratamiento alguno, presentando una media de 10 hojas por planta.

Tabla 3

Prueba Tukey al 5% para la comparación del número de hojas por planta entre tratamientos.

TRATAMIENTOS	Medias	E.E.	Rango
P1D3	15,00	0,56	A
P2D2	14,00	0,56	A
P1D1	13,67	0,56	A
P2D1	13,33	0,56	A
P1D2	13,00	0,56	A
P2D3	12,33	0,56	A B
T	10,00	0,56	B

Posiblemente este incremento del número de hojas se debe a que el yodo, una vez que es absorbido por la planta a través de los estomas, es transportado por el xilema y redistribuido por el floema acumulándose en mayor cantidad en las hojas que en los frutos y semillas, lo que concuerda con Blasco et al., (2011) quien manifiesta que el yodo estimula al área foliar por lo que en un ensayo de un cultivo de pimiento morrón las hojas aumentaron con una aplicación de yodo en concentraciones medias de 10 a

45 μ M (micra). También el yodo aporta a las plantas un alto valor de antioxidantes y así mismo proporciona un mayor aumento en lo que es la tolerancia hacia varios factores adversos, además menciona que, en México en el cultivo de pimiento morrón, después de aplicar yodo en el cultivo se obtiene ventajas como es el aumento en la concentración de yodo y que mejora la capacidad de tolerancia frente al estrés.

3.1.2 DIÁMETRO DEL PECIOLO

En la tabla 4 y anexo 7, se observa la prueba de Tukey al 5% para la variable del diámetro del peciolo, en donde se obtiene un valor significativo ($>5\%$), ya que evidentemente observamos que el tratamiento P2D2 se ubica en el primer lugar de la prueba, representando al Rango A, el cual corresponde al producto del Ácido salicílico en una dosis de 1,5 cc/L con una media de 2,30 mm de diámetro, esto se debe a que el ácido salicílico ayuda con la estimulación del tallo, hojas y por ende del peciolo. Mientras que el testigo se ubica en el último lugar de la prueba, representando el Rango B, con una media de 1.80 mm de diámetro. El Coeficiente de variación es del 7,92.

Tabla. 4

Prueba Tukey al 5% para la comparación del diámetro del peciolo

TRATAMIENTOS	Medias	E.E	Rango
P2D2	2,30	0,10	A
P1D2	2,20	0,10	A B
P1D1	2,17	0,10	A B
P2D1	2,10	0,10	A B
P1D3	2,07	0,10	A B
P2D3	2,03	0,10	A B
T	1,80	0,10	B

Este incremento de grosor del peciolo obtenido posiblemente se deba a que, con la aplicación de ácido salicílico, se retrasa la senescencia de los peciolo de las hojas, ya que inicia un proceso de traslocación de nutrientes a otros órganos de la planta como a los frutos de la fresa lo que coincide con Palma, (2009) quien menciona que, mediante un estudio en las plántulas de frejol, *Phaseolus vulgaris L.*, fueron

relacionadas desde el momento de su germinación con ácido salicílico, obteniendo así un incremento en el contenido endógeno de ácido salicílico tanto en tallo, hojas y peciolo. Este elemento también ayuda con la aclimatación de las plántulas ante el estrés salino, ayudando así a mejorar en el crecimiento vegetativo.

3.1.3 LONGITUD DEL PECIOLO

En la tabla 5 y anexo 8 se observa la prueba de Tukey al 5% para la variable de la longitud del peciolo de la planta, donde se puede observar que existe valor significativo, puesto que el tratamiento P2D2, correspondiente al ácido salicílico con una dosis de 1,5 cc/L, se ubica en el primer lugar ocupando así el Rango A con una media de 8,53 cm, sin embargo, en el Rango B se ubica el testigo (T), con una media de 6,53; debido a que no fue aplicado ningún tratamiento. El coeficiente de variación es de 8,16.

Tabla 5.

Prueba Tukey al 5% para la variable de la longitud del peciolo entre tratamientos.

TRATAMIENTOS	Medias	E.E.	Rango
P2D2	8,53	0,36	A
P1D3	7,90	0,36	A B
P1D1	7,80	0,36	A B
P1D2	7,77	0,36	A B
P2D3	7,73	0,36	A B
P2D1	7,67	0,36	A B
T	6,53	0,36	B

Es probable que el ácido salicílico tenga papel bioestimulante sobre la disminución de la oxidación-reducción en células vegetales, y genere la capacidad del ácido salicílico de presentar respuestas fisiológicas, morfológicas en las plantas de fresa como elongar el peciolo de la hoja. Lo que concuerda con Ramírez & Zambrano, (2021) manifiestan que al utilizar bioestimulantes que incluyen extracto de algas marinas son muy beneficiosas, debido a que esto ayuda a la vigorosidad de la planta,

ya que posee la capacidad de incrementar la longitud del peciolo de la planta, puesto que conlleva una gran diversidad de macro y micronutrientes y aminoácidos.

3.1.4 DIÁMETRO DE LA COPA DE LA PLANTA

En la tabla 6 y anexo 9 se da a conocer la prueba de Tukey al 5% para la variable diámetro de la copa de la planta, en donde se obtiene un valor significativo, pues podemos observar que el tratamiento P2D1, perteneciente al ácido salicílico con una dosis de 1,0 cc/L, se ubica en el primer lugar perteneciendo así al Rango A, con una media de 33,47 cm, debido a que este ácido ayuda a la estimulación del follaje de la planta, en el Rango B se encuentra el tratamiento P1D2 (Yodo Agrícola) en una dosis de 1,5 cc/L, con una media de 30,40 cm, que en comparación con el Rango A es mucho más baja, así mismo en este rango se encuentra ubicado el Testigo que se encuentra sin tratamiento con una media de 27,73 cm. El coeficiente de variación en esta variable es de 5,01

Tabla 6.

Prueba de Tukey al 5% para la variable del diámetro de la copa de la planta.

TRATAMIENTOS	Medias	E.E.	Rango
P2D1	33,47	0,90	A
P1D1	32,23	0,90	A
P2D2	31,80	0,90	A B
P1D3	31,53	0,90	A B
P2D3	31,10	0,90	A B
P1D2	30,40	0,90	A B
T	27,73	0,90	B

Con aplicaciones exógenas de ácido salicílico se incrementó el diámetro de la copa probablemente se deba a que se produjo el cierre de los estomas reduciendo la transpiración, también se puede atribuir estos resultados obtenidos en la investigación a la función que tiene el ácido salicílico de disminuir el estrés abiótico producido por la deficiencia de agua, las bajas temperaturas, lo que concuerda con la investigación de Gutiérrez et al., (2010) quienes demostraron que la aplicación de AS

a concentraciones de $1 \times 10^{-2} \text{M}$ y $1 \times 10^{-8} \text{M}$, aumenta la biomasa de plantas de soya, por otra parte San Miguel et al., (2003) reportaron que el AS aplicado en diferentes formas provoca el cierre de estomas y reduce la transpiración, aumentando la biomasa en soya y pinos.

3.1.5 NÚMERO DE FLORES POR RACIMO

En la tabla 7 y anexo 10, se observa la prueba de Tukey al 5% que analiza el número de flores por racimo, en donde se halla diferencias significativas entre las flores que posee cada planta puesta en estudio, en primer lugar en el Rango A se encuentra el tratamiento P1D1 que corresponde al Yodo Agrícola en una dosis de 1,0 cc/L con una media de 9 flores, también analizamos el Rango B en donde se ubica el tratamiento P2D1 que pertenece al Ácido salicílico con una dosis de 1,0 cc/L con una media de 7,33 flores y finalmente el testigo con una media de 5,67 flores.. El coeficiente de variación es de 13,46.

Tabla 7.

Prueba de Tukey al 5% para la comparación del número de flores por racimo

TRATAMIENTOS	Medias	E.E.	Rango
P1D1	9,00	0,61	A
P2D2	8,67	0,61	A B
P2D3	8,33	0,61	A B
P1D3	8,33	0,61	A B
P1D2	7,67	0,61	A B
P2D1	7,33	0,61	A B
T	5,67	0,61	B

Los tratamientos que recibieron aplicación de yodo y ácido salicílico presentan mayor número de flores por racimo en comparación con el testigo y esto puede ser ya que los dos productos aplicados incrementan el área foliar y por ende va dar mayor número de flores, lo que concuerda con Lawson y colaboradores, (2015) mostraron que en el cultivo de la lechuga mantecosa se observó una mayor acumulación de yodo en las partes comestibles usando KI como fertilizante en comparación con la aplicación al suelo y el contenido de yodo se obtuvo al tipo de fertilizante más bajo de 0,5 kg I-

·ha-1 . Por lo tanto, la técnica de fertilización foliar era claramente más eficaz para la biofortificación de yodo de lechuga mantecosa y se puede suponer que un número de otras verduras de hoja mostrará una respuesta similar, lo que demuestra que las aplicaciones foliares de yodo son un método adecuado para aumentar el contenido de yodo de lechuga mantecosa a un nivel apropiado sin reducción del rendimiento o menoscabo en la calidad comercializable.

3.1.6 DÍAS A LA FLORACIÓN

En la tabla 8 y anexo 11 se puede observar la Prueba Tukey al 5% que analiza los días a la floración, es decir los días que tuvieron que transcurrir hasta que la fresa empiece a florecer, mientras menos días tarde es mucho mejor, ya que adelantamos la producción del fruto. En esta variable se obtuvieron resultados significativos, ya que evidentemente el tratamiento P1D3, que representa al producto de Yodo agrícola con una dosis de 2,0 cc/L se observó una media de 50 días transcurridos a la floración, en segundo lugar está el tratamiento P1D2, que es el producto del Yodo agrícola con una dosis de 1,5 cc/L, que tiene una media de 51 días, luego le siguen los tratamientos P2D3, que corresponde al producto ácido salicílico en una dosis de 2,0 cc/L, el tratamiento P2D2 que es el producto ácido salicílico , dosis 1,5 cc/l, el tratamiento P2D1, ácido salicílico en una dosis de 1,0 cc/L. todos estos tratamientos comparten el Rango A en la prueba mientras que el testigo se ubica en el último lugar de la prueba (Rango B) con 58,67 días a la floración El coeficiente de variación es de 2,89.

Tabla 8.

Prueba Tukey al 5% para la comparación de días a la floración por planta entre tratamientos.

TRATAMIENTOS	Medias	E.E.	Rango
P1D3	50,67	0,89	A
P1D2	51,67	0,89	A
P2D3	52,67	0,89	A
P2D2	52,67	0,89	A
P2D1	53,33	0,89	A
P1D1	54,67	0,89	A B
T	58,67	0,89	B

Los tratamientos que recibieron aplicación de yodo y ácido salicílico presentan mayor número de flores por racimo en comparación con el testigo y esto se puede ser ya que los dos productos aplicados incrementan el área foliar y por ende van inducir a la floración, lo que concuerda con INTAGRI (2018), que menciona que el ácido salicílico es una hormona del grupo de compuestos fenólicos que está en los órganos vegetales y desempeña un papel fundamental en el crecimiento y desarrollo de las plantas, el mismo autor también asevera que el primer efecto fisiológico producido por el ácido salicílico fue como inductor de floración en ornamentales como gloxinias, violetas y petunia. Mientras que Kiferle et al., (2020) fundamentado en estudios fenotípicos da a conocer que las especies vegetales requieren del elemento que es el yodo agrícola, para fortalecer el crecimiento de sus órganos vegetales como son las hojas y raíces, así mismo es importante para poder obtener una fotosíntesis eficaz, este elemento ayuda a la floración, haciendo que la planta obtenga flores en un corto lapso de tiempo, también actúa en la producción de semillas ayudando que esta tenga una mayor producción y finalmente protege a la planta de daños bióticos y abióticos mediante un sistema de alarma temprana.

3.1.7 CLOROFILA TOTAL

En el anexo 12 se puede observar el análisis de la varianza de la clorofila en donde no existe valor significativo ya que el factor variable de tratamientos asemeja un valor de 0,5645 y este valor es mayor a 0,05; puesto que cuando un valor es $> 0,05$ estos valores no son significativos. Así mismo podemos analizar que la variable productos tiene un valor de 0,7784 el cual tampoco es significativo, otro factor variable es las dosis con un valor no significativo de 0,3287, también analizamos el factor variable Productos x Dosis que obtiene un valor de 0,5656 no significativo y finalmente Testigo vs Resto con un valor de 0,3832, estos valores no son significativo ya que todos sobrepasan el 0,05. El coeficiente de variación para esta variable es de 34,70 %.

Fernández, (2010) da a conocer que la clorofila se define como un pigmento verde el cual cautiva la energía lumínica y la convierte en energía química mediante la fotosíntesis. El autor menciona que en el ensayo se trabajó con hierbas comestible del tabasco, con el método espectrofotométrico en la concentración de clorofila a y b, en donde se encontraron valores altos con plantas de chipilín, momo y chaya sin embargo en comparación con estas plantas la espinaca aporta mejores resultados. Los valores bajos se obtuvieron con hojas de oreganón y cebollín.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Al finalizar la investigación se estableció que el producto más adecuado en el cultivo es el yodo agrícola (P1), que corresponde a YONEX, ya que a través de los datos estadísticos es el que más sobresale.
- Así mismo, se puede determinar que la Dosis más adecuada para el cultivo con el producto YONEX, es la D3 que corresponde a 2cc/L, ya que ha sobresalido en las variables estudiadas.
- Finalmente se determinó que, en la variable de la clorofila total, ninguno de los dos productos YONEX (yodo agrícola) y BRAX-T (ácido salicílico) tuvo influencia.

4.2 Recomendaciones

- De acuerdo a la investigación realizada se recomienda utilizar altas dosis de yodo agrícola en los cultivos de fresa para así obtener un mayor rendimiento y valor nutricional.
- Se recomienda aplicar los biofortificantes en cualquier tipo de cultivos para así obtener beneficios potenciales tanto en producción como en calidad.
- Se recomienda dar a conocer información sobre los biofortificantes a los agricultores para que así sus cultivos en todo el estado vegetativo se mantengan sanos y tengan una mayor rentabilidad y producción.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amachi S. (2008). Microbial contribution to global iodine cycling: volatilization, accumulation, reduction, oxidation, and sorption of iodine. *Microbes Environ.* 23, 269-276.
- Blanco, C. 2005. Análisis del desarrollo epifítico de moho gris y oidio en cultivares de fresa. Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad de Sevilla. España.
- Blanco, C., De los Santos, B., Y Romero, F. 2006. Relationship between concentrations of *Botrytis cinerea* conidia in air, environmental conditions, and the incidence of grey mould in strawberry flowers and fruits. *European Journal of Plant Pathology* (aceptado para publicación, diciembre 2005)
- Blasco B., J. Ríos J., Leyva R., L. Cervilla M., Sánchez, R. E., Rubio-Wilhelmi, Rosales M. M., M. Ruiz, and J. M. Romero. 2011. Does iodine biofortification affect oxidative metabolism in lettuce plants? *Biol. Trace Elem. Res* 142: 831-842.
- Blasco B., Leyva R., Romero L., Ruiz J. M. (2013). Iodine effects on phenolic metabolism in lettuce plants under salt stress. *J. Agric. Food Chem.* 61, 2591– 2596.
- Castañeda Otero Virginia, 2003. Variables que influyen en la producción de fresa en tres Estados productores, Tesis licenciatura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buena Vista, Saltillo, Coahuila. México
- FAO (2009). *The State of Food Insecurity in the World*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations
- Fernández T. (2010) Propiedades y beneficios de la clorofila. Dirección URL: <https://www.vix.com/es/imj/salud/2010/04/19/propiedades-y-beneficios-de-la-clorofila>. Fecha de consulta: 20 de abril 2017.

- Ferrucho González, A. M., & Ruíz González, D. (2013). Evaluación y comparación del comportamiento agronómico de dos cultivares de fresa ('albion' y 'monterey') sembrados a libre exposición y bajo macrotúnel en la sabana de Bogotá (Colombia).
- Flores Barona, M. D. (2018). Evaluación de sustratos y soluciones nutritivas en la producción hidropónica con sustratos sólidos en fresa (*Fragaria x ananassa*) (Bachelor's thesis).
- Gómez Martínez, J. A. (2006). *Descripción del comportamiento de insectos y enfermedades asociadas al cultivo de fresa (Fragaria spp, L) en el municipio de la Sabana, departamento de Madriz* (Doctoral dissertation, Universidad Nacional Agraria, UNA).
- Guerrero Urbano, H. V. (2018). *Determinación de las plagas y enfermedades que atacan al cultivo de Fresa (Fragaria sp.), en la comunidad de Chilcapamba, cantón Cotacachi, provincia de Imbabura* (Bachelor's thesis, El Angel: UTB, 2018).
- Gutierrez-Carbajal, M.G., M. Monforte-González, M. L. Miranda-Ham, G. Godoy Hernández y F. Vázquez-Flota (2010). Induction of capsaicinoids synthesis in *Capsicum chinense* cell cultures by salicylic acid or methyl jasmonate. *Biologia Plantarum*, 54, 430-434.
- INTAGRI. 2018. Efectos del Ácido Salicílico en los Cultivos. Serie Nutrición Vegetal Núm. 110. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 4 p.
- Kiferle, C., Martinelli M., Salzano, A.M., Gonzali, S., Beltrami, S., Salvadori, P.A., Hora, K., Holwerda, H.T., Scaloni, A., Perata, P. (2020) Evidences for a nutritional role of iodine in plants. *BioRxiv*.
- Lawson P. G., Daum D., Czauderna R., Meuser H., Härtling J. W. (2015). Soil versus foliar iodine fertilization as a biofortification strategy for field-grown vegetables. *Front. Plant Sci.* 6:450

- Mirre, C. M. (2015). *Evaluación de yodo agrícola como biofortificante en el cultivo de mora (Rubus glaucus Benth)* (Bachelor's thesis).
- OMS (Organización Mundial de la Salud). (2007). Evaluación de los trastornos por deficiencia de yodo y la Vigilancia de su Eliminación: Una Guía para los Directores de Programas. Ginebra (3ª edición) Pp 1-84
- Palma, V. (2009). Componentes del rendimiento de semilla de una población silvestre y un cultivar de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Quad. Bot. Amb. Appl.* 6: 181-187.
- Perdomo, O. (2019). Agropedia. Cultivo de fresa, cuidados, manejo, plagas y enfermedades. *Agrotendencia.* 2(8), 30
- PDOT, (2022). Obtenido de: http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusordenanza/0560000620001__ORDENANZA_ORDENAMIENTO%20TERRITORIAL_SALCEDO_15-01-2015_19-12-25.pdf
- Ramírez, G., & Zambrano, B. (Marzo de 2021). COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DEL CACAO CCN51 (*Theobroma cacao* L.) USANDO BIOESTIMULANTE ORGÁNICO A BASE DE EXTRACTOS DE ALGAS MARINAS. UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI: <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/730>
- Reigada Olaizola, A. (2012). Más allá del discurso sobre la " inmigración ordenada": Contratación en origen y feminización del trabajo en el cultivo de la fresa en Andalucía. *Política y sociedad*, 49 (1), 103-122.
- Restrepo, L., Góngora, T., & López, B. (2020). Biofortificación de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) con cianocobalamina y micronutrientes aminoquelados (Zn, Fe). *Revista Española de Nutrición Humana y Dietética*, 4-5.

- Rivas-San Vicente, M. y J. Plasencia (2011). Salicylic acid beyond defense: Its role in plant growth and development. *Journal of Experimental Botany*, 1, 1-18.
- Roig, B. P., Herráez, N. A., Alfaro, A. M., Rigual, F. C., & Moreno, S. S. (2006, September). Bocio endémico y déficit de yodo: ¿sigue siendo una realidad en España? In *Anales de Pediatría* (Vol. 65, No. 3, pp. 234-240). Elsevier Doyma.
- Terry, B. (2008). Naturaleza, severidad y situación actual de los desórdenes por deficiencia de yodo. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología versión Online ISSN*, 46 (2): 1561-3003.
- Vélez, R., Valverde, F., & Alvarado Ochoa, S. P. (2013). Efecto de la fertilización foliar y edáfica con hierro y zinc sobre la biofortificación agronómica del tubérculo de papa (*Solanum tuberosum* L.) bajo condiciones de invernadero.

ANEXOS

Anexo 1. Ubicación de camas y obtención de los productos (YONEX y BRAX-T)



Anexo 2. Preparación de rótulos y etiquetas para la identificación de tratamientos.



Anexo 3. Aplicación de los productos P1, yodo agrícola (YONEX) y P2, ácido salicílico (BRAX-T) en el cultivo de fresa a diferentes dosis con la bomba de mochila.



Anexo 4. Toma de datos después de 15 días desde la última aplicación.



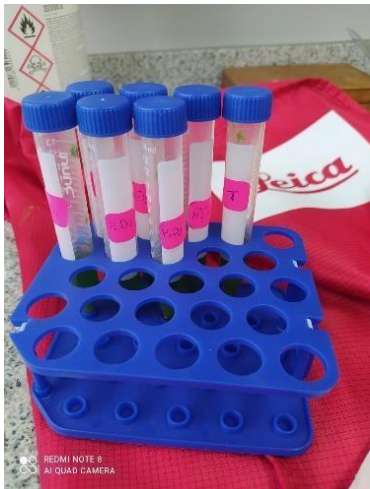
Anexo 5. Análisis de la cuantificación de la clorofila por el método de espectrofotométrico, realizado en los laboratorios de la Facultad de Ciencias Agropecuarias.



Anexo 6. Picado, pesado y trituración de las hojas



Anexo 7. Centrifugado

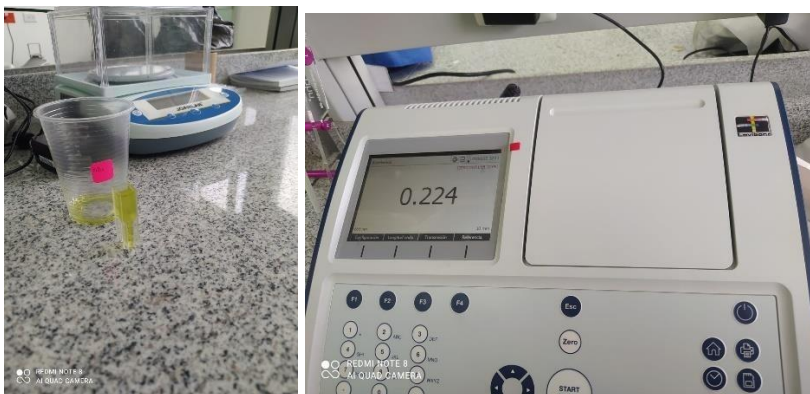




Anexo 8. Dilución



Anexo 9. Lectura



Anexo 10. Resultados cuantificación de la clorofila

	Abs 663	Abs 645	clorofila A	Abs 645	Abs 663	clorofila B	total				
1	12,7	0,138	2,69	0,058	1,99554	22,9	0,058	4,68	0,138	0,68236	2,27894
2	12,7	0,224	2,69	0,089	2,50539	22,9	0,089	4,68	0,224	0,98978	3,59517
3	12,7	0,281	2,69	0,113	3,26473	22,9	0,113	4,68	0,281	1,27262	4,53735
4	12,7	0,269	2,69	0,177	2,94017	22,9	0,177	4,68	0,269	2,79438	5,73455
5	12,7	0,176	2,69	0,081	2,01731	22,9	0,081	4,68	0,176	1,03122	3,04853
6	12,7	0,257	2,69	0,1	2,9049	22,9	0,1	4,68	0,257	1,08724	4,08714
7	12,7	0,294	2,69	0,119	3,41369	22,9	0,119	4,68	0,294	1,34918	4,76287
8											
9											
10											
11	12,7	0,175	2,69	0,084	1,99554	22,9	0,084	4,68	0,175	1,1046	3,10114
12	12,7	0,317	2,69	0,144	3,63854	22,9	0,144	4,68	0,317	1,81404	5,45258
13	12,7	0,512	2,69	0,218	5,91598	22,9	0,218	4,68	0,512	2,59604	8,51202
14	12,7	0,231	2,69	0,107	2,64587	22,9	0,107	4,68	0,231	1,36922	4,01509
15	12,7	0,354	2,69	0,167	4,04657	22,9	0,167	4,68	0,354	2,16758	6,21415
16	12,7	0,366	2,69	0,17	4,1909	22,9	0,17	4,68	0,366	2,18012	6,37102
17	12,7	0,19	2,69	0,076	2,20856	22,9	0,076	4,68	0,19	0,8512	3,05976
18											

	Abs 663	Abs 645	clorofila A	Abs 645	Abs 663	clorofila B	total				
10	12,7	0,175	2,69	0,084	1,99554	22,9	0,084	4,68	0,175	1,1046	3,10114
11	12,7	0,317	2,69	0,144	3,63854	22,9	0,144	4,68	0,317	1,81404	5,45258
12	12,7	0,512	2,69	0,218	5,91598	22,9	0,218	4,68	0,512	2,59604	8,51202
13	12,7	0,231	2,69	0,107	2,64587	22,9	0,107	4,68	0,231	1,36922	4,01509
14	12,7	0,354	2,69	0,167	4,04657	22,9	0,167	4,68	0,354	2,16758	6,21415
15	12,7	0,366	2,69	0,17	4,1909	22,9	0,17	4,68	0,366	2,18012	6,37102
16	12,7	0,19	2,69	0,076	2,20856	22,9	0,076	4,68	0,19	0,8512	3,05976
17											
18											
19											
20	12,7	0,348	2,69	0,148	4,02148	22,9	0,148	4,68	0,348	1,76056	5,78204
21	12,7	0,306	2,69	0,129	3,53919	22,9	0,129	4,68	0,306	1,52202	5,06121
22	12,7	0,398	2,69	0,138	3,54028	22,9	0,138	4,68	0,398	1,71876	5,25914
23	12,7	0,131	2,69	0,066	1,48616	22,9	0,066	4,68	0,131	0,89832	2,38448
24	12,7	0,36	2,69	0,164	4,13084	22,9	0,164	4,68	0,36	2,0708	6,20164
25	12,7	0,203	2,69	0,091	2,33331	22,9	0,091	4,68	0,203	1,13386	3,46717
26	12,7	0,224	2,69	0,092	2,59732	22,9	0,092	4,68	0,224	1,05848	3,6558
27											

Anexo 11. Número de hojas por planta

Número de hojas por planta					
Tratamiento	I	II	III	Total	Media
P1D1	12	14	15	41	13,67
P1D2	9	15	15	39	13,00
P1D3	11	17	17	45	15,00
P2D1	10	14	16	40	13,33
P2D2	12	14	16	42	14,00
P2D3	10	13	14	37	12,33
T	8	11	11	30	10,00

Número de hojas por planta

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Numero de hojas por planta	21	0,92	0,86	7,45

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
BLOQUES	82,67	2	41,33	43,76	<0,0001 **
TRATAMIENTOS	44,95	6	7,49	7,93	0,0013 **
PRODUCTOS	2,00	1	2,00	0,27	0,6110 ns
DOSIS	0,11	2	0,06	0,01	0,9925 ns
PRODUCTOS*DOSIS	10,33	2	5,17	0,70	0,5137 ns
TESTIGO VS RESTO	32,51	1	32,51	34,42	0,0001 **
Error	11,33	12	0,94		
Total	138,95	20			

ns (no significativo)

** (altamente significativo)

Anexo 12. Diámetro del peciolo

Diámetro del peciolo (mm)					
Tratamiento	I	II	III	Total	Media
P1D1	2,4	2	2,1	6,5	2,17
P1D2	2,2	2,3	2,1	6,6	2,20
P1D3	2,4	2,1	1,7	6,2	2,07
P2D1	2,3	2	2	6,3	2,10
P2D2	2,2	2,6	2,1	6,9	2,30
P2D3	2,2	2	1,9	6,1	2,03
T	2	1,8	1,6	5,4	1,80

Diámetro del peciolo (mm)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Diámetro del peciolo (mm)	21	0,71	0,51	7,92

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
BLOQUES	0,35	2	0,17	6,35	0,0132 *
TRATAMIENTOS	0,45	6	0,07	2,72	0,0661 ns
PRODUCTOS	0,00	1	0,00	0,00	>0,9999 ns
DOSIS	0,12	2	0,06	1,21	0,3318 ns
PRODUCTOS*DOSIS	0,02	2	0,01	0,23	0,7954 ns
TESTIGO VS RESTO	0,31	1	0,31	11,08	0,0060 **
Error	0,33	12	0,03		
Total	1,13	20			

ns (no significativo)

*(significativo)

** (altamente significativo)

Anexo 13. Longitud del peciolo

Longitud del peciolo (cm)					
Tratamiento	I	II	III	Total	Media
P1D1	7,7	7,9	7,8	23,4	7,80
P1D2	7,5	6,9	8,9	23,3	7,77
P1D3	7,8	8,6	7,3	23,7	7,90
P2D1	6,8	8,1	8,1	23	7,67
P2D2	8,1	8,1	9,4	25,6	8,53
P2D3	7,3	7,2	8,7	23,2	7,73
T	6,5	6	7,1	19,6	6,53

Longitud del peciolo (cm)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Longitud del peciolo (cm)	21	0,65	0,42	8,16

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
BLOQUES	2,52	2	1,26	3,19	0,0777 ns
TRATAMIENTOS	6,34	6	1,06	2,67	0,0694 ns
PRODUCTOS	0,11	1	0,11	0,20	0,6654 ns
DOSIS	0,58	2	0,29	0,53	0,6037 ns
PRODUCTOS*DOSIS	0,84	2	0,42	0,76	0,4892 ns
TESTIGO VS RESTO	4,80	1	4,80	12,16	0,0045 **
Error	4,74	12	0,39		
Total	13,59	20			

ns (no significativo)

** (altamente significativo)

ANEXO 14. Diámetro de la copa de la planta

Diámetro de la copa (cm)					
Tratamiento	I	II	III	Total	Media
P1D1	35	31,4	30,3	96,7	32,23
P1D2	29,2	30,5	31,5	91,2	30,40
P1D3	33,2	32,7	28,7	94,6	31,53
P2D1	34,4	34,4	31,6	100,4	33,47
P2D2	31,1	33,2	31,1	95,4	31,80
P2D3	31,3	30,6	31,4	93,3	31,10
T	27,2	27,9	28,1	83,2	27,73

Diámetro de la copa (cm)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Diámetro de la copa (cm)	21	0,69	0,48	5,01

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
BLOQUES	6,68	2	3,34	1,37	0,2911 ns
TRATAMIENTOS	58,03	6	9,67	3,97	0,0202 *
PRODUCTOS	2,42	1	2,42	0,82	0,3833 ns
DOSIS	10,92	2	5,46	1,85	0,1997 ns
PRODUCTOS*DOSIS	3,08	2	1,54	0,52	0,6064 ns
TESTIGO VS RESTO	41,60	1	41,60	17,08	0,0014 **
Error	29,23	12	2,44		
Total	93,93	20			

ns (no significativo)

*(significativo)

** (altamente significativo)

ANEXO 15. Número de flores por racimo

Número de flores por racimo					
Tratamiento	IR	IIR	IIR	Total	Media
P1D1	11	9	7	27	9
P1D2	7	8	8	23	7,67
P1D3	9	8	8	25	8,33
P2D1	7	7	8	22	7,33
P2D2	10	8	8	26	8,67
P2D3	9	9	7	25	8,33
T	5	6	6	17	5,67

Número de flores por racimo

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Numero de flores por racimo	21	0,65	0,42	13,46

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
BLOQUES	2,57	2	1,29	1,15	0,3495 ns
TRATAMIENTOS	22,57	6	3,76	3,36	0,0351 *
PRODUCTOS	0,22	1	0,22	0,17	0,6840 ns
DOSIS	0,11	2	0,06	0,04	0,9576 ns
PRODUCTOS*DOSIS	5,44	2	2,72	2,13	0,1615 ns
T vs RESTO	16,79	1	16,7	15,01	0,0022 **
Error	13,43	12	1,12		
Total	38,57	20			

ns (no significativo)

*(significativo)

** (altamente significativo)

ANEXO 16. Días a la floración

Días a la floración					
Tratamiento	IR	IIR	IIIR	Total	Media
P1D1	55	54	55	164	54,67
P1D2	52	51	52	155	51,67
P1D3	52	50	50	152	50,67
P2D1	55	50	55	160	53,33
P2D2	53	52	53	158	52,67
P2D3	50	54	54	158	52,67
T	60	58	58	176	58,67

Días a la floración

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Días a la floración	21	0,82	0,70	2,89

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
BLOQUES	6,10	2	3,05	1,28	0,3134 ns
TRATAMIENTOS	122,57	6	20,43	8,58	0,0009 **
PRODUCTOS	1,39	1	1,39	0,52	0,4843 ns
DOSIS	18,11	2	9,06	3,40	0,0678 ns
PRODUCTOS*DOSIS	8,78	2	4,39	1,65	0,2335 ns
T vs Resto	94,29	1	94,29	39,60	<0,0001 **
Error	28,57	12	2,38		
Total	157,24	20			

ns (no significativo)

** (altamente significativo)

ANEXO 17. Cuantificación de clorofila

Clorofila Total						
Tratamiento	I	II	III	Total	Media	
P1D1	2,28	3,1	5,78	11,16	3,72	
P1D2	3,6	5,45	5,06	14,11	4,70	
P1D3	4,54	8,51	5,26	18,31	6,10	
P2D1	5,73	4,02	2,38	12,13	4,04	
P2D2	3,05	6,21	6,2	12,89	4,30	
P2D3	4,08	6,37	3,47	13,92	4,64	
T	4,76	3,06	3,66	11,48	3,83	

Clorofila Total

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Clorofila Total	21	0,37	0,00	34,70

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
BLOQUES	5,41	2	2,71	1,06	0,3758 ns
TRATAMIENTOS	12,78	6	2,13	0,84	0,5645 ns
PRODUCTOS	0,24	1	0,24	0,08	0,7784 ns
DOSIS	7,02	2	3,51	1,22	0,3287 ns
PRODUCTOS*DOSIS	3,43	2	1,72	0,60	0,5656 ns
T vs RESTO	2,09	1	2,09	0,82	0,3832 ns
Error	30,55	12	2,55		
Total	48,74	20			

ns (no significativo)