



Efecto de tres dosis de boro sobre las variables agronómicas y de calidad de *Fragaria x ananassa* en un sistema semi hidropónico

Hidalgo Yuccha, Rafael Alexander

Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Ingeniero Agropecuario

Ing. Landázuri Abarca, Pablo Anibal, Mgtr.

5 de febrero del 2023



Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura
Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Certificación:

Certifico que el trabajo de titulación: **Efecto de tres dosis de boro sobre las variables agronómicas y de calidad de *Fragaria x ananassa* en un sistema semi hidropónico**, fue realizado por el señor: **Hidalgo Yuccha, Rafael Alexander**; el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizado en su totalidad por la herramienta para verificación y/o análisis de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Sangolquí, 5 de febrero de 2023



Firmado digitalmente por
**PABLO ANIBAL
LANDAZURI
ABARCA**

Ing. Landázuri Abarca, Pablo Anibal, Mgtr.

C. C.: 170826234-8

Resultados de la herramienta para verificación y/o análisis de similitud de contenido

5/2/23, 17:59

RAFAEL ALEXANDER HIDALGO YUCCHA - TESIS

Informe de originalidad

NOMBRE DEL CURSO

TESIS 2023 UTITULACIÓN

NOMBRE DEL ALUMNO

RAFAEL ALEXANDER HIDALGO YUCCHA

NOMBRE DEL ARCHIVO

RAFAEL ALEXANDER HIDALGO YUCCHA - TESIS

SE HA CREADO EL INFORME

5 feb 2023

Resumen

Fragmentos marcados	7	2 %
Fragmentos citados o entrecomillados	1	0,1 %
Coincidencias de la Web		
espe.edu.ec	2	0,8 %
books.google.com	2	0,4 %
cgiair.org	1	0,2 %
bibliotecasdelecuador.com	1	0,1 %
gardengreen.com.co	1	0,1 %
umsa.bo	1	0,1 %



PABLO ANIBAL
LANDAZURI
ABARCA

.....
Ing. Landázuri Abarca, Pablo Anibal, Mgtr.

C. C.: 170826234-8



Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura
Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Responsabilidad de Autoría

Yo, **Hidalgo Yuccha, Rafael Alexander**, con cédula de ciudadanía No. 1724488315, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo titulación: **Efecto de tres dosis de boro sobre las variables agronómicas y de calidad de *Fragaria x ananassa* en un sistema semi hidropónico**, es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Sangolquí, 5 de febrero de 2023

Hidalgo Yuccha, Rafael Alexander

C.C.: 172448831-5



Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura
Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Autorización de Publicación

Yo, **Hidalgo Yuccha, Rafael Alexander**, con cédula de ciudadanía No. 1724488315 autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **Efecto de tres dosis de boro sobre las variables agronómicas y de calidad de *Fragaria x ananassa* en un sistema semi hidropónico**, en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios es de mi responsabilidad.

Sangolquí, 5 de febrero de 2023

.....
Hidalgo Yuccha, Rafael Alexander

C.C.: 1724448831-5

DEDICATORIA

A Dios, quien siempre me ha cuidado, guiado mis pasos, me ha colmado de bendecido en mi largo camino estudiantil y nunca me ha dejado desmayar en los momentos más difíciles que se han presentado en mi vida.

A mi madre Virginia, por ser la mujer que siempre me ha brindado su apoyo en todo momento, y ha hecho de mí un hombre de bien, trabajador, responsable, respetuoso, honesto y amable con los demás; por esto y muchas cosas más que mi madre me ha dado en toda mi vida, le dedico este gran esfuerzo.

A mi padre Rafael, quien siempre me ha apoyado en todo lo que he necesitado y nunca me ha faltado nada, por su gran esfuerzo y trabajo, el cual se ve reflejado en este gran logro que he alcanzado, gracias por todo papá.

Rafael Alexander Hidalgo Yuccha

AGRADECIMIENTO

A mis padres, por su apoyo, paciencia y compañía durante toda mi carrera universitaria. Por el esfuerzo y el trabajo que tuvieron que hacer para hacer de mi un profesional y ayudarme a efectuar este proyecto. No tengo palabras que expresen adecuadamente lo agradecido que estoy con mis viejos.

A mis hermanos Cristian y Abigail por apoyarme y ayudarme en las dificultades que se presentaron a lo largo de mi formación, gracias por todo, si se pudo.

A mis tíos, en especial a mi tío Froilán. Que me apoyaron con su gratino de arena cuando más lo necesitaba. Gracias por su paciencia.

A los docentes: Ing. Pablo Landázuri, Dr. Darwin Rueda, Dr. Falconi y Lic. Marco Taco, por ayudarme incondicionalmente con sus conocimientos durante todo el proceso de mi proyecto de tesis, permitiéndome lograr los objetivos establecidos en el mismo. Gracias por su paciencia y amabilidad.

A mis amigos: Mishell Cisneros, Nikole Morales, Jerson Analuisa, Dayana Suntaxi, Álvaro Albán, Flor Guaña, Manuel Camacho y Patricio Espinoza. Gracias por enseñarme el verdadero significado de la amistad y lealtad, por el apoyo brindado durante toda mi vida universitaria, por ayudarme a concluir satisfactoriamente mi proyecto de tesis y estar conmigo en los buenos y malos momentos que hemos pasado. Infinitas gracias a ustedes amigos, los llevare en mi corazón siempre.

Rafael Alexander Hidalgo Yuccha

Índice de contenidos

Carátula.....	1
Certificación	2
Resultados de la herramienta para verificación y/o análisis de similitud de contenido	3
Responsabilidad de Autoría	4
Autorización de Publicación	5
DEDICATORIA	6
AGRADECIMIENTO	7
Índice de contenidos.....	8
Índice de tablas.....	12
Índice de figuras.....	13
RESUMEN	15
ABSTRACT	16
CAPÍTULO I	17
INTRODUCCIÓN	17
Antecedentes	17
Justificación.....	19
Objetivos.....	21
Objetivo general	21
Objetivos específicos.....	21
Hipótesis.....	21
CAPÍTULO II	23
MARCO REFERENCIAL	23

Cultivo de frutilla (<i>Fragaria x ananassa</i>).....	23
Morfología de la frutilla	23
Variedades de frutilla	24
Variedades	25
Monterrey.....	25
Diamante.....	25
Albión	25
Oso negro	26
Requerimientos del cultivo	26
Condiciones edafoclimáticas.....	26
Requerimiento nutricional.....	27
Hidroponía.....	29
Semi hidroponía	30
Solución nutritiva.....	31
El Agua	31
pH.....	31
Conductividad eléctrica	32
Oxigenación.....	32
Sustrato	32
Pomina.....	32
Cascarilla de arroz.....	33

Fibra de coco	33
Análisis económico	33
Análisis de presupuesto parcial propuesto por Perrín	33
CAPÍTULO III	35
MATERIALES Y MÉTODOS	35
Ubicación y características del lugar donde se montó la investigación	35
Preparación del sustrato y siembra de la frutilla	35
Periodo de aclimatación.....	35
Fertilización	36
Manejo del cultivo de frutilla.....	37
Evaluación de variables	38
Variables Agronómicas	39
Altura.....	39
Longitud de raíz.....	39
Número de hojas verdaderas	39
Área foliar	39
Número de flores por planta.....	39
Diámetro de la flor	39
Número de frutos por planta.....	40
Peso de la producción.....	40
Peso húmedo y peso seco	40
Porcentaje de clorofila	40

Análisis nutrimental de B.....	42
Variables de calidad.....	42
Clasificación comercial del fruto.....	42
Grados °Brix	42
Análisis de datos	42
Análisis económico	43
Análisis de agua	43
CAPÍTULO IV.....	44
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	44
Variables agronómicas.....	44
Altura.....	44
Longitud de la raíz	46
Número de hojas verdaderas.....	46
Área foliar	47
Número de flores por planta.....	50
Diámetro de la flor	51
Número de frutos por planta.....	52
Peso de la producción	52
Peso húmedo y peso seco	52
Contenido de clorofila	53
Análisis Nutrimental de B	54
Variables de calidad.....	54

Clasificación comercial	54
Diámetro transversal del fruto	54
Grados °Brix	55
Clasificación de los frutos.....	55
Análisis económico de presupuesto parcial de Perrín	57
CAPÍTULO V.....	60
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	60
Conclusiones.....	60
Recomendaciones	60
Bibliografía	61

Índice de tablas

Tabla 1 Concentración (mg. L ⁻¹) de nutrientes esenciales de acuerdo con Yamazaki.....	36
Tabla 2 Resultados fisicoquímicos del agua usada para riego	43
Tabla 3 Media ± desviación estándar de las variables agronómicas a los 150 DDT	44
Tabla 4 Media ± desviación estándar, de las variables flor, fruto y producción a los 150 DDT .	51
Tabla 5 Media ± desviación estándar de las variables agronómicas a los 150 DDT	53
Tabla 6 Media ± desviación estándar de las variables de calidad del fruto	55
Tabla 7 Costos variables y beneficio neto obtenidos en cada tratamiento.....	58

Índice de figuras

Figura 1 Preparación del sustrato y siembra de las plántulas de frutilla	35
Figura 2 Preparación de solución nutritiva	36
Figura 3 Infraestructura del sistema de riego.....	37
Figura 4 Disposición del experimento en el campo.....	38
Figura 5 Determinación de variables agronómicas	40
Figura 6 Determinación de clorofila mediante espectrofotómetro	41
Figura 7 Altura (cm) promedio por plantas durante el ciclo del cultivo	45
Figura 8 Numero de hojas verdaderas promedio por planta durante el ciclo del cultivo.....	47
Figura 9 Área foliar (cm) promedio por planta durante el ciclo del cultivo	48
Figura 10 Plantas tratadas con diferentes dosis de B.....	49
Figura 11 Decoloración y quemaduras en la punta de las hojas a causa de la falta de B.....	50
Figura 12 Flores extraídas de plantas tratadas con diferentes concentraciones de B	51
Figura 13 Clasificación de frutos a) Grado 1 y b) Grado 2	56
Figura 14 Fruto clasificado en Grado 1 y Grado 2.....	56
Figura 15 Deformación de frutos a causa de dosis diferentes de B.....	57
Figura 16 Relación costo / beneficio para indicar la dominados entre tratamientos con dosis diferentes de B	59

RESUMEN

El Boro (B) es un micronutriente muy importante en la agricultura, ya que interviene en varios procesos como: multiplicación, diferenciación y elongación de las células de los tejidos vegetales. Además, ayuda en la regulación, transporte y metabolismo de los carbohidratos y proteínas de las plantas. Su ausencia provoca una limitación en el desarrollo del tubo polínico, causando una reducción en la fertilidad de la flor y produciendo esterilidad floral, frutos deformes, pequeños y de mala calidad comercial. Sin embargo, en Ecuador no hay estudios de la importancia del B y las consecuencias que puede traer su ausencia en la frutilla, por lo tanto, en este experimento se evaluó el efecto de tres dosis de B ($T1 = 0.01 \text{ mg. L}^{-1}$, $T2 = 0.15 \text{ mg. L}^{-1}$ y $T3 = 0.3 \text{ mg. L}^{-1}$) sobre las variables agronómicas y de calidad de *Fragaria x ananassa* en un sistema semi hidropónico. Los resultados fueron analizados mediante un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones, un análisis de varianza y una prueba de Tukey al 5% para la comparación de medias. En las variables agronómicas el T3 (0.3 mg. L^{-1}) presentó los mejores resultados en la altura (23.25 ± 0.50) cm, longitud de la raíz (33.50 ± 2.52) cm, número de hojas (11.00 ± 0.47), área foliar (253.92 ± 5.84) cm^2 , número de flores (7.17 ± 0.19), diámetro de la flor (2.74 ± 0.10) cm, número de frutos (7.17 ± 0.19), peso seco (47.34 ± 2.87) g, peso húmedo (228.88 ± 73.74) g, peso de la producción (693.3 g) y análisis nutrimental ($34.55 \text{ mg. Kg}^{-1}$). El T2 (0.15 mg. L^{-1}) alcanzó los mejores resultados en contenido de clorofila con (1.71 ± 0.03) mg. g^{-1} . Para las variables de calidad el T3 (0.3 mg. L^{-1}) obtuvo los mejores resultados en el número de frutos en función a la clasificación comercial de las normas USDA (Grado 1 comercial = 16 y Grado 2 industrial = 10), diámetro transversal (37.04 ± 3.97) mm y grados °Brix (7.74 ± 0.83). Estos resultados dan a conocer la importancia del B en el desarrollo y producción del cultivo de frutilla.

Palabras clave: Frutilla (*Fragaria x ananassa*), Boro, Fertilización, Semi hidroponía.

ABSTRACT

Boron (B) is a very important micronutrient in agriculture, since it is involved in several processes such as: multiplication, differentiation and elongation of plant tissue cells. It also helps in the regulation, transport and metabolism of carbohydrates and proteins in plants. Its absence causes a limitation in the development of the pollen tube, causing a reduction in the fertility of the flower and producing floral sterility, deformed fruits, small and of poor commercial quality. However, in Ecuador there are no studies on the importance of B and the consequences that its absence can bring in strawberries, therefore, in this experiment the effect of three doses of B ($T_1 = 0.01 \text{ mg L}^{-1}$, $T_2 = 0.15 \text{ mg L}^{-1}$ and $T_3 = 0.3 \text{ mg L}^{-1}$) on the agronomic and quality variables of *Fragaria x ananassa* in a semi-hydroponic system was evaluated. The results were analyzed using a completely randomized design with four replications, an analysis of variance and a 5% Tukey test for the comparison of means. In the agronomic variables, T_3 (0.3 mg. L^{-1}) presented the best results in height (23.25 ± 0.50) cm, root length (33.50 ± 2.52) cm, number of leaves (11.00 ± 0.47), leaf area (253.92 ± 5.84) cm^2 , number of flowers (7.17 ± 0.19), flower diameter (2.74 ± 0.10) cm, number of fruits (7.17 ± 0.19), dry weight (47.34 ± 2.87) g, wet weight (228.88 ± 73.74) g, yield weight (693.3 g) and nutrient analysis (34.55 mg kg^{-1}). T_2 (0.15 mg. L^{-1}) achieved the best results in chlorophyll content with (1.71 ± 0.03) mg. g^{-1} . For the quality variables, T_3 (0.3 mg. L^{-1}) obtained the best results in the number of fruits according to the commercial classification of the USDA standards (commercial grade 1 = 16 and industrial grade 2 = 10), transverse diameter (37.04 ± 3.97) mm and °Brix degrees (7.74 ± 0.83). These results show the importance of B in the development and production of the strawberry crop.

Keywords: Strawberry (*Fragaria x ananassa*), Boron, Fertilization, Semi hydroponics.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Antecedentes

En Ecuador el cultivo de frutilla es de mucha importancia para la agricultura local desde el punto de vista económico, Quishpe (2013), en donde las provincias de mayor producción son Imbabura, Tungurahua y Pichincha que en conjunto reúnen un área que supera las 400 ha destinadas al cultivo de esta fruta. Se sabe que la zona del nororiente de Quito conformada por Yaruquí, Pifo, Tababela, Checa, El Quinche y Ascázubi son algunas de las parroquias que más cultivan frutilla en Pichincha, haciéndole a esta provincia la principal productora, ya que se cosecha entre 5 mil a 6 mil cajas diarias, dando un total de 30.000 ton mensuales de fruta, Zambrano (2015).

El cultivo presenta un incremento anual de superficie plantada de entre el 20% y 30%, de cuya producción el 60% es destinada al consumo nacional, ya sea está fresca o procesada en forma de helado, mermelada, yogurt y refrescos; y el 40% restante se exporta a Estados Unidos, España y Países Bajos principalmente en forma de almíbar, siendo el producto más demandado en el mercado, Tustón (2012).

El uso de tecnologías innovadoras, como es la implementación del sistema semi hidropónico en el cultivo de frutilla, ha permitido incrementar la producción en un promedio del 30 al 40%, esto en comparación con las técnicas tradicionales agrícolas, Treftz (2015).

En Ecuador, mediante el uso de este sistema se ha evaluado varias soluciones nutritivas como son Yamazaki, Steiner 50% y Furlani & Fernandez, formuladas a base de macro y micronutrientes que han permitiendo examinar el rendimiento y calidad de las variedades de frutilla Monterrey y Albión, obteniendo resultados muy prometedores, Encalada (2020), así mismo se han analizado variedades de sustratos de origen lignocelulósico y mineral, llegando a la conclusión de que los sustratos a base de pomina y arena de río favorecen el óptimo desarrollo y permiten un adecuado comportamiento agronómico de este

cultivo, Trujillos (2019); sin embargo, hay muy escasa información del impacto que puede tener en la producción de frutilla, la restricción o deficiencia de un solo micronutriente como es el Boro, el cual es muy importante en el cuajado del fruto.

El cultivo de frutilla requiere de condiciones óptimas para su adecuado desarrollo, por lo tanto, nuestro país al presentar diversos pisos edafoclimáticos, algunos de ellos no permiten tener un correcto crecimiento de la planta. Tomando en consideración esta problemática se ha buscado desarrollar variedades de frutilla con características específicas para que sean resistentes a ciertas adversidades y mejoren su rendimiento productivo, Quispe (2013).

Además, para garantizar la máxima expresión de la variedad usada es necesario que la planta tenga a disposición todos los nutrientes que requiera para evitar complicaciones en su desarrollo y su producción satisfaga la demanda del mercado, Will & Jones (1992). Un ejemplo relacionado a la carencia de nutrientes, es un estudio realizado en quinua donde Alfonso, *et al.* (2017), quienes sometieron a dicho cultivo a deficiencia de ciertos nutrientes como el N, K, B, Mg y P, empleando varias soluciones nutritivas y usando el método de elemento faltante, obteniendo como resultado la reducción de la producción y problemas en el crecimiento de la planta.

Del mismo modo, un estudio realizado por Cadena (2022), evaluó el efecto que produce la deficiencia de magnesio (Mg) en frutilla, analizando principalmente las variables agronómicas, productivas y económicas. Se llegó a la conclusión de que, al someter al cultivo a bajas concentraciones de Mg, este presenta un bajo rendimiento en altura, número de flores y frutos (diámetro y peso), y contenido de clorofila en la planta. Para el caso del análisis económico, se obtuvieron costos de producción altos, al realizar una inversión similar en todos los tratamientos evaluados.

Es importante añadir un análisis económico para que luego del estudio realizado los productores agrícolas puedan tomar decisiones adecuadas en la adquisición de nuevas tecnologías, de manera que a la par logren incrementar su producción e ingresos monetarios.

Para obtenerlo, es necesario realizar un análisis comparativo entre la deficiencia de nutrientes y la reducción en la producción, con el objetivo de cuantificar las dosis, dando a conocer lo importante que es la aplicación de diversos elementos de manera adecuada en las distintas etapas de desarrollo de la planta, evitando desperdiciar fertilizantes.

Justificación

Los agricultores del Ecuador desaprovechan nuevas alternativas de producción como los sistemas hidropónicos, debido a los elevados costos iniciales de inversión que representa la instalación de la infraestructura, además hay muy pocos profesionales expertos en el uso y manejo de esta tecnología, sin embargo, hay que tomar en cuenta que estas nuevas técnicas ayudan a explotar adecuadamente los grandes recursos naturales. La hidroponía permite el uso de agroquímicos de manera eficaz, específicamente fertilizantes, muy importantes en el correcto desarrollo de las plantas e incremento de su producción.

Pero hay que tomar en cuenta que, para obtener los resultados esperados, depende mucho de la fuente, dosis y forma de aplicación de los nutrientes al cultivo. Por lo tanto, es necesario tener un manejo responsable, sostenible y productivo de las plantaciones, logrando un correcto equilibrio entre la parte ambiental, social y económica, Avitia, *et al.* (2014).

Para obtener una mejora que favorezca en la producción, se debe tomar en cuenta la concentración de los nutrientes que se encuentran en la planta y que esta no presente deficiencias, ya que el boro es un micronutriente esencial en la producción vegetal debido a que juega un papel importante en la división, diferenciación y elongación celular de los nuevos tejidos, también forma parte de la regulación, transporte y metabolismo de los carbohidratos y proteína, entre otras. Sin embargo, la función de mayor importancia es la participación en la germinación del tubo polínico y por consiguiente mejora el cuajado de los frutos, Cakmak (2015).

Este elemento también participa en funciones metabólicas y estructurales en donde no puede ser sustituido porque su ausencia puede exhibir anomalías en su crecimiento,

desarrollo y producción que posteriormente no se lograrían corregir con su aplicación, Gutiérrez & Torres (2013).

Algo muy importante a considerar es la dificultad que hay en alcanzar un plan de manejo nutricional que responda adecuadamente a las necesidades que tienen los cultivos dependiendo de su etapa de desarrollo, evitando aplicaciones excesivas o innecesarias de fertilizantes, que se relacionan directamente con pérdidas económicas a consecuencia de los elevados precios que actualmente se manejan en los centros agropecuarios donde se distribuyen estos productos agroquímicos, por lo que desperdiciar no es una opción. A esto se suma también la contaminación de los suelos, de las fuentes de agua y aire.

Pero no solo el exceso presenta problemas sino también la deficiencia de ciertos elementos nutricionales puede producir daños fisiológicos a la planta afectando la producción final del cultivo. Por lo tanto, es muy necesario establecer un plan que garantice una adecuada fertilización, minimizando los gastos y mejorando la relación costo - beneficio, brindando al consumidor productos de calidad que hoy en día es muy importante por consecuencia de la pandemia que se está viviendo, Alfonso, *et al.* (2017).

Por lo tanto, la nutrición adecuada y suficiente del Boro en las plantas es de mucha importancia, ya que con este micronutriente se realizan un sinnúmero de procesos fisicoquímicos dentro de esta. Un estudio realizado en frutilla sometida a deficiencia de Boro en dos dosis de 0 mg y 0.08 mg por litro de solución nutritiva desde el momento de la siembra hasta el instante de la cosecha. Se obtuvo como resultado que la deficiencia de boro afecta a la fisiología de la planta y provoca la malformación de los frutos en un promedio del 85 % a 90%, Lieten (2002).

En nuestro país no se ha efectuado estudios relacionados con el efecto que puede producir la deficiencia de boro en el cultivo de frutilla, tanto fisiológica como económicamente. Por tal motivo el presente estudio busca determinar las consecuencias que pueden causar la deficiencia de boro en la producción de frutilla (*Fragaria x ananassa*), bajo un sistema semi

hidropónico, esperando obtener resultados que nos ayuden a valorar las pérdidas que la insuficiencia generaría en el cultivo seleccionado. Y de esta manera dar a conocer la importancia del suministro adecuado, suficiente y necesario de fertilizantes durante el desarrollo de la planta, con el fin de prevenir daños irreversibles al cultivo que se relaciona directamente con las pérdidas económicas generadas, lo que no es conveniente para los grandes, medianos y pequeños productores de frutilla.

Objetivos

Objetivo general

Evaluar el efecto de tres dosis de boro sobre las variables agronómicas y de calidad de *Fragaria x ananassa* en un sistema semi hidropónico.

Objetivos específicos

- Determinar los efectos de las dosis de boro sobre las variables altura, longitud de la raíz, número de hojas verdaderas, área foliar, número de flores, diámetro de la flor, número de frutos, peso seco, peso húmedo, peso total de la producción, cantidad de clorofila y análisis nutrimental de *Fragaria x ananassa* Var. Monterrey en un sistema semi hidropónico.
- Cuantificar el efecto de dosis de boro sobre las variables de calidad comercial y grados Brix del fruto de *Fragaria x ananassa* Var. Monterrey en un sistema semi hidropónico.
- Valorar económicamente los tratamientos en estudio.

Hipótesis

- **H0:** Las plantas de frutilla sometidas a una dosis de 0.02 mg. L⁻¹ de boro, presentan similar producción de fruto comercial que las plantas de frutillas sometidas a una dosis de 0.3 mg. L⁻¹ de boro.

- **HI:** Las plantas de frutilla sometidas a una dosis de 0.2 mg. L^{-1} de boro, presentan diferente producción de fruto comercial que las plantas de frutillas sometidas a una dosis de 0.3 mg. L^{-1} de boro.

CAPÍTULO II

MARCO REFERENCIAL

Cultivo de frutilla (*Fragaria x ananassa*)

La frutilla o también conocida como fresa se originó por una selección iniciada en el año de 1712, donde se eligió a la planta hembra de *Fragaria chilensis* proveniente de Concepción (Chile), la cual fue transportada a Europa, lugar en el cual se procedió a hibridarla con un pie masculino de *Fragaria virginiana* procedente de América del norte, obteniendo como resultado a *Fragaria x ananassa*, especie que con gran facilidad se distribuyó por América y Europa, siendo de esta variedad la más cultivada en la actualidad. Sin embargo, hay que tomar en cuenta que toda la diversidad de frutilla ha sido generada a partir de la hibridación de *Fragaria chilensis* y *Fragaria virginiana*, y las cruces obtenidas fueron con el tiempo mejorando genéticamente, ya sea en la resistencia a plagas y enfermedades, tolerancia a condiciones climáticas y principalmente en la producción, Brazanti (1989).

Morfología de la frutilla

Las plantas de frutilla poseen la siguiente caracterización morfológica: Es una planta herbácea, perenne, perteneciente a la familia de las Rosáceas, del género *Fragaria*. Su sistema radicular es fasciculado, está constituido por raíces y raicillas perennes, las mismas que presentan cambium vascular y suberoso. Pueden llegar a tener una elongación normal de hasta 40 cm pero en condiciones óptimas fácilmente alcanzan los 3 m a 4 m, Muñoz (2011); Llumiquinga (2017).

El tallo se conforma por un eje corto de forma cónica llamado “corona”, en donde se puede observar un sinnúmero de escamas foliares. Las hojas son largamente pecioladas, dotadas de dos estipulas rojizas, emergen en forma de roseta y se ancan en la corona. En el caso del limbo, se divide en tres foliolos pediculados, con bordes acerrados y todos poseen numerosas estomas, lo que es un problema debido a que puede perder mucha agua por transpiración, Rivadeneira (2016).

Las inflorescencias se desarrollan a partir de yemas terminales ubicadas en la corona o de yemas axilares que se encuentran en las hojas. Sus ramificaciones pueden ser basales o distales, en el primer caso aparecen flores uniformes, mientras tanto que en el segundo se forma una flor primaria y varias flores secundarias de menor tamaño. Las flores están constituidas por 5 a 6 pétalos, de 20 a 35 estambres y cientos de pistilos que se encuentran sobre un receptáculo carnoso, Muñoz (2011).

Un óvulo fecundado permite la formación de un fruto de tipo aquenio. Al momento en que los aquenios que se encuentran dispersos sobre la superficie del receptáculo carnoso y empiezan su desarrollo, se estimula el crecimiento y coloración de este, dando como resultado al fruto. El producto final de consumo de esta planta es un etéreo de color rojo, de aroma penetrante y muy dulce, consecuencia del engrosamiento del receptáculo floral, el cual tiene como actividad principal mantener dentro de él los frutos verdaderos, Llumiquinga (2017).

Variedades de frutilla

Todas las frutas deben cumplir con diferentes características y normativas de calidad dependiendo del tipo de mercado a las que van a ser ofertadas, ya sea para la agroindustria (mermeladas, pulpa, cereales, yogurt, aromas, etc.) o también para el consumo en fresco. Tomando en consideración lo antes mencionado, se busca elegir la mejor variedad que ayude a cumplir con la demanda que exige el mercado y obtener las altas utilidades, Parra (2018).

En el caso de la frutilla (*Fragaria x ananassa*), esta se clasifica en variedades de día corto y de día neutro, es decir, su clasificación depende mucho de las horas de luz día que requieren para su correcto desarrollo. Las variedades comerciales de día corto desarrollan yemas florales con un requerimiento de menos de 14 horas luz día, una temperatura promedio de entre 8 a 24 °C, en los meses de invierno y primavera. Por ello las variedades cultivadas en nuestro país en las zonas con clima cálido – templado son: Camarosa, Festival, Fortuna, Palomar. Posteriormente tenemos las variedades de día neutro que del mismo modo poseen yemas florales que se desarrollan independientemente de las horas de luz día que reciban, y a

una temperatura de entre los 8 a 25°C. En este grupo se asocian las variedades que tradicionalmente se cultivan, como son: Monterrey, Santa, Selva, Santa Andrea, Aromas, Fern, Albión y Diamante, Caminiti (2015).

Variedades

En Ecuador los productores locales son aquellos que abastecen el mercado interno y solo el 12% se dedica a la exportación de frutilla, por lo que es muy claro el gran campo de trabajo que hay en esta fruta. Cabe mencionar que este cultivo tiene un incremento anual del 20% en su oferta y demanda, en donde las variedades más comercializadas para satisfacer este crecimiento son el Oso negro, Diamante, Monterrey, Festival y Albión. Así mismo entidades del país, dan a conocer el constante trabajo que se realiza día a día para mejorar la producción por medio de la importación de semillas y plantas, cruzas, fertilización y manejos técnicos, Parra (2018). A continuación, se describe un poco de las variedades de mayor importancia:

Monterrey

Esta variedad es famosa por ser un planta muy fuerte y robusta, a comparación de la variedad Albión tiene una mejor floración y sus frutos son rojos brillantes, muy dulces, con una forma cónica frondosa. Adicionalmente tiene una alta producción lo que es de mucha importancia para los agricultores, Yandún (2019).

Diamante

Presenta un fruto de alta calidad, excelente sabor y gran tamaño (30-31 g), su coloración interna es clara, con una textura firme y resistente a ácaros y mildiu, Chiqui & Lema (2010).

Albión

Esta planta es preciada por su capacidad de durar más tiempo en pos cosecha y dar mayor facilidad al momento de su recolectar en campo por producir frutos de gran tamaño y de alta calidad. Es resistente a las diferentes enfermedades como *Phytophthora*, *Verticillium* y

Antracnosis. Hay que tomar en cuenta que tiene una elevada capacidad de adaptación y su producción es constante durante todo el periodo de cosecha, Yandún (2019).

Oso negro

Variedad californiana, que tiene como principal inconveniente que su fruto tiende a rajarse, pero del mismo modo presenta una alta resistencia al transporte y es adecuada para el ser vendida en fresco. Su fruto es grueso, grande (26-28 g) y de buen sabor, con un color rojo anaranjado. La planta es fuerte y vigorosa tolerante a daños por la lluvia, *Antracnosis* y *Oidio*, su follaje es oscuro, y tiene la capacidad de adaptarse a una gran variedad de climas con mucha facilidad, Chiqui & Lema (2010).

Requerimientos del cultivo

Condiciones edafoclimáticas

Como se sabe la frutilla por su origen prefiere climas frescos, pero tiene la capacidad de adaptarse con facilidad a diversos ambientes, desde los sub-árticos y subtropicales a las zonas cálidas - desérticas. Pero en el caso de la especie *Fragaria x ananassa* se desarrolla de mejor manera en climas frescos a templados-frescos, ya que su follaje tiene una alta resistencia a las heladas, Aguirre (2010). Posteriormente se dará a conocer algunas características ambientales a tomar en cuenta:

En nuestro país se cultiva la frutilla a una altura de entre 1200 hasta 2500 msnm. La temperatura óptima para su correcto desarrollo es de 15 a 20 °C en el día y 15 a 16 °C en la noche. En el caso de la humedad relativa la más adecuada es cuando se encuentra a 60 y 75%, considerando que si esta es superior se pueden presentar con facilidad enfermedades por apariencia de hongos y si es menor a lo indicado la planta sufre daños fisiológicos que afecta a la producción y en casos extremos pueden morir, Villareal (2018).

El fotoperiodo es un factor de mucha importancia ya que condiciona la actividad vegetativa en la planta, esto debido a la importancia del número de horas luz/día. En la frutilla

hay días cortos que tienen un tiempo de luminosidad de menos de 12 a 14 horas/día y días neutros que presentan días con mayor tiempo de luz/día, Aguirre (2010).

El agua como sabemos es esencial para todo ser vivo, por lo que el cultivo debe tener un riego constante que satisfaga su requerimiento por Ha de 400 a 600 mm³, tomando en cuenta que el líquido vital debe ser de alta calidad, con bajos niveles de salinidad, sin embargo, este requerimiento varía dependiendo de la zona en donde se encuentra la plantación y el manejo técnico que se le realice a la plantación.

Requerimiento nutricional

En el caso del manejo nutricional del cultivo de frutilla se pueden aplicar un sinnúmero de fertilizantes de todo tipo o marca comercial, ya sean de origen orgánico o inorgánico, pero siempre tomando en cuenta la dosis, época y la manera en como se la va administrar a la planta, considerando su desarrollo. En el caso de tener un sistema semi hidropónico la fertilización se la realiza mediante el riego constante, en donde se disuelven los diferentes abonos químicos en agua para preparar la solución madre y posteriormente esta sea dosificada y suministrada periódicamente a través del riego, con el fin de suplir y satisfacer las necesidades nutricionales de la plantación, Correa, *et al.* (2008). A continuación, se dará a conocer la función e importancia que tienen los macro y micro nutrientes en el correcto desarrollo vegetal, considerando también el efecto que puede producir su deficiencia:

Nitrógeno. Es el encargado de estimular el desarrollo vegetal, por lo que al existir un exceso se incrementa el crecimiento de la planta y se reduce considerablemente la producción frutal. En el caso de un déficit, el desarrollo se ve afectado, las hojas jóvenes presentan una coloración verde pálida y las hojas maduras unas pigmentaciones rojizas que van desde sus bordes, Castellanos (2014).

Fósforo. Este nutriente es muy importante en las primeras etapas de desarrollo de la planta, ya que forma parte de ciertos procesos fisiológicos como es el metabolismo de glúcidos y la organización del N, considerando también la época de floración en donde es muy esencial.

Su deficiencia se puede observar en hojas maduras con coloración rojiza que pasa a púrpura y los peciolos se vuelven rojos, Macías (2019).

Potasio. La planta toma este nutriente mucho más que el N, ayuda en la absorción de agua, normaliza la apertura de estomas y afecta los contenidos de azúcar y almidón. Sin embargo, es mucho más importante en la caracterización organoléptica de los frutos que en el rendimiento físico de cosecha. Los síntomas de deficiencia se ven en las hojas viejas con coloración rojiza bronceada al inicio y luego se torna marrón, el limbo presenta necrosis y en casos extremos el fruto no se tiñe de su color por completo, Luaces, *et al.* (2014).

Magnesio. Es esencial ya que es componente principal de la clorofila, interviene en la activación de enzimas y participa en la síntesis de proteínas. Su deficiencia se ve reflejado en las hojas viejas que empiezan a presentar una coloración purpura rojiza entre las nervaduras, Macías (2019).

Calcio. Su principal función es la estabilidad de la pared celular, el metabolismo y la formación del núcleo celular, adicionalmente mejora la absorción de nitratos. Su escasez puede producir necrosis del ápice en las hojas nuevas, sin embargo, también empiezan aparecer hojas deformes y en el caso de las hojas ya desarrolladas estas presentan un color verde amarillento. Los frutos surgen con una textura más gruesa, sabor ácido y con manchas, Rodríguez (2018).

Boro. Este micronutriente está estrechamente relacionado con el desarrollo de nuevas células en puntos que presentan un crecimiento activo, como es el caso de los meristemos apicales de raíces y tallos. Forma parte de la translocación de azúcares, almidones, nitrógeno y fósforo. Es de suma importancia en la actividad de polinización y en la formación de frutos y semillas, pese a esto es considerado que el cultivo de frutilla requiere de bajas concentraciones de Boro. Los síntomas en la planta se ven reflejado en el desarrollo distorsionado de las hojas, quemaduras de los ápices en hojas jóvenes, amarillamiento marginal y clorosis internerval irregular. Asimismo, las hojas y los tallos se vuelven vidriosos y quebradizos, se paraliza el

crecimiento y se produce la muerte de los meristemos apicales. El desarrollo de las raíces primarias y laterales se inhiben, las flores tienen tamaños muy pequeños causando que los frutos sean muy enanos e incluso deformes, todo esto da a conocer que este nutriente es muy necesario para la planta pese a su bajo requerimiento, Correa, *et al.* (2008).

Entonces una correcta dosificación de boro permite un adecuado desarrollo de las plantas y su carencia da lugar a la aparición de muchas enfermedades y deformación específicamente de los frutos que va acompañado de arrosamiento, detención del crecimiento y muerte de meristemos. También en asociación con el calcio (Ca), forman parte de la síntesis de las paredes celulares y del mismo modo es muy necesario en la división celular, pero a pesar de todo lo antes mencionado el boro tiene una elevada importancia en la etapa reproductiva de la planta, ya que ayuda a la correcta polinización y el desarrollo de frutas y semillas, Villareal (2018).

Hidroponía

La hidroponía proviene de 2 palabras griegas que son “*hydro*” que significa agua y “*ponos*” trabajo o labor, es decir una manera de cultivar plantas sin suelo, obteniendo como resultados plantaciones sanas y saludables fuera de la época normal de cosecha, también ayuda a reducir el tiempo de desarrollo del cultivo, adicionalmente permite optimizar el uso del espacio con el que se cuenta, diseñando estructuras ya sean éstas simples o complejas con el fin de brindar las mejores condiciones ambientales a los sembríos Ortiz, *et al.* (2009)..

Esta técnica está conformada por una fuente de agua mezclada con una solución madres, es decir, la fuente de nutrientes que necesita la planta, que es impulsada por una bomba a través de sistema estructurado con cabezales de riego y canales de PVC, que le permiten llegar al sustrato, afluente u otro medio de recepción, finalmente terminado de aplicar el fertirriego el agua residual es recibida en un tanque para su posterior recirculación, Cajo (2016).

Los cultivos en sistemas hidropónicos y semi hidropónicos actualmente son de mucha importancia, por el reducido espacio de terreno que necesitan y por la triplicación de producción por metro cuadrado que se obtiene y muchas otras más ventajas que se pueden llegar a tener de esta. En este caso se pueden reducir los costos de producción, conseguir cultivos libres de parásitos, bacterias, hongos y enfermedades, optimización del trabajo en el manejo del cultivo, revalorización de suelos donde es complicada la agricultura y ayudar a economizar el agua, los fertilizantes y productos agroquímicos, Ortiz, *et al.* (2009).

Semi hidroponía

La semi hidroponía consiste en un método de cultivo en donde las plantas se siembran en un sustrato que está conectado a un sistema de riego el cual le suministra todos los nutrientes esenciales a la plantación. En este caso la una diferencia que existe del sistema hidropónico es la presencia del sustrato, el cual es un material sólido, diferente al suelo, que puede ser natural o sintético, mineral u orgánico, usándose ya sea puro o mezclado y actuando como material de anclaje de las raíces de la planta. El mismo puede clasificarse en inerte en donde podemos encontrar a la perlita, lana de roca, roca volcánica, etc., y en químicamente activos como el peat moss, cascarilla de arroz, fibra de coco, etc., considerando que estos últimos intervienen en los procesos de adsorción y fijación de los nutrientes, Abdullah (2016).

Aparte de los enormes beneficios que brinda el cultivo en los sistemas hidropónicos y semi hidropónicos, hay ciertas limitantes que tiene esta técnica como son, el asesoramiento necesario para los operadores con el objetivo que puedan manejar las nuevas tecnologías y dar el mantenimiento respectivo a las mismas; conocimiento en la administración de invernaderos y elaboración de soluciones madres, ya que se necesita de un control diario del agua en donde se debe mide el pH y conductividad eléctrica, para posteriormente hacer las correcciones necesarios y garantizar el correcto crecimiento de los cultivos, Abdullah (2016).

Solución nutritiva

La solución nutritiva es la parte más importante en el cultivo de plantas mediante el uso del sistema semi hidropónico debido a que contienen los elementos esenciales disueltos en agua, que son la fuente de nutrientes que requiere la planta para su correcto desarrollo y fructificación. Cabe mencionar que en base a estudios realizados se logró determinar que el exceso o ausencia de ciertos elementos esenciales afectan directamente al crecimiento de los cultivos en sistemas hidropónicos, tomando en consideración los resultados obtenidos a lo largo del tiempo se han ido modificando constantemente y perfeccionando las soluciones nutritivas para cada cultivo, considerando su valor genético y el ambiente al que está sometido. Sin embargo, es importante que la formulación contenga todos los macros (N, P, K, Ca, Mg) y micro (Cl, B, Fe, Mn, Zn, Mo) nutrientes fundamentales que permitan a la planta sobrevivir y desarrollarse con normalidad, Cajo (2016). También hay ciertos parámetros que en la solución nutritiva se debe controlar constantemente para que haya una adecuada fertilización y son:

El Agua

Es el componente más fundamental en hidroponía, porque se encarga de proporcionar todos los minerales necesarios para el desarrollo de la planta, por lo tanto, se debe encontrar en un rango normal, con el objetivo de evitar que cambie la composición química de la solución y todos los nutrientes puedan estar disponibles constantemente. Es recomendable evitar aguas duras, ya que contienen compuestos como el Magnesio o el Calcio que afectan a la mezcla nutritiva, Encalada (2020).

pH

Para que la planta pueda asimilar con facilidad los nutrientes disueltos en el agua, es necesario que el pH de la solución se encuentre en un rango de 5,6 a 6,5 caso contrario los elementos esenciales no estarán disponibles causando enfermedades al cultivo e incluso la muerte de alguna planta, Lema (2017).

Conductividad eléctrica

Se la mide en total de sales disueltas en agua y lo que nos indica es la capacidad del agua para conducir las corrientes eléctricas, esto nos da a conocer de la carencia o exceso de nutrientes para el cultivo hortícola, y poder rectificar el error a tiempo, regulándolo adecuadamente. El rango óptimo de conductividad eléctrica para el crecimiento de la planta está entre 1000-1100 $\mu\text{S} / \text{cm}$, Encalada (2020).

Oxigenación

Tener una adecuada oxigenación en el agua del sistema es muy importante, ya que permite que haya una adecuada absorción de nutrientes y agua, mejora la permeabilidad de las raíces y el rendimiento de la solución nutritiva. Pero en estos casos no es necesario agregar al sistema una máquina de oxigenación, debido a que en el recorrido y caída del agua a los tanques el oxígeno en el líquido vital se incrementa automáticamente, Lema (2017).

Sustrato

Un sustrato es todo material sólido inerte que actúa como soporte y permite el anclaje de las raíces de la planta, sustituyendo al suelo. Este puede ser natural o sintético, mineral u orgánico, pura o mezclada y dependiendo del tipo de material con el que se trabaje formará parte de la solución nutritiva, aportando con sus elementos esenciales, Ilbay (2012).

Es importante considerar que al momento en el que se proceda a elegir un sustrato se debe tomar en cuenta que este sea inerte y no aporte a la planta ningún tipo de nutriente, que sea fácil de conseguir, accesible económicamente y no se desintegre con facilidad. Así mismo debe tener una adecuada granulometría para que no se compacte, garantizando la oxigenación a las raíces de las plantas y posea la capacidad de retener la humedad durante un tiempo considerable, Ibadango (2017).

Pomina

Este sustrato es de origen volcánico, requiere de una modificación que se la realiza a altas temperaturas (1000 °C), dándole una estructura esponjosa y porosa. Está estructurada

químicamente por dióxido de carbono y sodio a manera de óxidos, adicionalmente tiene una alta capacidad de aireación y drenaje, Calderón & Cevallos (2001).

Cascarilla de arroz

Este material es un subproducto de la industria molinera, es muy abundante en países arroceros y brinda muchos beneficios para ser utilizada como sustrato en los sistemas semi hidropónicos. Entre las más importantes propiedades físico-químicas está la baja tasa de descomposición que tiene, es liviano, muy económico, mantiene una buena aireación y excelente drenaje, Alejo & Reyes (2014).

Fibra de coco

Es un sustrato muy utilizado en una gran gama de cultivos, se obtiene de la cáscara de coco, es ecológico y fácil de manejar, muy apetecido por las propiedades físicas que posee, garantizando el correcto desarrollo radicular de las plántulas, la oxigenación y el drenaje, Quiñonez (2014).

Análisis económico

El análisis económico es un método de análisis minucioso que permite evaluar de manera cuantitativa y cualitativa las diferentes interrelaciones financieras de una empresa o actividad económica, abarcando desde lo más básico hasta lo más complejo. Adicionalmente, nos permite tomar decisiones en todo momento de manera confiable al querer realizar una inversión, Jácome & Garay (2019).

Análisis de presupuesto parcial propuesto por Perrín

El presupuesto parcial permite al agrónomo organizar los datos experimentales y otra información sobre costos y beneficios de varios tratamientos. Su propósito es el de organizar la información de manera tal que ayude a tomar una decisión de manejo en particular. Los tipos de decisión que de manera ordinario preocupan al agrónomo son la elección del nivel de fertilización, la elección de la variedad, la elección de la fecha y densidad de siembra, y así por el estilo, etc. Este análisis toma en consideración el beneficio bruto y los costos variables, para

que posteriormente luego de realizar los cálculos pertinentes se obtiene el beneficio neto, de donde se procede a tomar las decisiones pertinentes, Perrín, *et al.* (1983).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación y características del lugar donde se montó la investigación

La investigación se realizó en el invernadero de horticultura que se ubica en la Carrera de Ciencias Agropecuarias IASA I, hacienda El Prado, parroquia San Fernando, Cantón Rumiñahui, provincia de Pichincha. Las condiciones climáticas en donde se estableció el experimento fueron: una temperatura promedio de 22.07°, humedad relativa de 41.19% y 591,67 $\mu\text{mol.m}^{-2} \text{s}^{-1}$ de Luz par, Villareal (2018).

Preparación del sustrato y siembra de la frutilla

El sustrato usado para este experimento fue de pomina blanca (100%), que se colocó en bolsas de polietileno negras de dimensiones 0,10 x 0,20 m, en donde se trasplantó las plántulas de frutilla (*Fragaria x ananassa*) variedad Monterrey, colocando una planta por funda.

Figura 1

Preparación del sustrato y siembra de las plántulas de frutilla



Nota. a) Preparación de sustrato; b) Siembra de plántulas; c) Plantas establecidas. Autoría propia.

Periodo de aclimatación

Después del trasplante, las plantas tuvieron un periodo de aclimatación de dos semanas, donde fueron regadas con agua, sin fertilizante.

Fertilización

La fertilización del experimento se realizó con macro y micronutrientes de la solución nutritiva Yamazaki (Tabla 1), a excepción del boro, a una concentración 100x en sesenta litros para el tanque A (Nitratos) y para el B (Sulfatos, fosfatos y quelatos) (Figura 2). Este microelemento se agregó en tres tanques, a las diferentes concentraciones probadas 0.01 mg. L⁻¹, 0.15 mg. L⁻¹ y 0.3 mg. L⁻¹.

Tabla 1

Concentración (mg. L⁻¹) de nutrientes esenciales de acuerdo con Yamazaki

Nutriente	mg. L ⁻¹
N	77
P	15
K	117
Ca	40
Mg	12
S	16
Fe	1,96
Cu	0,06
Zn	0,07
Mn	0,03
Mo	0,05

Nota. Recuperado de Asao (Copyright 2012). Reprinted with permission.

Figura 2

Preparación de solución nutritiva



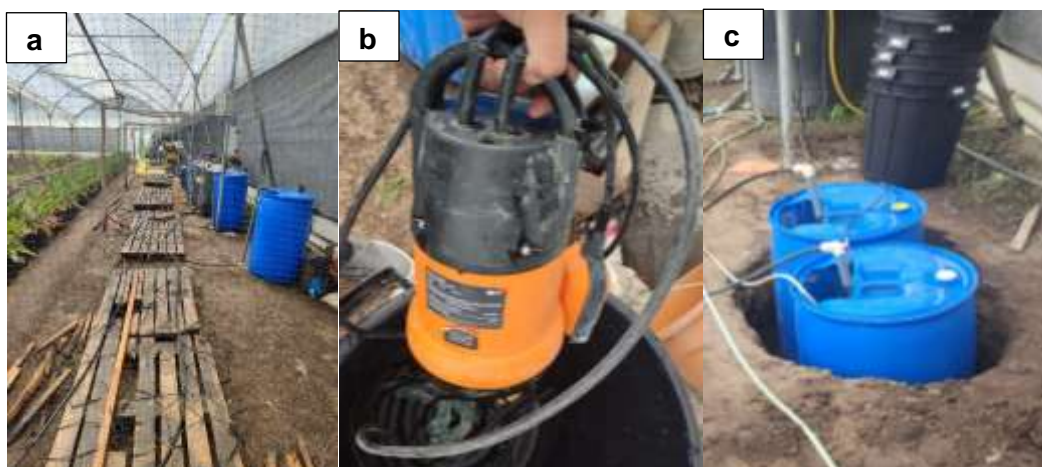
Nota. a) Preparación; b) Solución nutritiva A y B; c) Aplicación a tanques de riego. Autoría propia.

Manejo del cultivo de frutilla

La unidad experimental fue de 10 plantas de frutilla y en total se dispuso de doce unidades experimentales, sobre estas se asignaron de forma aleatoria los tres tratamientos en estudio que constan de cuatro repeticiones cada uno. Posteriormente, se instalaron tres tanques de 220 L, donde se dosificaron los distintos tratamientos de Boro (Figura 3). Para la conducción del fertirriego, se colocaron tres bombas sumergibles (LEO 0,5 HP), a una presión de cinco metros de columna de agua (M.C.A), obteniendo un caudal de $10 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$. La red principal estuvo conformada por mangueras de 16 mm y para la red secundaria las mangueras fueron de 6 mm de forma independiente.

Figura 3

Infraestructura del sistema de riego



Nota. a) Red de riego; b) Bomba sumergible; c) Tanques de 220L. Autoría propia.

Para el control de la frecuencia de riego, el sistema fue controlado a través de un temporizador (Voltech 24h). Se lo programó 8 veces al día, donde la frecuencia fue de dos a tres minutos considerando las horas de mayor intensidad de calor, manteniendo un caudal de $1,6 \text{ L} \cdot \text{h}^{-1}$ (Figura 3). El manejo agronómico del cultivo fue: desmalezado, poda, control de plagas y enfermedades.

El ensayo se dispuso bajo un diseño completamente aleatorizado (DCA), con 4 repeticiones. El modelo matemático que se adaptó es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + D_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Producción de las plantas de frutilla.

μ = Media general.

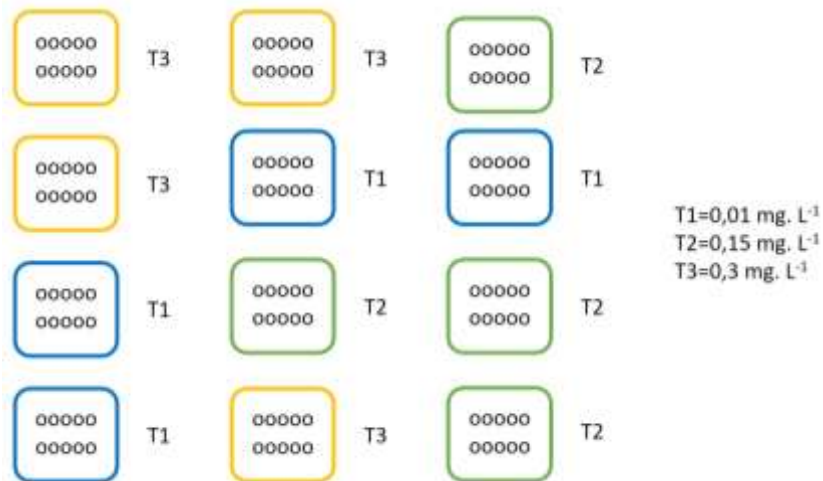
D_i = Efecto de la i -ésima dosis de B en la fertilización.

ε_{ij} = Error experimental

La disposición del experimento en el campo se puede apreciar en la Figura 1.

Figura 4

Disposición del experimento en el campo



Nota. T1= tratamiento con dosis de 0.01 mg. L⁻¹, T2= tratamiento con dosis de 0.15 mg. L⁻¹ y T3= tratamiento con dosis de 0.3 mg. L⁻¹. Autoría propia.

Evaluación de variables

Se evaluaron 11 variables agronómicas (altura, longitud de la raíz, número de hojas verdaderas, área foliar, número de flores, diámetro de la flor, número de frutos, peso seco, peso total de la producción, cantidad de clorofila y análisis nutrimental de boro) y 2 variables de calidad (conteo de frutos en base a su clasificación comercial y grados °Brix) de las plantas de frutilla.

Variables Agronómicas

Altura

La altura se tomó de tres plantas por unidad experimental con ayuda de una regla de 60 cm, desde los 35 DDT (Días después del trasplante), hasta el final del primer ciclo de producción (150 DDT), cada 15 días (Figura 5).

Longitud de raíz

La longitud de la raíz se midió de dos plantas por unidad experimental, con ayuda de una regla de 60 cm. Al presentar un sistema radicular fasciculado la medición se realizó de manera general, tomando la longitud de la raíz más larga, la cual se evaluó al final del ciclo productivo (160 DDT).

Número de hojas verdaderas

El número de hojas se contaron considerando solo las hojas verdaderas trifoliales que aparecieron desde los 35 DDT, hasta el final del primer ciclo de producción (150 DDT), cada 15 días, tomando solo de 3 plantas por unidad experimental.

Área foliar

Con respecto al área foliar se midió de la tercera hoja verdaderas con ayuda de una malla de puntos, de tres plantas seleccionadas por unidad experimental, cada 15 días, desde los 35 DDT hasta el final del primer ciclo de producción (150 DDT) (Figura 5).

Número de flores por planta

Se contó el número de flores de tres plantas por unidad experimental cada 15 días, desde los 35 DDT hasta el final del primer ciclo de producción (150 DDT).

Diámetro de la flor

El diámetro de la flor se midió con ayuda de una regla de 60 cm, de tres plantas por unidad experimental cada 15 días, desde los 35 DDT hasta el final del primer ciclo de producción (150 DDT).

Número de frutos por planta

Adicionalmente, el número de frutos se contabilizó en tres plantas por unidad experimental cada 15 días, desde el día 35 DDT hasta el final del primer ciclo de producción (150 DDT).

Peso de la producción

La totalidad de la producción se pesó de todas las plantas por unidad experimental con ayuda de una balanza digital (Mettler Toledo $p=0,001g$), obteniendo la producción total por tratamiento a los 160 DDT.

Peso húmedo y peso seco

Se pesaron dos plantas por unidad experimental a los 160 DDT, en una balanza digital (Mettler Toledo $p=0,001g$) para obtener el peso húmedo. Luego se secaron en una estufa a $75^{\circ}C$ por doce horas y se volvieron a pesar para obtener el peso húmedo (Figura 5).

Figura 5

Determinación de variables agronómicas



Nota. a) Área foliar; b) Altura de la planta; c) Peso húmedo; d) Peso seco. Autoría propia.

Porcentaje de clorofila

Para obtener el porcentaje de clorofila se midió en hojas colectadas trifoliadas, recientemente maduras, extendidas y sin peciolo por cada uno de los tratamientos, de donde se extrajo 2 gramos de hojas que se mezcló con alcohol etílico absoluto al 96.5%, en un

mortero. Luego las soluciones obtenidas se vertieron en tubos cubiertos con papel aluminio (Figura 6).

Figura 6

Determinación de clorofila mediante espectrofotómetro



Nota. a) Trituración de la muestra; b) Extracción del macerado centrifugado; c) Lectura de absorbancia en el espectrofotómetro. Autoría propia.

Después de ello, las muestras se centrifugaron a 3500 rppm durante 15 min y se extrajo el sobrenadante. En espectrometría se midió la absorbancia a 663 nm y a 645 nm. Finalmente se calculó clorofila A, B y clorofila total mediante las formulas:

$$\text{Clorofila a } \left(\frac{\text{mg}}{\text{g}} \right) = \frac{[12.7(A_{663}) - 2.51(A_{646})](V)}{(1000 * P)}$$

$$\text{Clorofila b } \left(\frac{\text{mg}}{\text{g}} \right) = \frac{[22.9(A_{646}) - 4.70(A_{663})](V)}{(1000 * P)}$$

$$\text{Clorofila Total } \left(\frac{\text{mg}}{\text{g}} \right) = \text{Clorofila a} + \text{Clorofila b}$$

Análisis nutrimental de B

El análisis nutrimental de la concentración de boro en las plantas se realizó tomando 500 g de muestra foliar por cada tratamiento y se envió a los laboratorios de INIAP “Santa Catalina”, para su respectiva evaluación, esto a los 160 DDT.

Variables de calidad

Clasificación comercial del fruto

Para esta variable se seleccionaron 16 frutos por tratamiento y se midió su diámetro transversal con un calibrador digital. Luego, se evaluaron todos los frutos recolectados por tratamiento de acuerdo a las normas de clasificación de fresa en Estados Unidos, USDA (2018), como se presenta a continuación:

- U.S. No. 1 (grado 1): frutos con cáliz adherido, firme, no sobre maduros ni subdesarrollados, libres de daños causados por humedad, suciedad, enfermedades, insectos o medios mecánicos. Además, al menos tres cuartas partes de la superficie del fruto debe presentar color rojo y su diámetro debe ser mayor a 19,05 mm.
- U.S. No. 2 (grado 2): frutos libres de pudrición y sin daños graves ocasionados por enfermedades, insectos o medios mecánicos. Además, al menos la mitad de la superficie del fruto debe presentar color rojo y su diámetro debe ser menor o igual a 19,05 mm.

Adicionalmente se pesó de manera general cada producción por tratamiento con una balanza digital (Mettler Toledo p=0,001g).

Grados °Brix

Para los grados °Brix se seleccionaron de forma aleatoria 6 frutillas por tratamiento al finalizar la producción. Esta variable se midió mediante un brixómetro digital (ATAGO).

Análisis de datos

Los datos se analizaron mediante estadística descriptiva (promedio, desviación estándar, error estándar y coeficiente de variación). Posteriormente se realizó un análisis de

varianza para un Diseño Completamente al Azar (DCA), para las variables agronómicas y de calidad. Posteriormente se efectuó una prueba de comparación de medias de Tukey a un nivel de significancia del 5 %.

Análisis económico

El análisis económico se realizó siguiendo la metodología de análisis de presupuesto parcial según Perrin *et al.* (1983), para lo cual se tomó la producción de cada uno de los tratamientos en estudio. La producción por el costo de una unidad permitió estimar el beneficio bruto; por otro lado, también se obtuvo todos los costos variables de los tratamientos que corresponden a la cantidad de boro. De la diferencia entre los beneficios brutos y los costos variables se obtuvo el beneficio neto. Los tratamientos no dominados y se realizó el análisis de dominancia para obtener la tasa de retorno marginal.

Análisis de agua

Se realizó un análisis de agua para medir la concentración de B presente en la fuente de agua usada en el experimento (Tabla 2).

Tabla 2

Resultados fisicoquímicos del agua usada para riego

Nutriente	mg. L⁻¹
B	< 0.02

Nota. Resultado recibido de los laboratorios de Multianálityca S.A. Autoría propia.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Variables agronómicas

Altura

La altura presentó diferencias significativas entre tratamientos a los 150 DDT ($F = 54.83$; $p = 0.0001$). Como se observa en la (Tabla 3), se evidencia que al aplicar 0.3 mg. L^{-1} de B (T3), se obtuvo la mayor altura promedio de $23.25 \pm 0.50 \text{ cm}$, en comparación con los demás tratamientos.

Tabla 3

Media \pm desviación estándar de las variables agronómicas a los 150 DDT

Tratamiento	Altura (cm)	Longitud de raíz (cm)	# Hojas verdaderas	Área foliar (cm ²)
T1	$19.33 \pm 0.47 \text{ c}$	$28.63 \pm 0.25 \text{ b}$	$9.25 \pm 0.42 \text{ b}$	$227.67 \pm 4.07 \text{ b}$
T2	$21.92 \pm 0.63 \text{ b}$	$30.50 \pm 1.87 \text{ ab}$	$9.42 \pm 0.32 \text{ b}$	$244.75 \pm 11.41 \text{ a}$
T3	$23.25 \pm 0.50 \text{ a}$	$33.50 \pm 2.52 \text{ a}$	$11.00 \pm 0.47 \text{ a}$	$253.92 \pm 5.84 \text{ a}$

Nota. Medias en la misma columna con letras diferentes, difieren estadísticamente (Tukey, $p \leq 0.05$); T1= tratamiento con dosis de 0.01 mg. L^{-1} , T2= tratamiento con dosis de 0.15 mg. L^{-1} y T3= tratamiento con dosis de 0.3 mg. L^{-1} . Autoría propia.

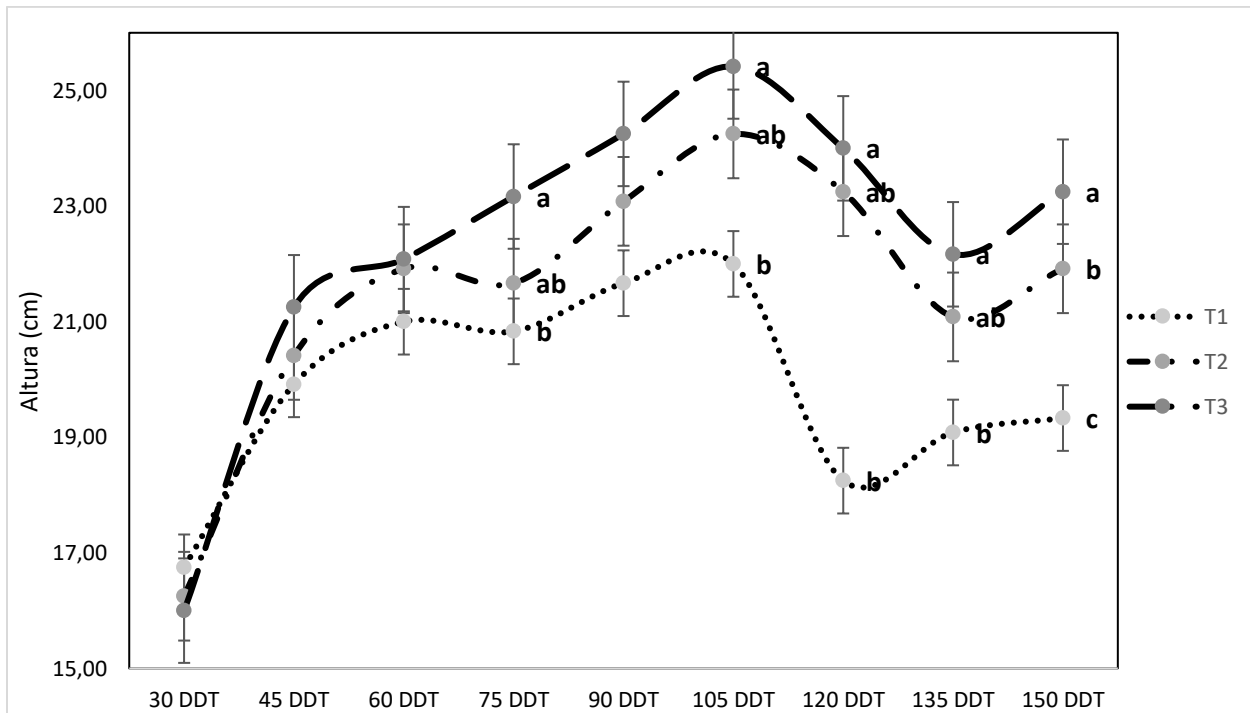
La (Figura 7) muestra la altura de la planta de frutilla durante su ciclo de cultivo, donde se observa que a partir de a los 75 DDT los tratamientos se diferencian estadísticamente ($p \leq 0.05$). Además, a los 150 DDT, el T3 (0.3 mg. L^{-1}) alcanzó la mayor altura con respecto al resto de tratamientos.

En la (Figura 7 y 9) se observa la reducción en la altura y área foliar en la plantación a partir de los 105 DDT, posiblemente debido a que en esta fecha se realizó la poda de las plantas con el objetivo de estimular la floración. Caso similar presentó Adlercreutz (2016), en su estudio realizado en frutilla en el que evaluó la Tasa de Crecimiento Absoluto (TCA), donde en el primer año el crecimiento se incrementó durante cuatro meses, luego fue nula o incluso negativa. Además, al examinar la evolución del área foliar su valor se incrementó durante el

primer año y en el segundo disminuyó. El mismo efecto hubo cuando se realizó la poda anual del cultivo.

Figura 7

Altura (cm) promedio por plantas durante el ciclo del cultivo



Nota. Letras diferentes en el mismo eje, difieren estadísticamente; T1= tratamiento con dosis de 0.01 mg. L⁻¹, T2= tratamiento con dosis de 0.15 mg. L⁻¹ y T3= tratamiento con dosis de 0.3 mg. L⁻¹. Autoría propia.

Similares resultados se encontraron en una investigación realizada por Ortiz *et al.* (2021), donde menciona que al aplicar dosis menores a 20 mg. L⁻¹ de ácido bórico (H3BO3) en el cultivo de maíz, no afecta significativamente su crecimiento (altura y distancia entre nudos); pero con la dosis de mayor concentración de B (30 mg. L⁻¹) vio afectado positivamente el crecimiento de la planta ($p \leq 0.05$). En otro estudio realizado por Rengel *et al.* (2012), muestra que al aplicar 225 g. ha⁻¹ de H3BO3 de manera foliar, aumenta significativamente la altura de las plantas del cultivo de arroz en un 7.8% con relación al testigo (T1= 0 g. ha⁻¹ de H3BO3).

Longitud de la raíz

La longitud de raíz presentó diferencias significativas entre los tratamientos a los 150 DDT ($F=7.33$; $p = 0.0129$). Como se observa en la Tabla 3, se evidencia que al aplicar 0.3 mg. L^{-1} de B (T3), se obtuvo la mayor longitud radicular promedio de $33.50 \pm 2.52 \text{ cm}$, a comparación de aplicar 0.01 mg. L^{-1} de B (T1), que alcanzó una longitud radicular media de $28.63 \pm 0.25 \text{ cm}$.

En investigaciones similares como la de Bobadilla (2009), presenta diferencias significativas ($p \leq 0.05$), al evaluar la longitud de raíz en el cultivo de tulipán con tres diferentes dosis de boro, donde T2 (1.352 mg. L^{-1} de H_3BO_3) fue el mejor tratamiento con respecto a T0 (0 mg. L^{-1} de H_3BO_3) y T1 (0.271 mg. L^{-1} de H_3BO_3). Además, Desmartis (2012), en su estudio menciona que para la variable longitud de raíz en el cultivo de vid, no obtuvo diferencia significativa entre tratamientos (T0=0, T1=5.9 y T2= 11.8) kg. ha^{-1} de ácido bórico ($p \geq 0.05$). Pero resalta que de manera visual es posible distinguir que, a una mayor dosis de B, es mayor el largo de la raíz.

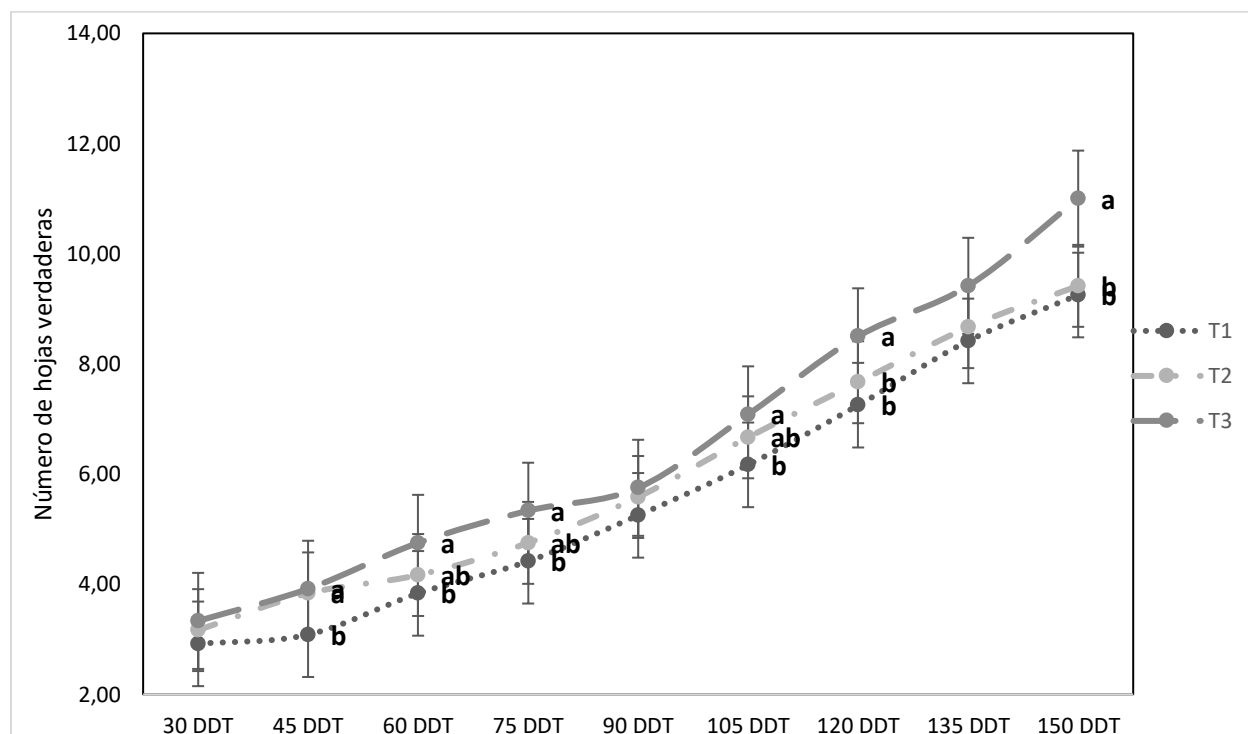
Número de hojas verdaderas

Dentro de la variable número de hojas verdaderas existió diferencias significativas entre los tratamientos a los 150 DDT ($F= 22.29$; $p = 0.0003$). Como se puede observar en la (Tabla 3), se evidencia que al aplicar 0.3 mg. L^{-1} de B (T3), se obtuvo el mayor número de hojas verdaderas promedio de 11.00 ± 0.47 , en comparación con los demás tratamientos.

La (Figura 8) presenta el número de hojas verdaderas por planta de frutilla durante su ciclo del cultivo, donde se observa que a partir de los 45 DDT los tratamientos se diferencian significativamente ($p \leq 0.05$). Además, desde los 120 a 150 DDT, T3 (0.3 mg. L^{-1}) alcanzó el mayor número de hojas con respecto al resto de tratamientos.

Figura 8

Numero de hojas verdaderas promedio por planta durante el ciclo del cultivo



Nota. Letras diferentes en el mismo eje, difieren estadísticamente; T1= tratamiento con dosis de 0.01 mg. L⁻¹, T2= tratamiento con dosis de 0.15 mg. L⁻¹ y T3= tratamiento con dosis de 0.3 mg. L⁻¹. Autoría propia.

El número mayor de hojas para T3 (0.3 mg. L⁻¹), puede deberse a que el B es un elemento que se encuentra implicado en la translocación de azúcares, multiplicación celular y elongación de tejidos, Pérez (2017), lo que puede estar influenciado en la formación de hojas, como se observa en la (Tabla 3) y en la (Figura 8), donde T3 con la dosis más alta de B fue el mejor tratamiento en esta variable.

Área foliar

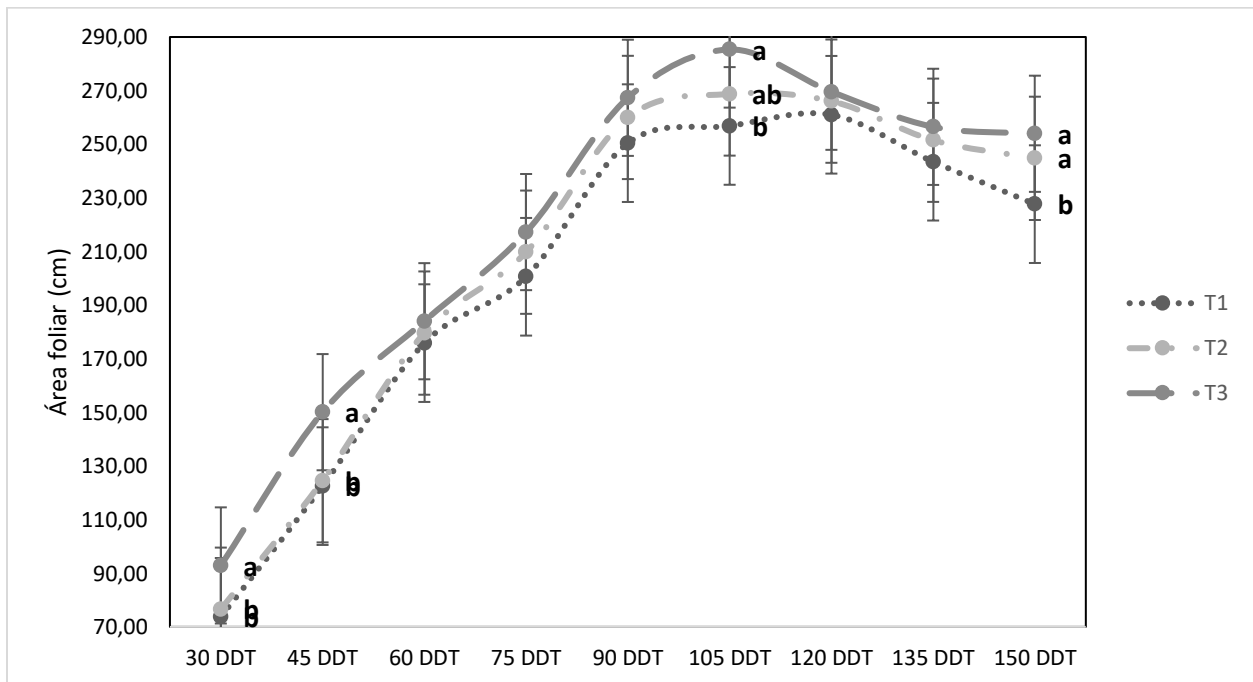
El área foliar presentó diferencias significativas entre los tratamientos a los 150 DDT (F= 11.78; p = 0.0031). Como se visualiza en la (Tabla 3), se evidencia que al aplicar 0.3 mg. L⁻¹ de B (T3) y 0.15 mg. L⁻¹ de B (T2), se obtuvo hojas con mayor área foliar promedio de 253.92 ±

5.84 cm² y 244.75 ± 11.41 cm², respectivamente; a comparación de aplicar 0.01 mg. L⁻¹ de B (T1), que alcanzó un área foliar promedio de 227.67 ± 4.07 cm².

La (Figura 9) presenta el desarrollo del área foliar promedio de la planta de frutilla durante su ciclo de cultivo, donde se observa que a partir de los 30 DDT los tratamientos se diferencian estadísticamente ($p \leq 0.05$). Además, a los 150 DDT, T3 (0.3 mg. L⁻¹) y T2 (0.15 mg. L⁻¹) presentan hojas con mayor área folia, a comparación de T1 (0.01 mg. L⁻¹).

Figura 9

Área foliar (cm) promedio por planta durante el ciclo del cultivo



Nota. Letras diferentes en el mismo eje, difieren estadísticamente; T1= tratamiento con dosis de 0.01 mg. L⁻¹, T2= tratamiento con dosis de 0.15 mg. L⁻¹ y T3= tratamiento con dosis de 0.3 mg. L⁻¹. Autoría propia.

Flores (2016), al prueba seis dosis de B y encontró al igual que en esta investigación (Tabla 3) (Figura 9), un área foliar de 502 cm² a 2.5 µmol L⁻¹ de B y al incrementar la dosis de B 10.0 µmol L⁻¹, el área foliar fue de a 587 cm², lo que demuestra que al aumentar la dosis de este micronutriente mejora el área foliar y por ende su proceso fotosintético.

Figura 10

Plantas tratadas con diferentes dosis de B



Nota. a) T1= tratamiento con dosis de 0.01 mg. L^{-1} , b) T2= tratamiento con dosis de 0.15 mg. L^{-1} y c) T3= tratamiento con dosis de 0.3 mg. L^{-1} . Autoría propia.

La (Figura 10) muestra de manera dinámica el efecto que tienen las distintas dosis de B (T1= 0.01, 2= 0.15 y T3= 0.3) mg. L^{-1} , sobre las variables agronómicas de plantas de frutilla.

Figura 11

Decoloración y quemaduras en la punta de las hojas a causa de la falta de B



Nota. Hojas rojizas y cloróticas, que presentan quemaduras en las puntas, a causa de la deficiencia de B en el tratamiento uno (0.01 mg. L^{-1}). Autoría propia.

La (Figura 11) muestra hojas con una coloración amarilla - rojiza y clorótica, con quemaduras en las puntas, resultado de la deficiencia de B en las plantas de frutilla.

Número de flores por planta

En el caso del número de flores por planta se presentó diferencias significativas entre tratamientos a los 150 DDT ($F=6.19$; $p = 0.0204$). Como se observa en la (Tabla 4), se evidencia que al aplicar 0.3 mg. L^{-1} de B (T3), se obtuvo mayor número de flores por planta promedio de 7.17 ± 0.19 , a comparación de aplicar 0.01 mg. L^{-1} de B (T1), que alcanzó un número de flores por planta promedio de 5.88 ± 0.63 .

Tabla 4

Media \pm desviación estándar, de las variables flor, fruto y producción a los 150 DDT

Tratamiento	# Flores / planta	Diámetro de la flor (cm)	# Frutos / Planta	Peso de la producción (g)
T1	5.88 \pm 0.63 b	2.23 \pm 0.12 b	5.88 \pm 0.63 b	306.3
T2	6.67 \pm 0.62 ab	2.38 \pm 0.18 b	6.67 \pm 0.62 ab	489.6
T3	7.17 \pm 0.19 a	2.74 \pm 0.10 a	7.17 \pm 0.19 a	693.3

Nota. Medias en la misma columna con letras diferentes, difieren estadísticamente (Tukey, $p \leq 0.05$); T1= tratamiento con dosis de 0.01 mg. L⁻¹, T2= tratamiento con dosis de 0.15 mg. L⁻¹ y T3= tratamiento con dosis de 0.3 mg. L⁻¹. Autoría propia.

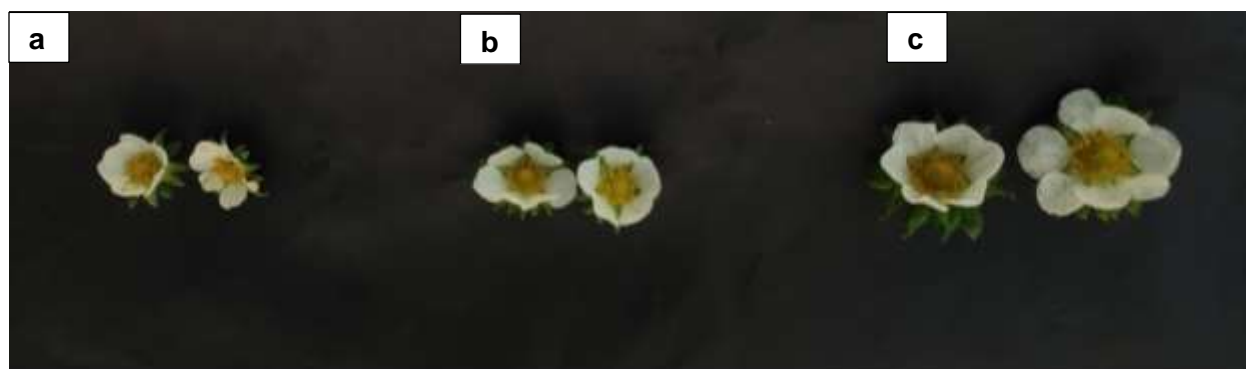
Diámetro de la flor

Para la variable diámetro de la flor se presentó diferencias significativas entre tratamientos a los 150 DDT ($F=14.99$; $p = 0.0014$). Como se visualiza en la (Tabla 4), se evidencia que al aplicar 0.3 mg. L⁻¹ de B (T3), se obtuvo un mayor diámetro de la flor promedio de 2.74 \pm 0.10 mm, a comparación de los demás tratamientos.

De manera más dinámica esta variable se puede analizar en la (Figura 12), donde se mira el tamaño de las flores que emergen de las plantas de frutilla tratadas con tres diferentes dosis de boro.

Figura 12

Flores extraídas de plantas tratadas con diferentes concentraciones de B



Nota. a) T1= tratamiento con dosis de 0.01 mg. L⁻¹, b) T2= tratamiento con dosis de 0.15 mg. L⁻¹ y c) T3= tratamiento con dosis de 0.3 mg. L⁻¹. Autoría propia.

Número de frutos por planta

En el caso del número de frutos por planta se presentó diferencias significativas entre tratamientos a los 150 DDT ($F=6.19$; $p = 0.0204$). Como se observa en la (Tabla 4), se evidencia que al aplicar 0.3 mg. L^{-1} de B (T3), se obtuvo mayor número de frutos por planta promedio de 7.17 ± 0.19 , a comparación de aplicar 0.01 mg. L^{-1} de B (T1), que alcanzó un número de frutos por planta promedio de 5.88 ± 0.63 .

Peso de la producción

En el caso del peso de la producción se evaluó en base a la primera cosecha que se realizó a los 160 DDT. Como se observa en la (Tabla 4), se evidencia que al aplicar 0.3 mg. L^{-1} de B (T3), se obtuvo un mayor peso de producción de 693.3 g , en comparación con el T1 (0.3 mg. L^{-1}) donde se obtuvo un menor peso de producción de 306.9 g .

Para las variables de floración, fructificación y producción, se observa que el incremento de la concentración del B en la solución nutritiva ($T3 = 0.3 \text{ mg. L}^{-1}$), mejora sustancialmente el número de flores, diámetro de la flor, número de frutos y peso de la producción (Tabla 4). Esto se debe a que el B es un nutriente que se encuentra relacionado con los aspectos reproductivos de la planta, sobre todo con la germinación y elongación del tubo polínico, tal como lo demuestra Villareal (2018), que estos procesos se encuentran influenciados por la temperatura, humedad relativa, la radiación fotosintéticamente activa y la dosis de B, que mejoran los procesos de fecundación, reduciendo abortos, deformación de fruto, e incrementando la producción.

Peso húmedo y peso seco

En la variable peso húmedo existió diferencias significativas entre tratamientos a los 160 DDT ($F= 4.85$; $p = 0.0372$). Como se observa en la (Tabla 5), se evidencia que al aplicar 0.3 mg. L^{-1} de B (T3), se obtuvo un mayor peso húmedo promedio de $228.88 \pm 73.74 \text{ g}$, a comparación de aplicar 0.01 mg. L^{-1} de B (T1), que alcanzó un peso húmedo promedio de $123.01 \pm 44.19 \text{ g}$.

Tabla 5

Media \pm desviación estándar de las variables agronómicas a los 150 DDT

Tratamiento	Peso húmedo (g)	Peso seco (g)	Clorofila total (mg. g ⁻¹)	Análisis nutrimental de B (mg. Kg ⁻¹)
T1	123.01 \pm 44.19 b	26.25 \pm 2.12 b	1.58 \pm 0.03 b	27.25 -
T2	145.95 \pm 15.21 ab	30.59 \pm 1.51 b	1.71 \pm 0.03 a	29.40 -
T3	228.88 \pm 73.74 a	47.34 \pm 2.87 a	1.64 \pm 0.03 b	34.55 +

Nota. Medias en la misma columna con letras diferentes, difieren estadísticamente (Tukey, $p \leq 0.05$); T1= tratamiento con dosis de 0.01 mg. L⁻¹, T2= tratamiento con dosis de 0.15 mg. L⁻¹ y T3= tratamiento con dosis de 0.3 mg. L⁻¹ de Boro. Tomado de Hirzel (2017), B (30 – 100 mg. Kg⁻¹); - - Deficiente, - Propenso a deficiencia, + Suficiente, ++ Propenso a exceso. Autoría propia.

Para el caso de la variable peso seco presentó diferencias significativas entre los tratamientos a los 160 DDT, ($F= 99.22$; $p = 0.0001$). Como se observa en la (Tabla 5), se evidencia que al aplicar 0.3 mg. L⁻¹ de B (T3), se obtuvo un mayor peso seco promedio de 47.34 \pm 2.87 g, a comparación de los demás tratamientos (T1 = 26.25 \pm 2.12 g).

Para las variables peso húmedo y peso seco, se observa que el incremento de B en la solución nutritiva (T3 = 0.3 mg. L⁻¹), mejora sustancialmente los valores de estas variables en evaluación (Tabla 5). Esto se debe a que el B es un nutriente que se encuentra relacionado con los aspectos de división, diferenciación y elongación de las células de los tejidos, tal como lo demuestra Bobadilla (2009), que estos procesos están influenciados por el B, lo que mejora el crecimiento del tallo, hojas, flores y fruto, incrementando el follaje y el área fotosintética de la planta.

Contenido de clorofila

En el contenido de clorofila hubo diferencias significativas entre los tratamientos a los 160 DDT ($F= 18.98$; $p = 0.0006$). Como se observa en la (Tabla 5), se evidencia que al aplicar 0.15 mg. L⁻¹ de B (T2), se obtuvo un mayor contenido de clorofila promedio de 1.71 \pm 0.03 mg. g⁻¹, a comparación de los demás tratamientos.

Para la variable cantidad de clorofila, se observa que el incremento y reducción de B en la solución nutritiva reduce sustancialmente la clorofila en las hojas de frutilla. Esto se debe a que el B es un nutriente que se encuentra relacionado con el metabolismo de pigmentos como la clorofila a, b y total, tal como lo demuestra Moreno, *et al.* (2016), que este proceso se encuentra limitado por la deficiencia o exceso de B, lo que reduce la capacidad fotosintética de la planta.

Análisis Nutricional de B

En el análisis nutricional del B en el follaje de la planta que se evaluadas a los 160 DDT. Como se observa en la (Tabla 4), se evidencia que al aplicar 0.3 mg. L⁻¹ de B (T3), se obtuvo un mayor contenido de B de 34.55 mg. Kg⁻¹, en comparación con el T1 (0.15 mg. L⁻¹) donde se obtuvo un menor contenido de B de 27.25 mg. Kg⁻¹.

Variables de calidad

Clasificación comercial

La clasificación comercial de la frutilla se realizó en función a las medidas: diámetro transversal del fruto, °Brix y el conteo de frutos en base a las normas estadounidense USDA (2018):

Diámetro transversal del fruto

En la variable diámetro transversal del fruto no existió diferencias significativas entre los tratamientos a los 160 DDT ($F= 1.86$; $p = 0.1667$), como se visualiza en la (Tabla 6). Sin embargo, al analizar los frutos de manera visual en la (Figura 13), el tratamiento del fruto con mayor diámetro transversal es T3 (0.3 mg. L⁻¹), seguido de T2 (0.15 mg. L⁻¹) y T1 (0.01 mg. L⁻¹), respectivamente.

Tabla 6

Media \pm desviación estándar de las variables de calidad del fruto

Tratamiento	Diámetro transversal del fruto (mm)	°Brix
T1	33.69 \pm 5.41 a	5.16 \pm 1.77 b
T2	35.25 \pm 5.32 a	5.60 \pm 1.40 ab
T3	37.04 \pm 3.97 a	7.74 \pm 0.83 a

Nota. Medias en la misma columna con letras diferentes, difieren estadísticamente (Tukey, $p \leq 0.05$); T1= tratamiento con dosis de 0.01 mg. L⁻¹, T2= tratamiento con dosis de 0.15 mg. L⁻¹ y T3= tratamiento con dosis de 0.3 mg. L⁻¹ de Boro. Autoría propia.

Grados °Brix

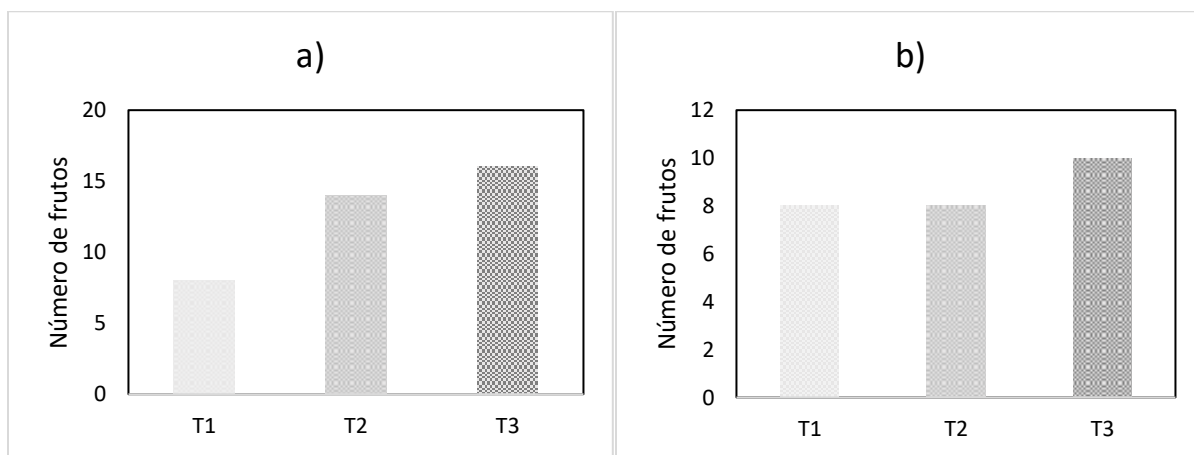
En la variable grados °Brix existió diferencias significativas entre los tratamientos a los 160 DDT ($F= 4.94$; $p= 0.0272$). Como se observa en la (Tabla 6), se evidencia que al aplicar 0.3 mg. L⁻¹ de B (T3), se obtuvo mayor promedio de grados °Brix de 7.74 \pm 0.83, a comparación de aplicar 0.01 mg. L⁻¹ de B (T1), que alcanzó un promedio de grados °Brix de 5.16 \pm 1.77.

Clasificación de los frutos

Como se puede observar en la (Figura 13 y Figura 14), se evidencia que al aplicar 0.3 mg. L⁻¹ de B (T3), se obtuvo la mayor cantidad de frutos de Grado 1 (16) y Grado 2 (10), a comparación de los demás tratamientos.

Figura 13

Clasificación de frutos a) Grado 1 y b) Grado 2



Nota. T1= tratamiento con dosis de 0.01 mg. L⁻¹, T2= tratamiento con dosis de 0.15 mg. L⁻¹ y T3= tratamiento con dosis de 0.3 mg. L⁻¹ de Boro. Autoría propia.

Figura 14

Fruto clasificado en Grado 1 y Grado 2

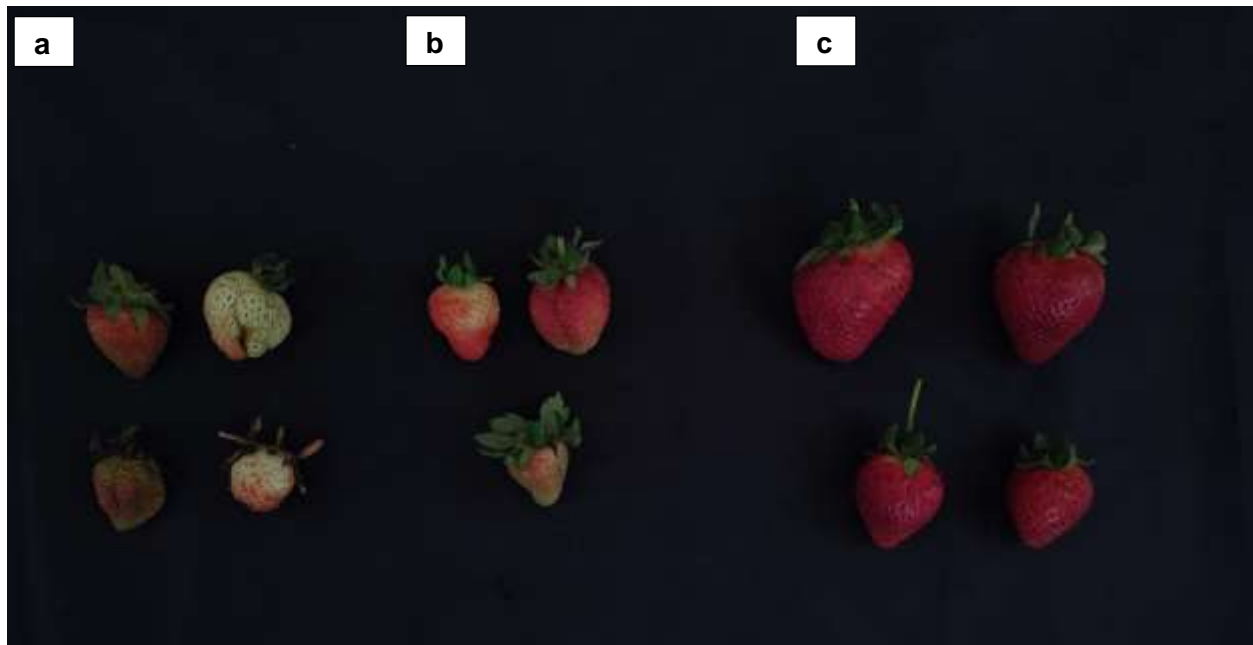


Nota. T1= tratamiento con dosis de 0.01 mg. L⁻¹, T2= tratamiento con dosis de 0.15 mg. L⁻¹ y T3= tratamiento con dosis de 0.3 mg. L⁻¹ de Boro; a) Grado 1= fruto comercial y b) Grado 2= fruto industrial. Autoría propia.

En la (Figura 15), se puede apreciar las diferentes deformidades que se presentaron en los frutos de las plantas de frutilla en la primera cosecha, donde T1 (0.01 mg. L^{-1}) y T2 (0.15 mg. L^{-1}) fueron los tratamientos que mostraron frutos deformes.

Figura 15

Deformación de frutos causada por las dosis de B



Nota. a) T1= tratamiento con dosis de 0.01 mg. L^{-1} , b) T2= tratamiento con dosis de 0.15 mg. L^{-1} y c) T3= tratamiento con dosis de 0.3 mg. L^{-1} de Boro (no presento deformaciones). Autoría propia.

Análisis económico de presupuesto parcial de Perrín

Para el análisis económico de los tratamientos con distintas dosis de boro y evaluar principalmente la productividad del cultivo de frutilla, se empleó el método propuesto por Perrin, *et al.* (1983), en el cual se determinaron los costos variables presentes en el proyecto para cada tratamiento (Tabla 7). En los costos variables se tomó en cuenta los fertilizantes empleados para preparar la solución madre que fue usada en los tres tratamientos equitativamente, por lo que este valor no varía, ya que la dosis aplicada de B por tratamiento no afecta significativamente de manera económica en el ensayo. Para el caso del cálculo del

rendimiento ajustado se consideró la pérdida del fruto por pudrición durante la primera cosecha (5%), además, para obtener la unidad bruta se multiplico por el precio actual de frutilla exportada a EEUU, la cual tiene un precio comercial de 1.92 dólares. kg⁻¹ de fruto congelado y finalmente restando los costos variables de producción por tratamiento, el beneficio neto más alto obtenido fue T3 con \$3.55 sobre T1=\$-4.08 que obtuvo un beneficio neto negativo, lo que muestra que T1 presenta pérdidas considerables e indica que no es factible cultivar con ausencia o deficiencia de B en cualquier tipo de sistema agrícola.

Tabla 7

Costos variables y beneficio neto obtenidos en cada tratamiento

Variable	Tratamiento		
	T1	T2	T3
Rendimiento (Kg) *	1.77	2.83	4.01
Rendimiento ajustado (Kg)	1.68	2.68	3.81
Utilidad bruta (\$/tratamiento)	3.23	7.67	10.86
Costo T0 (\$/tratamiento)	7.31	0	0
Costo T1 (\$/tratamiento)	0	7.31	0
Costo T2 (\$/tratamiento)	0	0	7,31
Total costo variable(\$/tratamiento)	7.31	7.31	7,31
Beneficio neto	-4.08	0.36	3.55

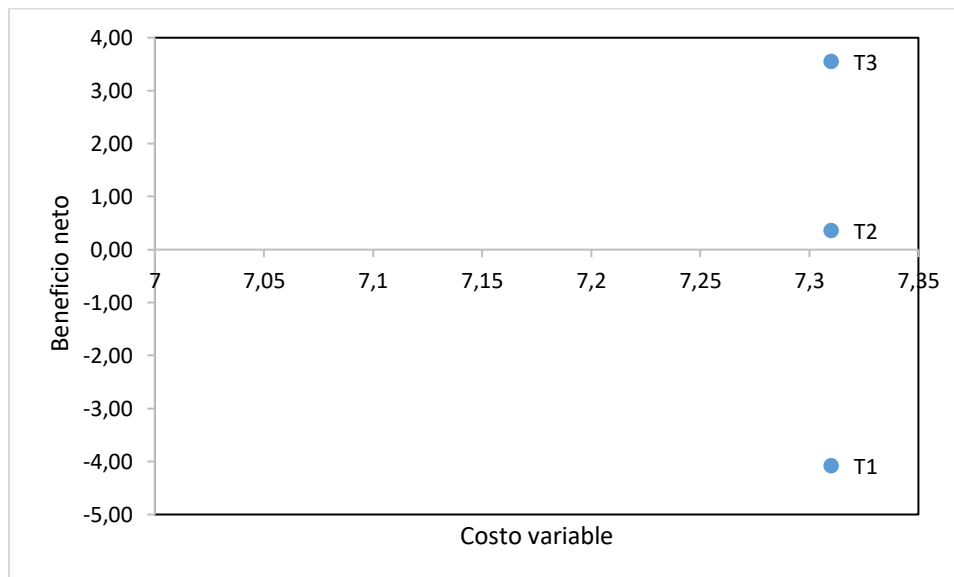
Nota. Se puede observar el beneficio neto por tratamiento. T1= tratamiento con dosis de 0.01 mg. L⁻¹, T2= tratamiento con dosis de 0.15 mg. L⁻¹ y T3= tratamiento con dosis de 0.3 mg. L⁻¹ de Boro. *Peso estimado a la tercera cosecha. Autoría propia.

En la (Figura 16), se observa el análisis de dominancias donde T1 (0.01 mg. L⁻¹) con la menor concentración de B es el tratamiento dominado con un beneficio neto bajo de \$-4.08, en relación a T3 (0.3 mg. L⁻¹), que es el tratamiento dominante con un beneficio neto alto de \$3.55, esto sin tomar en cuenta a los costos variables ya que es igual para todos los tratamientos.

Figura 16

Relación costo / beneficio para indicar la dominados entre tratamientos con dosis diferentes de

B



Nota. T1= tratamiento con dosis de 0.01 mg. L⁻¹, T2= tratamiento con dosis de 0.15 mg. L⁻¹ y T3= tratamiento con dosis de 0.3 mg. L⁻¹ de Boro. Autoría propia.

Para las variables de calidad de frutilla, se observa que el incremento de B en la solución nutritiva (T3 0.3 mg. L⁻¹) mejora sustancialmente el diámetro, °Brix, peso y coloración del fruto (Tabla 6). Esto se debe a que el B es un nutriente que se encuentra relacionado con los aspectos de translocación de azúcares, elongación de tejidos, metabolismo de los carbohidratos y proteínas, tal como lo demuestra Acosta (2013), que estos procesos están influenciados por el B, lo que mejora el dulzor, tamaño, tonalidad y peso del fruto, incrementando su calidad y precio comercial.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- El T3 (0.3 mg. L⁻¹) fue el mejor tratamiento sobre las variables agronómicas y de calidad del cultivo de frutilla en un sistema semi hidropónico.
- El tratamiento T3 (0.3 mg. L⁻¹) causó un efecto positivo en las variables agronómicas del cultivo de frutilla a excepción del contenido de clorofila donde T2 (0.15 mg. L⁻¹) fue el mejor tratamiento. Y en el análisis nutrimental el T3 (0.3 mg. L⁻¹) obtuvo el mayor contenido de B en el follaje (34.55 mg. Kg⁻¹), evidenciado así los resultados obtenidos.
- El tratamiento T3 (0.3 mg. L⁻¹) causó un efecto positivo en las variables de calidad del cultivo de frutilla, de acuerdo a la clasificación comercial basadas en las normas estadounidenses USDA (Grado 1 comercial = 16 y Grado 2 industrial = 10, diámetro transversal 37.04 ± 3.97 mm y grados °Brix = 7.74± 0.83).
- Al realizar el análisis de presupuesto parcial, se estableció que los costos variables son iguales para los tratamientos (7.31 USD), además el T3 (0.3 mg. L⁻¹) presentó el mayor beneficio neto con un valor de \$3.55 USD y fue el tratamiento dominante, a diferencia de T1 (0.01 mg. L⁻¹) que tuvo el menor beneficio neto con un valor de \$-4.08 USD y fue el tratamiento dominado.

Recomendaciones

- Con la finalidad de mejorar los parámetros agronómicos y de calidad del cultivo de frutilla se recomienda utilizar 0.3 mg. L de B.
- Para analizar el efecto toxico del B se recomienda utilizar dosis más altas.
- Es importante evaluar el efecto positivo de B a dosis de 0.3 mg. L⁻¹ en cultivos florícolas, ya que tiene un efecto positivo sobre el tamaño de la flor.

Bibliografía

- Abdullah, O. (2016). Vertical-Horizontal Regulated Soilless Farming via Advanced Hydroponics for Domestic Food Production in Doha, Qatar. *Research Ideas and Outcomes*, 2(1), 81-97. DOI: 10.3897/rio.2.e8134
- Acosta, A. (2013). *Aplicación foliar de tres dosis de calcio y tres dosis de boro en el cultivo de fresa (Fragaria x ananassa Duch) cultivar oso grande, bajo cubierta [Tesis pregrado]*. Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/3944/1/Tesis-39agr.pdf>
- Aguirre, M. (2010). *Evaluación de la producción en frutilla (Fragaria x ananassa, Duch), con la aplicación de tres bioestimulantes y tres dosis de abono orgánico en la zona agroecológica de Yaruquí provincia de Pichincha [Tesis pregrado]*. Universidad Estatal de Bolívar, Guaranda, Ecuador. Obtenido de http://handbook.usfx.bo/nueva/vicerrectorado/citas/AGRARIAS_7/Ingenieria%20Agronomica/68.pdf
- Alejo, A., & Reyes, L. (2014). *Evaluación de sustratos y tipos de recipiente en el crecimiento de plántulas de café arábigo, en condiciones de vivero [Tesis pregrado]*. Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador. Obtenido de <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/12493/1/Antonio%20Javier%20Alejo%20Palacios.pdf>
- Alfonso, G., Alvarado, S., & Cartagena, Y. (2017). Evaluación de deficiencias nutricionales en el cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) bajo invernadero. *Siembra*, 4(1), 93-109. DOI: 10.29166/siembra.v4i1.504
- Armadians, A., Ortiz, E., Britos, U., & Dos Santos, C. (2020). Efecto de la aplicación de boro en la producción de frutilla *Fragaria* spp. *Ventana Científica*, 10(16), 111-120. Obtenido de <http://dicyt.uajms.edu.bo/revistas/index.php/ventana-cientifica/article/view/43/43>

- Asao, T. (2012). *Hydroponics - a standard methodology for plant biological researches*. *IntechOpen*, 3(5), 240-256. DOI: 10.5772/2215
- Avitia, E., Pineda, J., Castillo, A., Trejo, L., Corona, T., & Cervantes, E. (2014). Nutrient extraction in strawberry (*Fragaria x Ananassa Duch.*). *Revista Mexicana de ciencias agrícolas*, 5(3), 519-524. Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2007-09342014000300015&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Bobadilla, S. (2009). *Efecto del boro en la producción de bulbos y calidad de flor en Tulipa gesneriana cv Rococo [Tesis pregrado]*. Universidad Nacional de Comahue, Neuquén, Argentina. Obtenido de https://repositorio.inta.gob.ar/bitstream/handle/20.500.12123/6897/INTA_CRPatagoniaSur_EEAEsquel_Bobadilla_SE_Efectos_del_boro_en_la_produccion_de_bulbos_y_calidad_de_flor.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Brazanti, E. (1989). *La fresa*. Madrid, España: Mundi-Presa. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=117956>
- Cadena, J. (2022). *Producción de frutilla (Fragaria x ananassa), expuesta a deficiencia de magnesio en un sistema semi hidropónico [Tesis pregrado]*. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Sangolqui, Ecuador. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/4474/1/T-ESPEL-0407.pdf>
- Cajo, A. (2016). *Producción hidropónica de tres variedades de lechuga (Lectuca sativa L), bajo el sistema NFT, con tres soluciones nutritivas [Tesis pregrado]*. Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/23421/1/Tesis-136%20%20Ingenier%C3%ADa%20Agron%C3%B3mica%20-CD%20413.pdf>
- Cakmak, I. (2015). *Funciones fisiológicas del boro en los cultivos. Conferencia del curso internacional de nutrición de cultivos*. Obtenido de

<https://www.intagri.com/memorias/nutricionvegetal/curso-virtual-funciones-fisiologicas-del-boro-en-las-plantas>

Calderón, F., & Cevallos, F. (2001). *Los sustratos*. Obtenido de http://www.drcalderonlabs.com/Publicaciones/Los_Sustratos.htm

Caminiti, A. (2015). *Cultivo de Frutillas en la provincia del Neuquén [Tesis pregrado]*. Universidad Nacional de Comahue, Neuquén, Argentina. Obtenido de https://repositorio.inta.gob.ar/xmlui/bitstream/handle/20.500.12123/2815/INTA_CRPatagoniaNorte_EEABariloche_Caminiti_A_Cultivo_Frutillas.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Castellanos, C. (2014). *Determinación del efecto de la variación en la concentración de macronutrientes de cultivos hidropónicos en la biosíntesis de metabolitos en Mentha piperita L. por cromatografía de gases [Tesis pregrado]*. Universidad de San Carlos de Guatemala, Nueva Guatemala, Guatemala. Obtenido de http://www.repositorio.usac.edu.gt/2073/1/06_3669.pdf

Chiqui, F., & Lema, M. (2010). *Evaluación del rendimiento en el cultivo de fresa (Fragaria sp) variedad oso grande, bajo invernadero mediante dos tipos de fertilización (orgánica y química) en la parroquia Octavio Cordero Palacios, Cantón Cuenca [Tesis pregrado]*. Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, Ecuador. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/4745/1/UPS-CT001855.pdf>

Correa, M., Bórquez, A., & Kirschbaum, D. (2008). Fertilización de frutilla. *ResearchGate*, 1(2), 475-480. DOI:10.13140/RG.2.1.4618.8884

Desmartis, D. (2012). *Efecto de las aplicaciones de boro al suelo sobre la concentración foliar del elemento y el crecimiento de raíces en vid "Flame seedless" [Tesis pregrado]*. Universidad de Chile, Santiago, Chile. Obtenido de <https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/147881/Desmartis-%20Efecto%20de%20aplicaciones%20%282012%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Encalada, J. (2020). *Evaluación de tres soluciones nutritivas en el rendimiento y calidad de dos variedades de Fragaria x ananassa "fresa" en un sistema semihidropónico [Tesis pregrado]*. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Sangolquí, Ecuador. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/24771>
- Flores, C. (2016). *Boro en la producción de fresa (Fragaria x ananassa Duch.) CV. Albión [Tesis pregrado]*. Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, México. Obtenido de <https://repositorio.chapingo.edu.mx/server/api/core/bitstreams/453fe376-53fd-4923-bf9a-2ee13a03383e/content>
- Gutiérrez, M., & Torres, J. (2013). Symptoms associated to boron deficiency in the oil palm (*Elaeis guineensis* JACQ.) in Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana*, 24(2), 441-449. Obtenido de https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S1659-13212013000200021&script=sci_arttext
- Hirzel, J. (2017). *Manual de manejo agronómico de la frutilla*. Instituto de Investigación Agropecuaria (INIA). Recuperado de <https://www.inia.cl/wp-content/uploads/ManualesdeProduccion/17%20Manual%20Frutilla.pdf>
- Ibadango, F. (2017). *Eficiencia y rentabilidad del sistema hidropónico vertical frente al convencional en la producción de tres variedades de fresa (fragaria vesca l.), en la granja experimental Yuyucocha, Imbabura [Tesis pregrado]*. Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador. Obtenido de <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/6405>
- Ilbay, L. (2012). *Evaluación de sustratos orgánicos para la producción de plántulas de brócoli (Brassica oleracea Var. Itálica) [Tesis pregrado]*. Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/3173/1/Tesis-32agr.pdf>
- Jácome, S., & Garay, M. (2009). *Análisis económico - financiero a la empresa Olmedo Aries Distribuciones CIA. LTDA. de la ciudad de Riobamba, año 2004 – 2005, para reducir el riesgo de inversión [Tesis pregrado]*. Universidad Politécnica de Chimborazo, Riobamba,

- Ecuador. Obtenido de
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/489/1/52T00130.pdf>
- Lema, D. (2017). *Evaluación de tres soluciones nutritivas en hidroponía en el cultivo de lechuga (Lactuca sativa L.) var. crispera, en invernadero, departamento de horticultura, cantón Riobamba, provincia de Chimborazo [Tesis pregrado]*. Universidad Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. Obtenido de
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/8174/1/13T0853.pdf>
- Lieten, P. (2002). Boron deficiency of strawberries grown in substrate culture. *Acta Horti*, 567(1), 451-454. DOI: 10.17660/ActaHortic.2002.567.94
- Llumiquinga, P. (2017). *Evaluación de fertilización mineral y órgano/mineral con fertirriego en el cultivo de frutilla Fragaria x ananassa (Weston) Duchesne; variedad Albión [Tesis pregrado]*. Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador. Obtenido de
<http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/9674>
- Luaces, P., Rodríguez, V., Píccoli, A., Chabbal, M., Giménez, L., & Martínez, G. (2014). Fertilización foliar con macronutrientes a plantas de naranja Valencia late (*Citrus sinensis* L. Osbeck) y tangor Murcott (*Citrus reticulata* Blanco x *Citrus sinensis* L. Osbeck). *FCA UNCUYO*, 46(1), 87-96. Obtenido de
<http://www.scielo.org.ar/pdf/refca/v46n1/v46n1a07.pdf>
- Macias, A. (2019). *Importancia de los macronutrientes en el cultivo de soya (Glycine max) [Tesis pregrado]*. Universidad Técnica de Babahoyo, Babahoyo, Ecuador. Obtenido de
<http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/6480/E-UTB-FACIAG-ING%20AGRON-000192.pdf?sequence=7&isAllowed=y>
- Morán, M. (2016). *Influencia del boro en la floración y rendimiento del cacao variedad CCN-51 en la zona de Mata de Cacao [Tesis pregrado]*. Universidad Técnica de Babahoyo, Babahoyo, Ecuador. Obtenido de <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/3242>

- Moreno, D., Quiroga, I., Balaguerra, H., & Magnitskiy, S. (2016). El estrés por boro afecta la fotosíntesis y el metabolismo de pigmentos en plantas. Una revisión. *Revista Colombiana de Ciencias Agrícolas*, 10(1), 12-32. Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2011-21732016000100012
- Muñoz, C. (2011). *Combate biológico del moho gris (Botrytis cinerea) bajo dos condiciones de almacenamiento, del fruto de fresa (Fragaria x ananassa) C.V. Albión [Tesis pregrado]*. Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador. Obtenido de https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/878/1/Tesis_t003agr.pdf
- Ortiz, J., Sánchez, F., Castillo, M., & Torres, A. (2009). Características deseables de plantas de pepino crecidas en invernadero e hidroponía en altas densidades de población. *Revista Fitotec*, 32(4), 289-294. Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0187-73802009000400007&script=sci_abstract&tlng=pt
- Ortiz, M., Delatorre, J., Sepúlveda, I., Low, C., Ruiz, K., & Herrera, J. (2021). Effects of different boron concentrations and pH on growth *Zea mays* var. Capia blanco, an ancestral corn from Chile. *Idesia*, 39(2), 12-56. DOI: 10.4067/S0718-34292021000200111
- Parra, E. (2018). *Producción y comercialización de frutilla (Fragaria sp) en la parroquia Yaruquí, cantón Quito, provincia de Pichincha [Tesis pregrado]*. Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador. Obtenido de <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/8658/1/03%20AGN%20041%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>
- Pérez, J. (2017). *Efecto de la aplicación de Calcio y Boro, sobre la calidad y rendimiento del fruto de Banano (Musa spp) en el cantón Baba, Provincia de Los Ríos [Tesis pregrado]*. Universidad Técnica de Babahoyo, Babahoyo, Ecuador. Obtenido de <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/4133>
- Perrin, R., Winkelmann, D., Moscardi, E., & Anderson, J. (1983). *Formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: Un manual metodológico de evaluación*

económica. Obtenido de <https://repository.cimmyt.org/bitstream/handle/10883/3816/22246.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Quiñonez, M. (2014). *Uso de la fibra de coco como sustrato en la producción de pasca (Euphorbia pulcherrima; Wild. Ex Klotsch) para exportación [Tesis pregrado]*. Universidad Rafael Landívar, Maracaibo, Venezuela. Obtenido de <http://biblio3.url.edu.gt/Tesario/2014/06/17/Quinonez-Mario.pdf>

Quishpe, J. (2013). *Evaluación de la respuesta de la frutilla (Fragaria dioica) al sistema de cultivo semihidropónico en el Quinche - Pichincha [Tesis pregrado]*. Universidad Politécnica Salesiana, Quito, Ecuador. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/5066/6/UPS-YT00157.pdf>

Rengal, M., Cruz, J., Croce, J., Montaña, J., & Chirinos, I. (2012). Efecto de la fertilización foliar con zinc y boro sobre los componentes del rendimiento en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) en suelos inundados. *Revista Científica UDO Agrícola*, 12(1), 158-166. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4277923>

Rivadeneira, D. (2016). *Evaluación de tres dosis de zeolita para la optimizar el rendimiento del cultivo de fresa (Fragaria x ananassa), en el cantón Tulcán provincia del Carchi [Tesis pregrado]*. Universidad Politécnica Estatal del Carchi, Tulcán, Ecuador. Obtenido de <http://repositorio.upec.edu.ec/bitstream/123456789/511/1/304%20Evaluacion%20de%20tres%20dosis%20de%20zeolita%20para%20optimizar%20el%20rendimiento%20del%20cultivo.pdf>

Rodríguez, I. (2018). *Aplicación de nutrientes foliares en los estados fenológicos del cultivo de mora (Rubus glaucus Benth) en la granja experimental Píllaro [Tesis pregrado]*. Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/27128/1/Tesis-187%20%20Ingenier%C3%ADa%20Agron%C3%B3mica%20-CD%20556.pdf>

- Treftz, C. (2015). *Comparison Of Nutritional And Sensory Qualities Between Hydroponic And Soil-Grown Strawberries and Raspberries [Tesis doctorado]*. University of Nevada, Reno, Estados Unidos. Obtenido de <https://scholarworks.unr.edu/handle/11714/2652>
- Trujillo, C. (2019). *Evaluación de cuatros sustratos y ocho combinaciones, en el cultivo de Fragaria ananassa VAR. Albión festival [Tesis pregrado]*. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Sangolquí, Ecuador. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/21025/1/T-IASA%20I-005500.pdf>
- Tustón, R. (2012). *Sistematización de experiencias del cultivo de frutilla (Fragaria dioica), para la sierra norte de Pichincha [Tesis pregrado]*. Universidad Politecnica Salesina, Quito, Ecuador. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/3759/6/UPS-YT00195.pdf>
- USDA. (2018). *Strawberries grades and standards / agricultural marketing service*. Obtenido de <https://www.ams.usda.gov/grades-standards/strawberries-grades-and-standards>
- Villareal, C. (2018). *Evaluación de las condiciones climáticas y fuentes de boro, para la germinación in vitro de polen en frutilla (Fragaria x ananassa) variedad festival [Tesis pregrado]*. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Sangolquí, Ecuador. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/jspui/bitstream/21000/14539/1/T-IASA%20I-005444.pdf>
- Will, A., & Jones, L. (1992). *Condiciones del suelo y desarrollo de las plantas según Russell*. Mundi-Prensa. Obtenido de <https://www.mundiprensa.com/catalogo/9788471144003/condiciones-del-suelo-y-desarrollo-de-las-plantas-segun-russell>
- Yandún, M. (2019). *Evaluación de la fertilización orgánica e inorgánica utilizando dos tipos de acolchado en el cultivo de fresa (Fragaria sp) en las variedades Albión y Monterrey [Tesis pregrado]*. Universidad Politecnica Estatal del Carchi, Tulcán, Ecuador. Obtenido de <http://repositorio.upec.edu.ec/bitstream/123456789/835/1/366%20Evaluaci%C3%B3n%20de%20la%20fertilizaci%C3%B3n%20org%C3%A1nica%20e%20inorg%C3%A1nica>

20utilizando%20dos%20tipos%20de%20acolchado%20en%20el%20cultivo%20de%20fr
esa.pdf

Zambrano, R. (2015). Agricultores le apuestan al cultivo de frutilla. *Revista el Agro*, 2(2), 12-23.

Obtenido de <http://www.revistaelagro.com/agricultores-le-apuestan-al-cultivo-de-fresas/>

Zapata, A. (2014). *Evaluación de tres sistemas de tutorado con la aplicación de dos fertilizantes*

foliares a base de Ca y B, para disminuir el aborto de flores y frutos en el cultivo de tomate

de árbol (Solanum betaceum) en Isinche - Pujili, Cotopaxi [Tesis pregrado]. Universidad

Técnica de Cotopaxi, Latacunga, Ecuador. Obtenido de

<http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/2559/1/T-UTC-00096.pdf>