



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



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

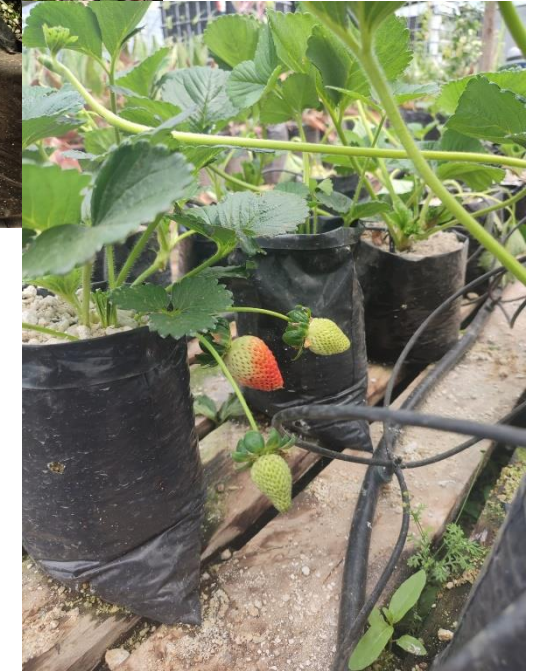


INTRODUCCIÓN

En Ecuador el cultivo de frutilla es de mucha importancia para la agricultura local desde el punto de vista económico.

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%.

Para garantizar la máxima expresión de la variedad usada es necesario que la planta tenga a disposición todos los nutrientes (N, P, K, Ca, Mg y B).



JUSTIFICACIÓN

Los agricultores del Ecuador desaprovechan nuevas alternativas de producción como los sistemas hidropónicos.

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.

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.



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, porcentaje 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

Hipótesis nula

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.

Hipótesis alterna

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.



Frutilla

Es una planta herbácea, perenne, perteneciente a la familia de las Rosáceas, del género *Fragaria*.

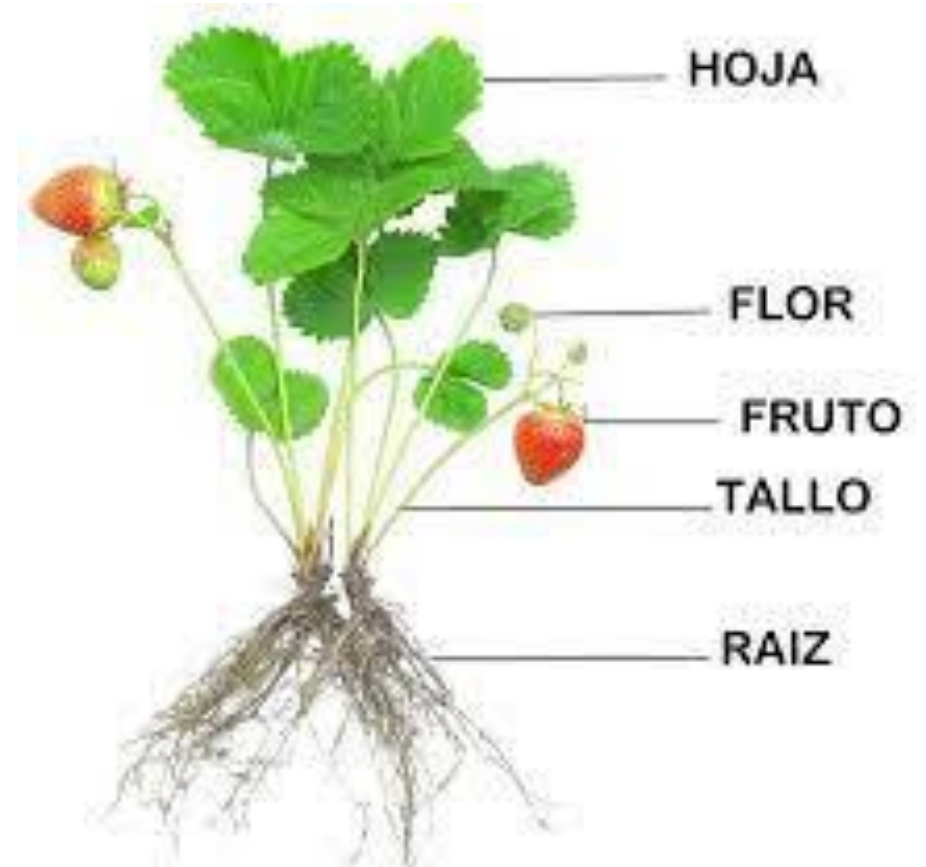
El tallo se conforma por un eje corto de forma cónica llamado "corona", en donde se puede observar un sinnúmero de escamas foliares.

Las hojas son largamente pecioladas, dotadas de dos estipulas rojizas, emergen en forma de roseta y se ancan en la corona.

El limbo, se divide en tres foliolos pediculados, con bordes acerrados.

Las flores están constituidas por 5 a 6 pétalos, de 20 a 35 estambres y cientos de pistilos que se encuentra sobre un receptáculo carnoso.

Un óvulo fecundado permite la formación de un fruto de tipo aquenio.



Boro



Este micronutriente está estrechamente relacionado con el desarrollo de nuevas células en puntos que presentan un crecimiento activo, como los meristemos apicales de raíces y tallos.

Forma parte de la translocación de azúcares, almidones, nitrógeno y fósforo. Es importante en la actividad de polinización y en la formación de frutos y semillas.

Los síntomas en la planta se ven reflejado en el desarrollo distorsionado de las hojas, quemaduras de los ápices en hojas jóvenes y amarillamiento.

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.

Entonces una correcta dosificación de B permite un adecuado desarrollo de las plantas y su carencia da lugar a la aparición de muchas enfermedades y deformación específicamente de los frutos.



METODOLOGÍA

Variables agronómicas

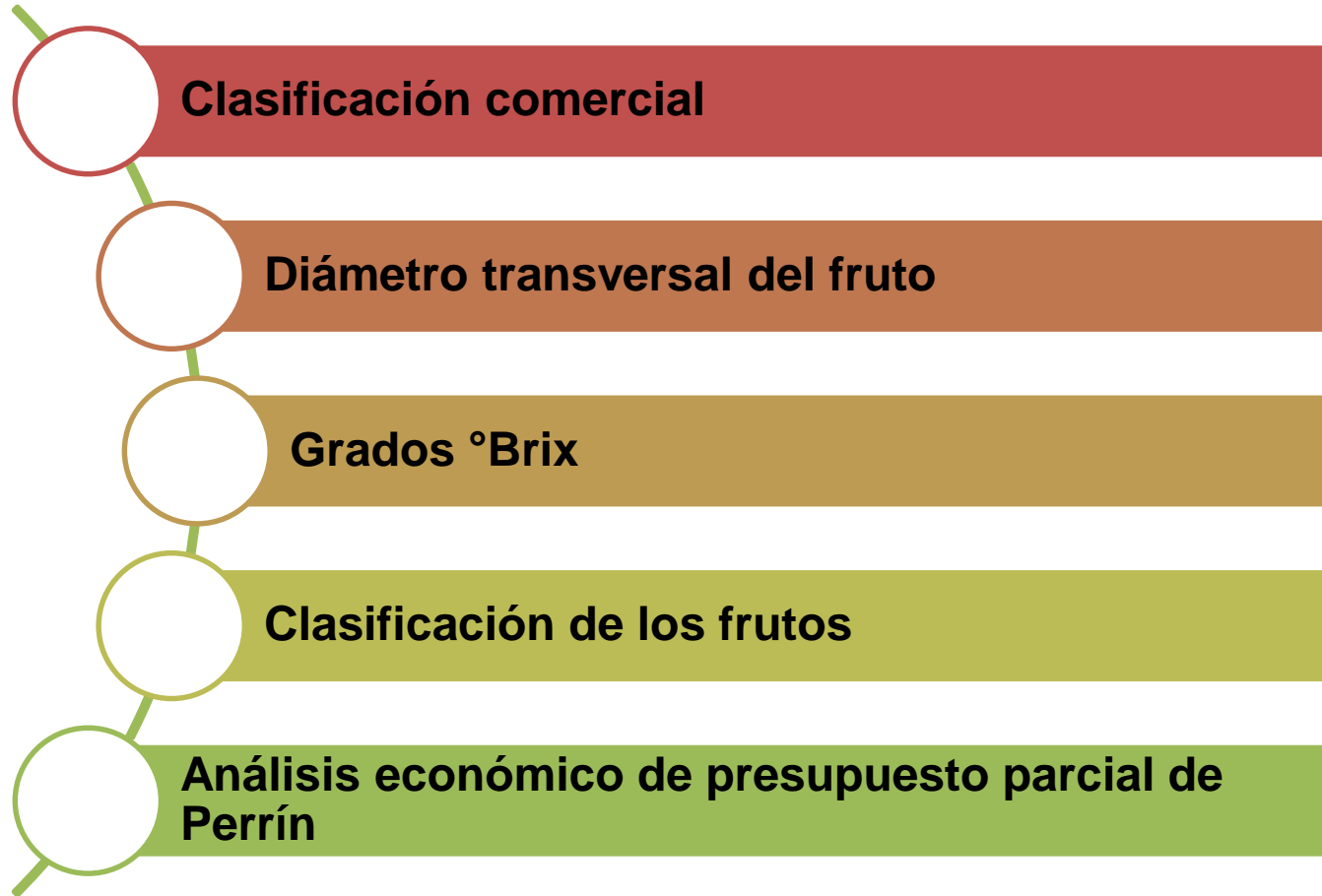


Variables agronómicas

- Diámetro de la flor
- Número de frutos por planta
- Peso de la producción
- Peso húmero y peso seco
- Contenido de clorofila
- Análisis nutrimental de B



Variables de calidad



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

VARIABLES AGRONÓMICAS

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 c	28.63 \pm 0.25 b	9.25 \pm 0.42 b	227.67 \pm 4.07 b
T2	21.92 \pm 0.63 b	30.50 \pm 1.87 ab	9.42 \pm 0.32 b	244.75 \pm 11.41 a
T3	23.25 \pm 0.50 a	33.50 \pm 2.52 a	11.00 \pm 0.47 a	253.92 \pm 5.84 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.

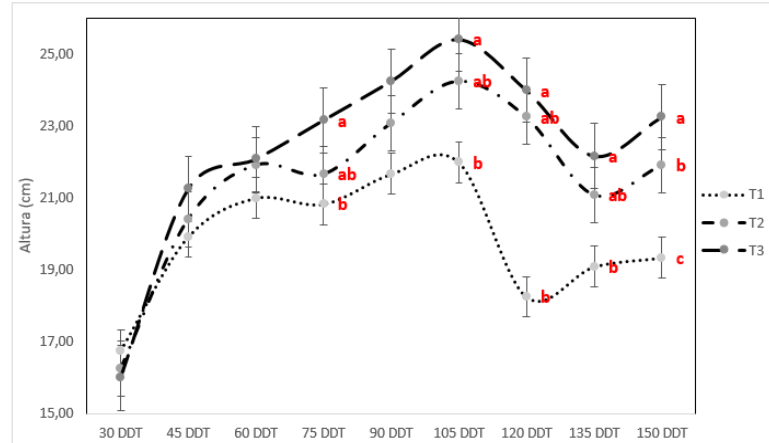
La mayor altura, longitud de raíz, área foliar y número de hojas para T3 (03 mg. L⁻¹), puede deberse a que el B es un elemento que se encuentra implicado en la translocación de azúcares, multiplicación y elongación de las células de los tejidos, Pérez (2017), lo que puede estar influenciado en el crecimiento de la planta, tanto en la altura, longitud radicular, área foliar y formación de hojas, como se observa en la (Tabla 3), donde T3 con la dosis más alta de B fue el mejor tratamiento en estas variables.



Variables agronómicas

Figura 7

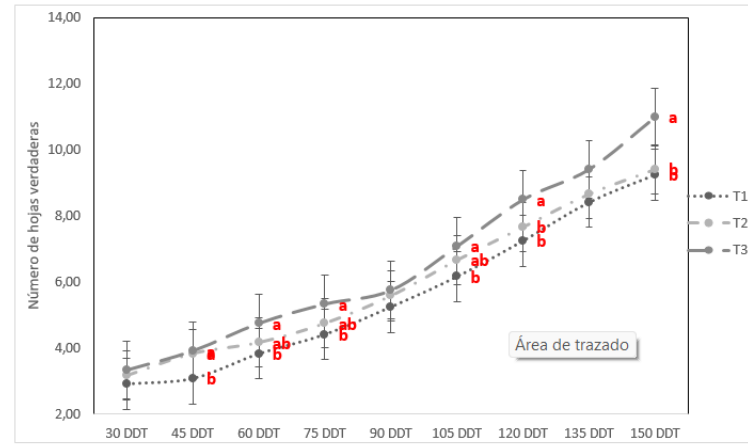
Altura (cm) promedio por plantas durante el ciclo del cultivo



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.

Figura 8

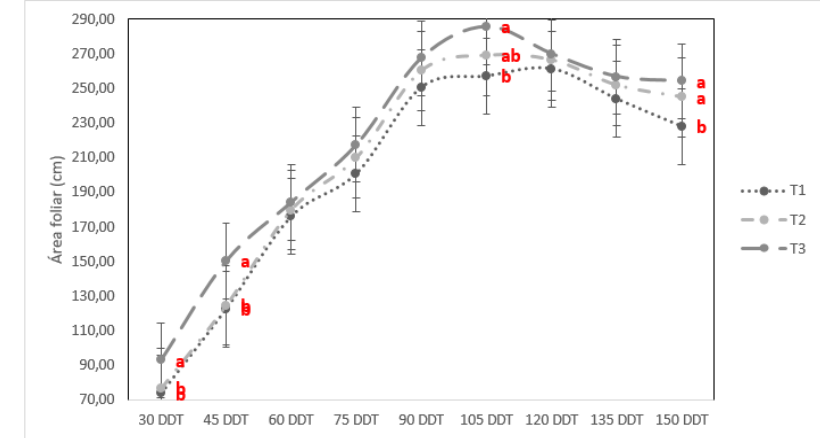
Número de hojas verdaderas promedio por planta durante el ciclo del cultivo



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.

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.

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.

Variables agronómicas

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.

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).

Variables agronómicas

Tabla 4

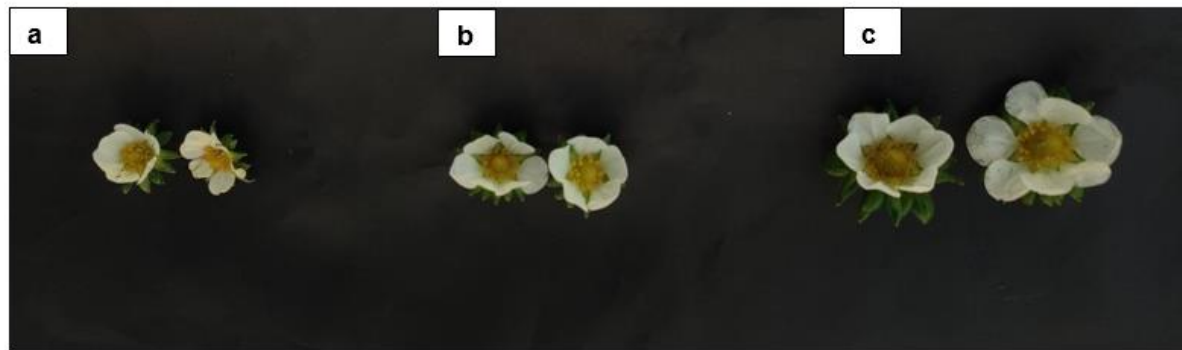
Media \pm desviación estándar, de las variables flor, fruto y producción a los 150 DDT

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.

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.

Se observa que el incremento de la concentración del B en la solución nutritiva (T3 = 0.3 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.

Variables agronómicas

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.

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), donde menciona que el B está estrechamente relacionada con estos procesos, lo que mejora el crecimiento del tallo, hojas, flores y fruto, incrementando el follaje y la cantidad de clorofila en la planta.



Variables de calidad

Tabla 6

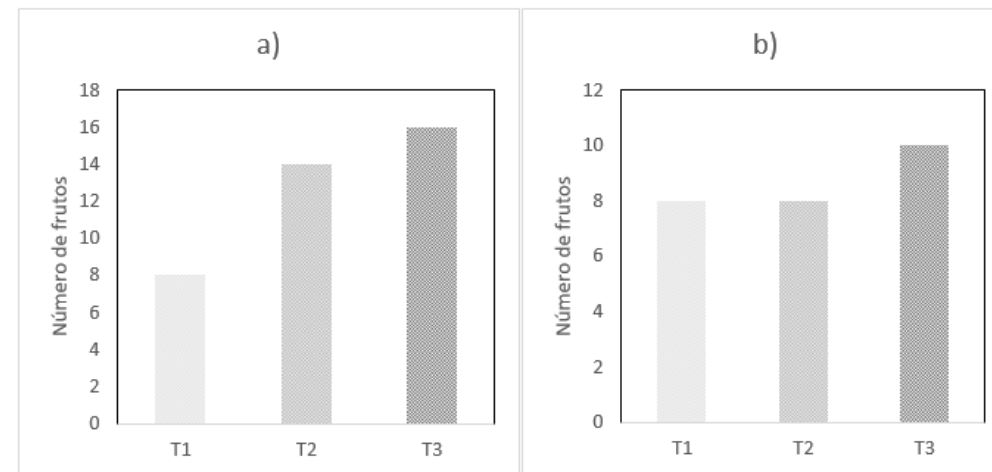
Media \pm desviación estándar de las variables de calidad del fruto

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.

Figura 13

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



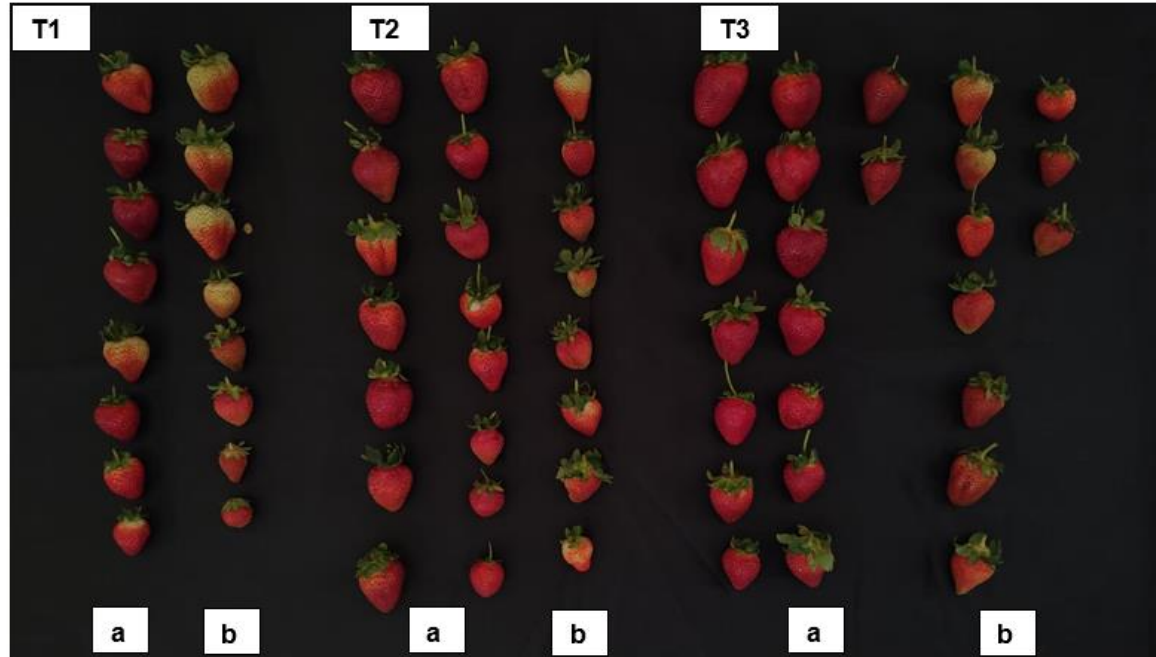
Nota. T1= tratamiento con dosis de 0.01 mg. L⁻¹, T2= tratamiento con dosis de 0.15 mg. L⁻¹ y T3= tratamiento con dosis de 0.3 mg. L⁻¹ de Boro.

Se observa que el incremento en la solución nutritiva (T3 0.3 mg. L⁻¹) mejora sustancialmente el diámetro, grados °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.

Variables de calidad

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.

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

Tabla 7

Costos variables y beneficio neto obtenidos en cada tratamiento

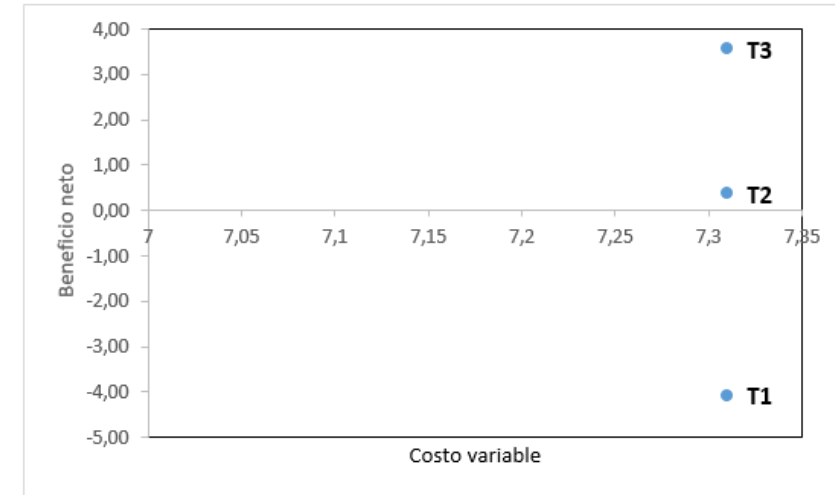
Variable	Tratamiento		
	T1	T2	T3
Rendimiento (Kg)	1.77	2.83	4.01
Rendimiento ajustado (Kg)	1.68	2.68	3.81
Utilidad bruta (\$/tratamiento)	3.23	7.67	10.86
Costo T0 (\$/tratamiento)	7.31	0	0
Costo T1 (\$/tratamiento)	0	7.31	0
Costo T2 (\$/tratamiento)	0	0	7,31
Total costo variable(\$/tratamiento)	7.31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

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.



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.



AGRADECIMIENTO



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



ESPE
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
CAMINO A LA EXCELENCIA