



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

Departamento de Fitotecnia

Instituto de Horticultura

BORO EN LA PRODUCCIÓN DE FRESA
(*Fragaria x ananassa* Duch.) CV. ALBIÓN

TESIS

QUE COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

PRESENTA:

CAROLINA MARÍA FLORES TREJO

Mayo de 2016, Chapingo, Estado de México



DIRECCION GENERAL ACADEMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES

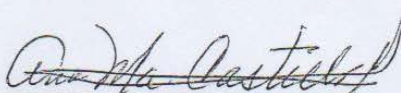


BORO EN LA PRODUCCIÓN DE FRESA (*Fragaria x ananassa* Duch.) CV. ALBIÓN

Tesis realizada por **Carolina María Flores Trejo** bajo la dirección del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

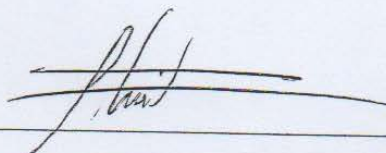
MAESTRO EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

DIRECTOR:



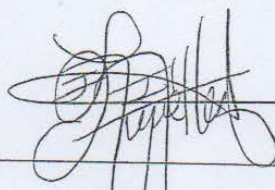
DRA. ANA MARÍA CASTILLO GONZÁLEZ

ASESOR:



DR. EDILBERTO AVITIA GARCÍA

ASESOR:



DRA. LIBIA IRIS TREJO-TÉLLEZ

DEDICATORIA

A mis padres Hermila Trejo Martínez y Gustavo Flores Flores por enseñarme a ser valiente, fuerte, honesta pero sobre todo por apoyarme para realizar mis sueños.

A mi hermano Marcos Flores Trejo por darle a mi vida una chispa de diversión y alegría.

A mi novio Ricardo Arroyo por apoyarme en mi desarrollo personal y formar parte de mi vida.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Chapingo por permitirme continuar con mi formación académica.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por brindarme apoyo económico para la realización de mi posgrado.

A mi comité asesor, a la Dra. Ana María Castillo González, Dr. Edilberto Avitia García y a la Dra. Libia Iris Trejo Téllez, por brindarme su tiempo, conocimientos y consejos para la realización del presente estudio.

A la Q.F.B. Ángela Barrera por su apoyo y conocimientos brindados en el laboratorio para la realización de este trabajo y por su forma de ser tan agradable.

A mis compañeros Laura Pichardo, Amelia López, Linda Moreno y Efrén Cíntora por hacer agradable mi estancia durante la maestría y por apoyarme en la realización del presente trabajo

A Oscar Daniel Barrera y Jefferson Pérez por sus consejos, amistad y apoyo incondicional en esta etapa de mi vida.

DATOS BIOGRÁFICOS

La autora de la presente tesis, Licenciada en Biología Carolina María Flores Trejo, nació en Pachuca, Hidalgo el 16 de febrero de 1990. En 2008 ingresa a la Licenciatura en Biología en la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Fue becario de CONACyT mediante el proyecto “Plantas medicinales y hongos de Hidalgo: Aprovechamiento sustentable y conservación como estrategias para mejorar la calidad de vida” FOMIX-HGO-2010-C01-151064, entra en 2014 a la Maestría en Ciencias en Horticultura en la Universidad Autónoma Chapingo.

ÍNDICE

ÍNDICE DE CUADROS.....	i
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ii
RESUMEN/ABSTRACT.....	iii
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. OBJETIVOS.....	2
3. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
3.1. Importancia del cultivo de fresa.....	3
3.1.1. Situación mundial.....	3
3.1.2. Situación nacional.....	3
3.2. Descripción del género <i>Fragaria</i>	6
3.3. Importancia alimenticia.....	7
3.4. Indicadores de calidad en el fruto.....	7
3.4.1. Sólidos solubles totales (°Brix).....	8
3.4.2. Tamaño.....	8
3.4.3. Color.....	9
3.4.4. Firmeza.....	9
3.4.5. Acidez titulable.....	10
3.5. Nutrición de la fresa.....	10
3.6. El boro como nutrimento.....	11
3.7. Rangos de suficiencia nutrimental.....	13
4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	15
4.1. Área de estudio.....	15
4.2. Material vegetal utilizado.....	15
4.3. Sustrato.....	15
4.4. Riego.....	16
4.5. Diseño experimental.....	16
4.6. Variables evaluadas.....	17
4.6.1. Variables de fruto.....	17
4.6.2. Variables de planta.....	19
4.7. Análisis estadístico.....	21
5. RESULTADOS.....	22
5.1. Rendimiento.....	22
5.2. Peso fresco y peso seco de plantas.....	23
5.3. Tamaño de la parte aérea.....	25
5.4. Área foliar.....	26
5.5. Variables de calidad de fruto.....	27
5.6.1. Azúcares solubles totales por órgano y tratamiento.....	29
5.6.2. Azúcares solubles totales por órgano.....	30
5.7. Acumulación nutrimental en el fruto.....	31
5.8. Acumulación nutrimental en hojas y estolones.....	35
5.9. Acumulación nutrimental en raíz y corona.....	39
5.10. Distribución nutrimental.....	43
6. DISCUSIÓN.....	46
7. CONCLUSIONES.....	53
8. LITERATURA CITADA.....	54
ANEXOS.....	62

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Intervalos de suficiencia para los niveles de nutrimentos foliares en fresa a mediados del verano (Hancock, 1999).....	14
Cuadro 2. Peso fresco de las plantas de fresa ‘Albión’ cultivadas bajo un sistema hidropónico con diferentes dosis de boro en la solución nutritiva.....	23
Cuadro 3. Peso seco de las plantas de fresa ‘Albión’ cultivadas bajo un sistema hidropónico con diferentes dosis de boro en la solución nutritiva.....	24
Cuadro 4. Tamaño de la parte aérea de las plantas de fresa ‘Albión’ cultivadas bajo sistema hidropónico con diferentes dosis de boro en la solución nutritiva.....	25
Cuadro 5. Variables de calidad del fruto en fresa ‘Albión’ cultivadas bajo un sistema hidropónico con diferentes dosis de boro en la solución nutritiva.....	28
Cuadro 6. Azúcares solubles totales en los órganos en plantas de fresa ‘Albión’ cultivadas bajo un sistema hidropónico con diferentes dosis de boro en la solución nutritiva.....	29

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Rendimiento de plantas de fresa ‘Albi3n’ cultivadas en un sistema hidrop3nico con diferentes dosis de boro en la soluci3n nutritiva.....	22
Figura 2. 3rea foliar de las plantas de fresa ‘Albi3n’ cultivadas bajo un sistema hidrop3nico con diferentes dosis de boro en la soluci3n nutritiva.....	26
Figura 3. Concentraci3n de az3cares solubles totales por 3rgano de plantas de fresa ‘Albi3n’ cultivada bajo un sistema hidrop3nico en un sustrato de tezontle con variaciones de boro en la soluci3n nutritiva.....	30
Figura 4. Acumulaci3n de nitr3geno en frutos de fresa ‘Albi3n’ cultivada en un sistema hidrop3nico con diferentes dosis de boro en la soluci3n nutritiva.....	31
Figura 5. Acumulaci3n de f3sforo en frutos de fresa ‘Albi3n’ cultivada en un sistema hidrop3nico con diferentes dosis de boro en la soluci3n nutritiva.....	32
Figura 6. Acumulaci3n de potasio en frutos de fresa ‘Albi3n’ cultivada en un sistema hidrop3nico con diferentes dosis de boro en la soluci3n nutritiva.....	33
Figura 7. Acumulaci3n de hierro en frutos de fresa ‘Albi3n’ cultivada en un sistema hidrop3nico con diferentes dosis de boro en la	

solución nutritiva.....	34
Figura 8. Acumulación de boro en frutos de fresa ‘Albión’ cultivada en un sistema hidropónico con diferentes dosis de boro en la solución nutritiva.....	35
Figura 9. Acumulación de nitrógeno en hojas y estolones de fresa ‘Albión’ cultivada en un sistema hidropónico con diferentes dosis de boro en la solución nutritiva.....	36
Figura 10. Acumulación de fósforo en hojas y estolones de fresa ‘Albión’ cultivada en un sistema hidropónico con diferentes dosis de boro en la solución nutritiva.....	37
Figura 11. Acumulación de potasio en hojas y estolones de fresa ‘Albión’ cultivada en un sistema hidropónico con diferentes dosis de boro en la solución nutritiva.....	37
Figura 12. Acumulación de boro en hojas y estolones de fresa ‘Albión’ cultivada en un sistema hidropónico con diferentes dosis de boro en la solución nutritiva	38
Figura 13. Acumulación de hierro en hojas y estolones de fresa ‘Albión’ cultivada en un sistema hidropónico con diferentes dosis de boro en la solución nutritiva	38
Figura 14. Acumulación de nitrógeno en la raíz y corona de fresa ‘Albión’ cultivada en un sistema hidropónico con diferentes dosis de boro en la solución nutritiva.....	39
Figura 15. Acumulación de fósforo en la raíz y corona de fresa ‘Albión’	

cultivada en un sistema hidropónico con diferentes dosis de boro en la solución nutritiva.....	40
Figura 16. Acumulación de potasio en la raíz y corona de fresa ‘Albión’ cultivada en un sistema hidropónico con diferentes dosis de boro en la solución nutritiva.....	41
Figura 17. Acumulación de hierro en la raíz y corona de fresa ‘Albión’ cultivada en un sistema hidropónico con diferentes dosis de boro en la solución nutritiva.....	42
Figura 18. Acumulación de boro en la raíz y corona de fresa ‘Albión’ cultivada en un sistema hidropónico con diferentes dosis de boro en la solución nutritiva.....	43
Figura 19. Concentración nutrimental de nitrógeno en la planta de fresa ‘Albión’ cultivada en un sistema hidropónico con diferentes dosis de boro en la solución nutritiva.....	44
Figura 20. Concentración nutrimental de fósforo en la planta de fresa ‘Albión’ cultivada en un sistema hidropónico con diferentes dosis de boro en la solución nutritiva.....	44
Figura 21. Concentración nutrimental de potasio en la planta de fresa ‘Albión’ cultivada en un sistema hidropónico con diferentes dosis de boro en la solución nutritiva.....	45
Figura 22. Concentración nutrimental de boro en la planta de fresa ‘Albión’ cultivada en un sistema hidropónico con diferentes dosis de boro en la solución nutritiva.....	45

Figura 23. Concentración nutrimental de hierro en la planta de fresa
'Albión' cultivada en un sistema hidropónico con diferentes
dosis de boro en la solución nutritiva..... 46

BORO EN LA PRODUCCIÓN DE FRESA (*Fragaria x ananassa* Duch.) CV. ALBIÓN

BORON IN THE PRODUCTION OF STRAWBERRY (*Fragaria x ananassa* Duch.) CV. ALBIÓN

Carolina María Flores Trejo y Ana María Castillo González

RESUMEN

El principal productor de fresa a nivel mundial es Estados Unidos. México ocupa el sexto lugar, se reporta una producción de 379,464 t por año, con un rendimiento promedio de 44.62 t ha⁻¹ y un valor de 4,475 millones de pesos. Se tiene una demanda anual de 1,120 jornales por hectárea. El boro es un nutrimento importante en la germinación del tubo polínico, beneficia el amarre de frutos, se relaciona con la enzima ATPasa que sirve para la absorción del potasio, mejora la nodulación debido a que influye en la producción de la nitrogenasa, más del 90 % del boro se asocia con las paredes celulares. Existen varios estudios enfocados a la evaluación de los nutrimentos en fresa, los cuales permiten realizar comparativos tanto de producción como de calidad del fruto, el boro es un micronutrimento poco estudiado en fresa, particularmente en los cultivares de reciente introducción por lo que el presente estudio es una contribución para evaluar la fertilización con boro en el cultivar AlbiÓN. El objetivo de este estudio fue conocer el efecto de diferentes dosis de boro en la solución nutritiva en el desarrollo, rendimiento y calidad del fruto en fresa cv. AlbiÓN; así como la distribución y acumulación de biomasa total y nutrimentos en la planta. Se utilizaron plantas de fresa cultivar AlbiÓN; se cultivaron bajo un sistema hidropónico abierto, en macetas de 1.5 L con tezontle (partícula de 2 a 3 mm de diámetro). El diseño experimental fue completamente al azar con seis tratamientos. El riego se realizó con la solución nutritiva de Steiner (1984), los tratamientos fueron dosis crecientes de boro (H₃BO₃): 2.5, 5.0, 7.5, 10.0, 15.0 y 20.0 µmol L⁻¹. Se evaluó, el rendimiento, área foliar, peso fresco y peso seco por planta; en el fruto se evaluó la concentración de azúcares solubles totales, acidez titulable, índice de redondez, firmeza, sólidos solubles totales; así mismo, se determinó la concentración nutrimental en hoja, raíz y fruto. Las dosis de boro con 10.0 µmol L⁻¹ y 15.0 µmol L⁻¹ fueron con las que se reportó un mayor rendimiento y mejor calidad del fruto; así mismo, se benefició la acumulación de N, P, K, Fe y B en fruto, hojas y raíces. La concentración nutrimental en hojas fue de suficiencia.

Palabras clave: macronutrimentos; rendimiento; hidroponía

ABSTRACT

The main strawberry producer worldwide is the United States. Mexico ranks sixth, with production of 379,464 t per year, average yield of 44.62 t ha⁻¹ and a value of 4,475 billion pesos reported. It has an annual demand of 1,120 day's work per hectare. Boron is an important nutrient in the germination of the pollen tube, it benefits fruit set, it is related to the ATPase enzyme which is involved in potassium uptake, and it improves nodulation because it influences the production of nitrogenase. Also, more than 90 % of boron is associated with cell walls. Several studies have focused on the evaluation of nutrients in strawberries, allowing comparisons of fruit production and quality. Boron is an understudied micronutrient in strawberry, particularly in recently-introduced cultivars, so the present study is a contribution to assess the impact of boron fertilization on the cultivar AlbiÓN. The aim of this study was to determine the effect of different doses of boron in the nutrient solution on development, yield and fruit quality in strawberry cv. AlbiÓN, as well as the distribution and accumulation of total biomass and nutrients in the strawberry plant. AlbiÓN plants were cultured under an open hydroponic system, in 1.5L pots with tezontle (particle size of 2 to 3 mm in diameter). The experimental design was completely randomized with six treatments. Plants were irrigated with Steiner (1984) nutrient solution. The treatments were increasing doses of boron (H₃BO₃): 2.5, 5.0, 7.5, 10.0, 15.0 and 20.0 µmol L⁻¹. Yield, leaf area, fresh weight and dry weight per plant were evaluated; in the fruit, the concentration of total soluble sugars, total titratable acidity, roundness index, firmness and total soluble solids were evaluated. Also, the nutrient concentration in leaf, root and fruit was determined. The boron doses of 10.0 µmol L⁻¹ and 15.0 µmol L⁻¹ obtained a higher yield and benefitted the fruit quality factors and accumulation of N, P, K, Fe and B in fruits, leaves and roots. The nutrient concentration in leaves was adequate.

Keywords: Macronutrients, yields, hydroponics

1. INTRODUCCIÓN

La fresa se cultiva en más de 60 países del mundo; el principal productor es Estados Unidos, México ocupa el sexto lugar. En la República Mexicana se cultivaron 8, 890 hectáreas con una producción superior a 400 mil toneladas por año (SAGARPA, 2014). Las principales entidades productoras de esta frutilla son Michoacan, Baja California, Guanajuato y Jalisco (SIAP, 2014).

El boro juega un papel importante en la fertilización de las plantas, beneficiando la floración, el aumento de peso de las hojas y el amarre de frutos, participa en el movimiento de fotosintatos, favorece el movimiento del calcio y tiene mucha importancia en el proceso de polinización y fecundación del óvulo (Hanson, 1991; Bergman, 1992).

La diferencia entre la concentración requerida de B por la planta (0.3-0.5 ppm) y la toxicidad (1.0 ppm en la mayoría de las plantas cultivadas) es muy pequeña, por lo que se debe tener especial cuidado con este elemento (Hanson, 1991; Bergman, 1992).

Se relaciona con la enzima ATPasa que sirve para la absorción del potasio, mejora la nodulación debido a que influye en la producción de la nitrogenasa, contribuye a la formación de ácido ascórbico reducido el cual mejora el crecimiento radical, más del 90 % del boro se asocia con las paredes celulares (Cakmak, 2015).

Existen varios estudios enfocados a la evaluación de los nutrimentos de fresa, los cuales permiten realizar comparativas tanto de producción como de calidad

del fruto, el boro es un micronutriente poco estudiado en fresa particularmente en los cultivares de reciente introducción por lo que el presente estudio es una contribución para evaluar la fertilización con boro en el cultivar Albión.

2.- OBJETIVOS

Conocer el efecto de diferentes dosis de boro en la solución nutritiva en el desarrollo, rendimiento y calidad del fruto en fresa cv. Albión.

Conocer la distribución y acumulación de biomasa total y nutrientes en la planta de fresa 'Albión'.

3. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1. Importancia del cultivo de fresa

3.1.1. Situación mundial

La fresa es nativa de las regiones templadas del planeta. Se cultiva en grandes cantidades tanto con fines comerciales como por parte de horticultores aficionados (SIAP, 2014).

Se cultiva en más de 60 países del mundo (Santoyo y Martínez, 2010); actualmente se producen en el mundo 4.3 millones de toneladas de fresa; siendo Estados Unidos de América el principal productor, México ocupa el sexto lugar mundial en producción (SAGARPA, 2014).

En 2013 México reportó una producción de 379,464 toneladas por año (FAOSTAT, 2013).

3.1.2 Situación nacional

En 1849 la planta de fresa fue introducida a México, en 1852 llegó a Irapuato a través de Don Nicolás Tejada, líder político del Distrito de Irapuato, estableciéndose plantas de fresa en un almácigo en el bordo del Río Guanajuato, terreno que aún se conoce como "Moussier", cuya ubicación actual es la zona noreste de la ciudad. El cultivo de fresa cobró importancia hasta

1880, cuando Óscar Droege, alemán radicado en Irapuato, enseñó a los agricultores locales el cultivo técnico de la fresa, en las huertas ubicadas en la hacienda de San Juan de Retana. Su cultivo se extendió a la hacienda de Buena Vista propiedad del Lic. Joaquín Chico González, quien impulsó el comercio de la fresa hacia la ciudad de México (Sánchez, 2008).

A nivel nacional, se producen 400 mil toneladas de fresa en 8,890 hectáreas, con un rendimiento promedio de 44.62 toneladas por hectárea y un valor de la producción de 4,475 millones de pesos (SAGARPA, 2014).

La fresa de nuestro país presenta características de calidad, por lo que Estados Unidos capta hasta un 95 % de las exportaciones nacionales, ya sea en fresco o congelada (SAGARPA, 2005).

El cultivo de la fresa es un importante generador de empleo rural, de manera tal que en cada hectárea de cultivo bajo sistema de alta tecnología; riego por goteo, acolchado plástico y macrotúnel, se tiene una demanda anual de 1,120 jornales por hectárea, considerando que sólo en Michoacán se cuentan actualmente con una superficie tecnificada de 3,500 hectáreas; en donde se tiene una demanda anual de 4 millones 600 mil jornales, lo que representa 17,759 empleos permanentes por ciclo en el campo, a los que se deben sumar 3,955 empleos generados en la agroindustria; 368 empleos en la proveeduría de maquinaria y equipos, 60 prestadores de servicios y 226 empleos en el transporte, agregándose 6,074 empleos indirectos a lo largo y ancho de las actividades de esta cadena productiva (SAGARPA, 2014).

De su producción total, Michoacán exporta al extranjero 121,942 t y distribuye al mercado nacional 153,398 t; le sigue Baja California que exporta al mundo 50,996 t y 33,999 t las envía al mercado nacional, en tanto que el estado de Guanajuato sólo exporta al mundo 1,842 t y comercializa en el país 7,370 t; estos son los tres estados que exportan; mientras que los estados que cultivan fresa, son México con una producción de 6,725 t; Jalisco con 6,369 t y otros estados que en conjunto producen 1,046 t (SAGARPA, 2014).

A partir de la década de los 50's, los productores de fresa han estado condicionados en la adquisición de plantas "madre" de fresas provenientes de los Estados Unidos, entre las que destacan: 'Chandler', 'Douglas', 'Pájaro' y 'Oso Grande' (Dávalos *et al.*, 2011).

Dentro de los cultivares recientes se pueden mencionar 'Ventana', 'Albión', 'Camarosa', 'Camino Real', 'Sweet Charlie', 'Gaviota' y 'Diamante', por mencionar algunas (Angulo, 2009).

La fresa cv. Albión (anteriormente conocido como CN220) es un cultivar de día neutro similar a 'Diamante', tiene como su principal característica su excepcional calidad de fruta, tanto por tamaño, como por sabor y firmeza de la fruta. Es una variedad que mezcla las cualidades buenas del cv. Diamante y las del cv. Aromas; es de fácil recolección y manejo pos-cosecha; es bastante resistente a la marchitez por *Verticillium* (*Verticillium dahliae*) y la pudrición de la corona por *Phytophthora* (*Phytophthora cactorum*), y relativamente resistente a la pudrición de la corona de la antracnosis (*Colletotrichum acutatum*) (UC Davis, 2015).

3.2. Descripción del género *Fragaria*

La fresa es una planta dicotiledónea del género *Fragaria*, pertenece a la familia Rosaceae (Staudt, 2008); el tallo está comprimido en una corona de la que surgen las hojas trifoliadas dentadas. En las axilas de las hojas se desarrollan yemas o meristemas axilares, estas yemas dependiendo del estado nutricional evolucionan a estolones, ramas o escapos florales (Navarro y Muñoz-Garmendia, 2005).

La planta de fresa se considera perenne, genera estolones que produce durante su ciclo de vida. Los cultivares de fresa se clasifican en tres grupos: de día corto, de día largo y de día neutro. La floración de los primeros dos periodos se induce por un fotoperiodo determinado, mientras que en el tercero, no interviene el factor fotoperiodo en la floración de las mismas (Sánchez, 2008).

Los estolones o guías son brotes delgados rastreros, que provienen de yemas axilares de hojas situadas en la base de la corona, si se desarrollan forman plantas hijas; sin embargo, no es recomendable en una plantación comercial ya que debilitan a las plantas, bajando la producción de la fruta (SAGARPA, 2005).

La ramificación de la inflorescencia puede ser basal o distal. La flor tiene entre cinco y seis pétalos, de 20 a 35 estambres y varios cientos de pistilos sobre un receptáculo carnoso. Cada óvulo fecundado da lugar a un fruto de tipo aquenio (Folquer, 1986). El fruto de fresa pertenece a la categoría de los no

climatéricos, por lo que no completara su madurez comercial una vez recolectado (Navarro y Muñoz-Garmendia, 2005).

3.3. Importancia alimenticia

Es interesante saber que la fresa ha sido estudiada a profundidad por científicos de todo el mundo para conocer su poder antioxidante; comparada con las 11 frutas más consumidas en Estados Unidos, científicos norteamericanos han concluido que, en una relación gramo a gramo, la fresa contiene mayor cantidad de vitamina C, E y beta carotenos, los tres antioxidantes por excelencia; además, posee propiedades nutracéuticas, actividad antioxidante, reduce enfermedades crónicas (diabetes, hipertensión arterial, obesidad) y degenerativas como el cáncer (Basu y Rhone, 2010).

3.4. Indicadores de calidad en el fruto

La calidad de la fresa depende de su apariencia (intensidad y distribución del color rojo en la superficie de la fruta, tamaño, forma y ausencia de defectos y pudriciones), firmeza (determinada por la concentración de nitrógeno, calcio y potasio, al haber un suministro inadecuado de estos nutrimentos se producen fresas blandas que fácilmente se dañan durante la cosecha y manejo postcosecha) y sabor (determinado por la cantidad de azúcares y ácidos

orgánicos, compuestos fenólicos y volátiles característicos del aroma) (Hanson *et al.*, 1994; Hancock, 1999).

3.4.1. Sólidos solubles totales (°Brix)

Los azúcares que se encuentran principalmente en el fruto de fresa son sacarosa, glucosa y fructuosa y representan el 99 % del total de los azúcares de las frutas maduras. También se encuentran la ribosa, arabinosa, xilosa, manosa y galactosa. Quian *et al.* (2005) propone 8.22 °Brix como valor máximo para el fruto de fresa.

3.4.2. Tamaño

El tamaño de las fresas se determina por el diámetro ecuatorial, entre mayor sea el diámetro, mayor es su calidad, siendo el tamaño A el que mejor calidad presenta. El tamaño A corresponde a 3.2 cm o mayor, el tamaño B de 2.7 - 3.1 cm, el C de 2.0 - 2.6 cm y el D de 1.6 - 1.9 cm (SAGARPA, 2012).

3.4.3. Color

Es un atributo de calidad muy importante de todas las frutas y vegetales, para algunos de ellos es el atributo crítico de calidad para determinar el grado de madurez del producto.

El color de las fresas frescas está condicionado en parte, por la concentración de antocianinas en la epidermis y en la corteza (Nunes *et al.*, 2005) y por los tratamientos poscosecha que afectan la respiración y el oscurecimiento (Rosen y Kader, 1989). El color también se ve afectado por las variables ambientales precosecha, como son la luz, la temperatura y los factores nutrimentales, ya que éstos afectan la síntesis de antocianinas y el desarrollo del color de la fruta fresca.

3.4.4. Firmeza

La vida poscosecha de las frutas y hortalizas se ha definido tradicionalmente en términos de apariencia visual (frescura, color y ausencia de alteraciones fisiológicas) y la textura (firmeza, jugosidad y textura crujiente). Aunque este concepto implica el atractivo estético y las propiedades mecánicas asociadas con la calidad, no tiene en cuenta el sabor y la calidad nutricional. La firmeza es un atributo importante de las fresas y frecuentemente se utiliza para establecer la calidad del fruto principalmente si su destino es el mercado del fruto en fresco (Pelayo *et al.*, 2002).

3.4.5. Acidez titulable

El ácido cítrico es el ácido orgánico principal en el fruto de la fresa y el ácido ascórbico es la forma predominante de la vitamina C, se aceptan las fresas con acidez titulable de 0.8 % como valor máximo (Mitcham *et al.*, 2002).

3.5. Nutrición de la fresa

Los frutos de fresa son intolerantes a niveles altos de sodio en el agua, niveles superiores a 50 mg L⁻¹ reducen el rendimiento y la salud de las plantas. Un pH de 5.5 a 5.8 es ideal para fresas en hidroponía (Peckenpaugh, 2004).

La fuente de nitrógeno modifica el crecimiento, rendimiento, calidad de la fruta y composición química de los tejidos de la planta de fresa (Tabatabaei *et al.*, 2008). En hidroponía, las cantidades estándares de NH₄⁺ incorporadas en las soluciones nutritivas están entre 5 a 10 % del total de N y difícilmente excederá el 15 % (Sonneveld y Voogt, 2009).

El fósforo desempeña un rol muy importante en un gran número de reacciones enzimáticas que dependen de la fosforilación, incluida la incorporación del fosfato a ADP y ATP, esenciales para la división celular y para el desarrollo de los tejidos meristemáticos (Mengel y Kirkby, 2001).

La planta exige el potasio para generar la turgencia y el mantenimiento del potencial osmótico celular, regulando en las células guarda la apertura de los

estomas (Bennett, 1993), realza el contenido de sólidos solubles y ácidos orgánicos (Tagliavini *et al.*, 2000), a mayor contenido de potasio mayor producción de azúcares, fibras y otros compuestos y mayor el rendimiento de materia seca en las plantas (Yáñez, 2002).

El hierro forma parte de los citocromos, complejos proteicos hierro-porfirínicos, que son constituyentes de los sistemas redox de los cloroplastos, las mitocondrias y en la cadena redox de la nitrato reductasa (Clarkson y Hanson, 1980; Marschner, 1995). Forman parte de las peroxidasas que favorecen la eliminación del H₂O₂ en los cloroplastos y catalizan la polimerización de fenoles a lignina en la rizodermis y endodermis de las raíces (Marschner, 1995). La deficiencia de este elemento da lugar a cambios morfológicos y fisiológicos de la raíz, aumento en el diámetro de la zona apical radicular y abundante formación de pelos radicales (Chaney *et al.*, 1972; López-Millán *et al.*, 2001).

3.6. El boro como nutrimento

Los micronutrientes pueden alcanzar niveles excesivos dentro de la planta y perjudicar su crecimiento y producción. Esta condición es particularmente importante en el caso del boro, cuya deficiencia o toxicidad puede expresarse con mayor facilidad dado que el rango es muy pequeño (Reid *et al.*, 2004).

El boro fue reconocido a principios del siglo pasado como un elemento esencial para las plantas y se clasifica como un micronutriente, en virtud de que es requerido en muy pequeñas cantidades (Fageria *et al.*, 2002).

El boro juega un papel importante en la fertilización de las plantas, beneficiando la floración, el aumento de peso de las hojas y el amarre de frutos (Bergman, 1992).

Se relaciona con la enzima ATPasa que sirve para la absorción del potasio, mejora la nodulación debido a que influye en la producción de la nitrogenasa, contribuye a la formación de ácido ascórbico reducido el cual mejora el crecimiento radical, más del 90 % del boro se asocia con las paredes celulares (Cakmak, 2015).

La falta de este nutrimento puede causar reducción en el crecimiento por inhibición de la ATPasa y de la absorción de nutrimentos, muerte de la yema apical y necrosis por acumulación de compuestos fenólicos, menor producción de semillas por la inhibición de los tubos polínicos (Yamada, 2000).

El boro en el floema en la mayoría de las especies, es inmóvil; sin embargo, existen otras del género *Malus*, *Prunus* y *Pyrus*, en donde el boro es móvil en el floema, en esas especies la movilidad del elemento está relacionada con la presencia del sorbitol que es el principal fotosintato que es traslocado y el boro forma complejos con ese compuesto (Bertsch, 2002).

Participa en el movimiento de fotosintatos, favorece el movimiento del calcio y tiene mucha importancia en el proceso de polinización y fecundación del óvulo.

El boro asimilable consiste sobre todo en ácido bórico H_3BO_3 , es de tamaño pequeño entre 0.1 y 3 μm . El total de este elemento en el suelo, es de aproximadamente 2 a 200 ppm dependiendo del tipo de suelo (Bolaños *et al.*, 2004).

La diferencia entre la concentración requerida por la planta (0.3-0.5 ppm) y la toxicidad (1.0 ppm en la mayoría de las plantas cultivadas) es muy pequeña, por lo que se debe tener especial cuidado con este elemento.

La redistribución del boro de las hojas hacia otras partes de los árboles es un factor que varía de acuerdo a las exigencias de cada especie, afectando la relación de la nutrición con boro (Hanson, 1991).

Los síntomas de toxicidad son generalmente zonas amarillentas en los bordes de las hojas, partiendo de las puntas y difundiéndose hacia la base.

La deficiencia de boro es la más extendida en plantas de cultivo, el potasio sale de la planta debido a que la membrana se vuelve permeable y las plantas se vuelven susceptibles a padecer fungosis; de igual forma, se ve afectada la absorción de fósforo; las plantas se vuelven sensibles a la luz intensa provocando la formación de compuestos fenólicos, lo cual genera tonalidades azules rojizas en las hojas (Cakmak, 2015).

3.7 Rangos de suficiencia nutrimental

Para tener una adecuada fertilización es necesario conocer la demanda nutrimental de acuerdo a la fenología del cultivo, esto se obtiene mediante un muestreo de la biomasa total (Lascano-Ferrat, 1999).

Es importante conocer los rangos de deficiencia y suficiencia de los nutrimentos para mantener una fertilización adecuada. Por ello se han propuesto intervalos

de suficiencia foliares para la mayoría de los elementos esenciales (Cuadro 1), junto con las recomendaciones de análisis de suelo. El estado nutrimental de la hoja se evalúa actualmente después de la cosecha, cuando los niveles nutrimentales foliares son estables (Hancock, 1999).

Cuadro 1. Intervalos de suficiencia para los niveles de nutrimentos foliares en fresa a mediados del verano (Hancock, 1999).

Nutrimento	Bajo deficiencia	Suficiencia	Exceso
N (%)	1.90	2.0 - 2.8	4.0
P (%)	0.20	0.25 - 0.40	0.5
K (%)	1.30	1.5 - 2.5	3.5
Ca (%)	0.50	0.7 - 1.7	2.0
Mg (%)	0.25	0.3 - 0.5	0.8
S (%)	0.35	0.4 - 0.6	0.8
B (ppm)	23	30 – 70	90
Fe (ppm)	40	60 – 250	350
Mn (ppm)	35	50 – 200	350
Cu (ppm)	3	6 – 20	30
Zn (ppm)	10	20 – 50	80

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Área de estudio

El experimento se estableció en un invernadero de cristal en la Universidad Autónoma Chapingo, ubicada a una altitud de 2,250 m, a 19° 29" latitud norte y 98° 53" longitud oeste. Con una temperatura máxima de 28.92 a 31.63 °C y una temperatura mínima de 15.38 a 16.90 °C. La humedad relativa del invernadero fue de 60.10 a 62.26 %.

4.2. Material vegetal utilizado

Se utilizaron plantas de fresa cultivar Albión provenientes del estado de Michoacán, previo al trasplante las plántulas se colocaron en una solución de Promyl a una dosis de 1 g·L⁻¹ de agua, se sometieron a una poda de raíz para eliminar las raíces viejas, las plantas se trasplantaron el 21 de marzo de 2014.

4.3 Sustrato

Las plantas se trasplantaron a macetas de 1.5 L previamente desinfectadas con hipoclorito de sodio al 1 %, con tezontle como sustrato, con un tamaño de partícula de 2 a 3 mm de diámetro.

4.4 Riego

El volumen de riego se aplicó con base en la capacidad de retención de humedad del sustrato, dando como resultado un riego diario con 150 mL de la solución nutritiva, se utilizó como base la solución nutritiva universal de Steiner (1984) con $0.9 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, $0.05 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ de $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, $0.708 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ de KNO_3 , $0.05 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ de $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $0.063 \text{ ml} \cdot \text{L}^{-1}$ de H_3PO_4 , $0.053 \text{ } \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ de Fe EDTA, $0.0051 \text{ } \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ de $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, $0.0056 \text{ } \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ de $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, $0.0011 \text{ } \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ de $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}$, $0.025 \text{ } \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ de $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$.

Se establecieron seis tratamientos de boro, los cuales consistieron en variaciones en la concentración de boro en la solución nutritiva: 2.5, 5.0, 7.5, 10.0, 15.0 y $20.0 \text{ } \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

Los tratamientos se ajustaron a un pH de 6.58 con ácido fosfórico, la CE promedio fue de $2.56 \text{ dS} / \text{m}^{-1}$.

4.5. Diseño experimental

Se estableció un diseño experimental completamente al azar con seis tratamientos, con diez repeticiones por tratamiento, teniendo como unidad experimental una planta de fresa cv. Albión por maceta.

4.6 Variables evaluadas

4.6.1. Variables de fruto

Peso fresco (g). Se registró el peso fresco de diez frutos por tratamiento, usando una balanza digital modelo OHAUS modelo Scout Pro.

Peso seco (g·planta⁻¹). Para esta variable se metieron a secar diez frutos por tratamiento en bolsas de papel, a 70 °C en una estufa con aire forzado marca BINDER, hasta peso constante. Las muestras secas se pesaron en una balanza digital marca OHAUS modelo Scout Pro.

Índice de redondez. De un promedio de diez frutos por tratamiento, teniendo en cuenta el estado de madurez con $\frac{3}{4}$ de coloración rojiza del fruto, se midió la longitud y diámetro con un vernier digital marca GENERAL No. 143. Los resultados de la relación longitud/diámetro fueron utilizados para determinar el índice de redondez de los frutos.

Firmeza (lb). Esta variable se midió en un promedio de diez frutos por tratamiento, de los que se procuró se encontraran en el mismo estado de

madurez ($\frac{3}{4}$ de coloración roja en el fruto), con un penetrómetro marca QaSUPPLIES modelo FT O2, con puntal de 1.9 mm.

Sólidos solubles totales (°Brix). Se determinó de un promedio de diez frutos por tratamiento en el mismo estado de madurez ($\frac{3}{4}$ de coloración roja en el fruto), mediante el uso de un refractómetro digital ATAGO modelo PAL-1, extrayendo directamente del fruto algunas gotas de jugo para realizar la lectura.

Acidez titulable (%). La determinación se efectuó con base en el ácido cítrico, ya que es el ácido que se encuentra en mayor proporción en la fresa (Hancock, 1999), se realizó en una muestra de cinco frutos por tratamiento, se siguió la metodología descrita por la Asociación de Química Analítica Oficial (AOAC, 1980).

Relación SST/acidez titulable. Se obtuvo de la relación sólidos solubles totales/acidez titulable. Se determinó dividiendo la cantidad de °Brix del fruto entre el porcentaje (%) de acidez titulable que contenía ese mismo fruto.

pH del fruto. En el macerado resultante de la acidez titulable se midió el pH mediante un potenciómetro marca CONDUCTRONIC modelo PC45.

Azúcares solubles totales ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ de m.s.) Se determinaron en 1g de muestra de fruto seco, con cuatro repeticiones por tratamiento, mediante el método de antrona descrito por Witham *et al.* (1971); la concentración máxima en la curva patrón fue de 25 μg de glucosa por mL; las lecturas se hicieron a una absorbancia de 600 nm con un espectrofotómetro Marca Thermo Spectronic Modelo Genesys 10UV.

4.6.2. Variables de planta

Rendimiento ($\text{g} \cdot \text{planta}^{-1}$). Se cosechó y pesó el total de frutos de cada tratamiento y se dividió entre el número de plantas del mismo.

Área foliar ($\text{cm}^2 \cdot \text{planta}^{-1}$). Se determinó el área foliar de las hojas de todas las plantas al termino del experimento (duración de 51 semanas) en marzo de 2014, mediante un integrador de área foliar marca LICOR Modelo 3100.

Peso fresco (g). En cada planta por tratamiento, se registró el peso fresco de cada órgano por separado (hojas, peciolo, corona y raíz) con una balanza digital modelo OHAUS modelo Scout Pro.

Pecíolo (mm). De cada tratamiento se tomó una muestra de cuatro plantas con tamaño homogéneo y se midió el diámetro de los pecíolos con un vernier digital marca GENERAL No. 143 y el largo con una regla graduada en cm.

Longitud de raíz (cm). De la misma muestra anterior de plantas, se midió el largo de las raíces en cada planta con una regla graduada en cm.

Corona (mm). De la misma muestra anterior de plantas, se midió el largo y el diámetro de la corona con un vernier digital marca GENERAL No. 143.

Peso seco (g·planta⁻¹). Para esta variable se metieron a secar todas las plantas de cada tratamiento en bolsas de papel, cada órgano por separado, a 70 °C en una estufa con aire forzado marca BINDER, hasta peso constante. Las muestras secas se pesaron en una balanza digital marca OHAUS modelo Scout Pro.

Concentración nutrimental (en % para macronutrientes y en ppm para micronutrientes). Se determinó la concentración de nitrógeno, fósforo, potasio, hierro y boro en la planta y fruto; para ello, se mezclaron las hojas y estolones de dos plantas, por un lado; y por otro se mezclaron la raíz y corona, esto se hizo en cuatro repeticiones por tratamiento.

Para la determinación de los nutrimentos N, P, K, Fe y B en planta y fruto se pesó 0.25 g de materia seca previamente sometida a un proceso de molienda en un molino de acero marca Arthur H. Tomas, con un tamiz del número 20. La muestra se sometió a una digestión húmeda con 2 mL de una mezcla constituida por H₂SO₄ y HClO₄ (relación 2:1, v/v) y 1 mL de H₂O₂ al 30 %.

La determinación de N se hizo por el método de micro-Kjeldahl. Las concentraciones de P, K, Fe y B se determinaron en un espectrofotómetro de emisión atómica de plasma por inducción acoplada ICP marca VARIAN modelo 725-ES, mediante la metodología descrita por Alcántar y Sandoval (1999). Las concentraciones se calcularon con base en el peso seco, con los datos obtenidos se estimó la acumulación nutrimental.

4.7. Análisis estadístico

El análisis estadístico de los datos se realizó mediante un análisis de varianza y pruebas de comparación de medias de Tukey ($p \leq 0.05$) utilizando el paquete estadístico SAS V9 (1998).

5. RESULTADOS

5.1. Rendimiento

Con los tratamientos de 15.0 $\mu\text{mol L}^{-1}$ y 20 $\mu\text{mol L}^{-1}$ de boro se observó un aumento en el rendimiento del 42 % al 43 % de la planta de fresa, en comparación con el tratamiento de 2.5 $\mu\text{mol L}^{-1}$ (Figura 1).

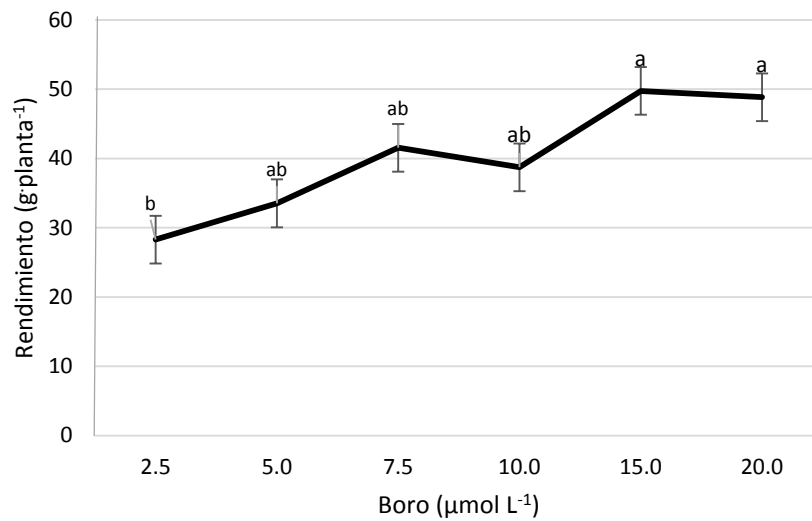


Figura 1. Rendimiento de plantas de fresa 'Albión' cultivadas en un sistema hidropónico con diferentes dosis de boro en la solución nutritiva. Valores con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $p \leq 0.05$).

5.2. Peso fresco y peso seco de plantas

No hubo diferencia significativa por efecto del boro en ninguno de los componentes de peso fresco y peso seco de planta (Cuadro 2 y Cuadro 3); sin embargo, cabe destacar tres tendencias consistentes: en raíz y corona se observa un aparente incremento a medida que fue mayor la dosis de boro, pero en hojas y frutos el comportamiento no es claro.

Cuadro 2. Peso fresco de las plantas de fresa ‘Albi3n’ cultivadas bajo sistema hidrop3nico con diferentes dosis de boro en la soluci3n nutritiva.

Dosis de boro ($\mu\text{mol L}^{-1}$)	Frutos	Hojas	Raíz (g)	Corona	Total
2.5	7.63 a ^z	13.20 a ^z	15.20 a ^z	2.73 a ^z	38.76 a ^z
5.0	9.39 a	13.83 a	17.62 a	2.82 a	43.66 a
7.5	8.04 a	12.88 a	17.55 a	1.70 a	40.17 a
10.0	8.47 a	16.47 a	22.13 a	3.33 a	50.40 a
15.0	8.89 a	10.78 a	22.48 a	1.90 a	44.05 a
20.0	8.42 a	10.28 a	17.48 a	0.98 a	37.46 a
DMS	3.84	6.53	9.27	2.43	25.39
CV (%)	59.18	28.83	28.15	61.77	29.47

^zValores con la misma letra dentro de las columnas son estadísticamente iguales (Tukey $p \leq 0.05$), DMS: Diferencia M3nima Significativa, CV: Coeficiente de Variaci3n.

Cuadro 3. Peso seco de las plantas de fresa ‘Albión’ cultivadas bajo sistema hidropónico con diferentes dosis de boro en la solución nutritiva.

Dosis de boro ($\mu\text{mol L}^{-1}$)	Frutos	Hojas	Raíz (g)	Corona	Total
2.5	4.50 a ^z	9.38 a ^z	3.36 a ^z	0.58 a ^z	17.82 a ^z
5.0	4.74 a	8.80 a	3.96 a	0.60 a	18.10 a
7.5	3.46 a	9.25 a	3.72 a	0.25 a	16.68 a
10.0	4.88 a	11.10 a	5.01 a	0.43 a	21.42 a
15.0	3.23 a	9.21 a	5.11 a	0.40 a	17.95 a
20.0	3.68 a	10.04 a	8.48 a	0.26 a	22.46 a
DMS	1.72	4.21	7.57	0.37	11.71
CV (%)	42.5	24.91	87.23	49.6	38.91

^zValores con la misma letra dentro de las columnas son estadísticamente iguales (Tukey $p \leq 0.05$), DMS: Diferencia Mínima Significativa, CV: Coeficiente de Variación.

5.3 Tamaño de la parte aérea

El tamaño de la parte aérea de la planta de fresa no mostró efecto significativo ($p \leq 0.05$) por la aplicación del boro, no obstante se observó una clara tendencia a incrementar los valores en las seis variables evaluadas (Cuadro 4), aunque cabe destacar que en la mayoría la dosis de 20 $\mu\text{mol L}^{-1}$ promovió un abatimiento lo que hace suponer que habrá dosis en las que dicho elemento podrá inhibir el comportamiento de otros.

Cuadro 4. Tamaño de la parte aérea de las plantas de fresa ‘Albión’ cultivadas bajo sistema hidropónico con diferentes dosis de boro en la solución nutritiva.

Dosis de boro ($\mu\text{mol L}^{-1}$)	Raíz (cm)	Corona longitud (mm)	Corona diámetro (mm)	Pecíolo longitud (cm)	Pecíolo diámetro (mm)
2.5	14.24 a ^z	20.68 a ^z	15.43 a ^z	8.79 a ^z	2.34 a ^z
5.0	16.48 a	16.76 a	13.80 a	8.83 a	2.28 a
7.5	17.55 a	13.15 a	9.81 a	8.80 a	1.92 a
10.0	23.91 a	19.95 a	11.56 a	8.00 a	2.15 a
15.0	22.48 a	16.44 a	9.88 a	8.35 a	2.11 a
20.0	19.25 a	16.80 a	8.34 a	9.82 a	1.94 a
CV (%)	30.66	26.71	27.62	12.55	10.65 a
DMS	4.30	8.12	5.56	2.47	0.50

^zValores con la misma letra dentro de las columnas son estadísticamente iguales (Tukey $p \leq 0.05$), DMS: Diferencia Mínima Significativa, CV: Coeficiente de Variación.

5.4. Área foliar

Las dosis de boro evaluadas no afectaron significativamente el área foliar de la planta, pero se observa una tendencia a incrementarse de 502 cm² a 587 cm² de 2.5 a 10.0 μmol L⁻¹, respectivamente (Figura 2), aunque también hay que destacar que por arriba de esta última dosis los valores tienden a abatirse hasta 417 cm² con 20 μmol L⁻¹ de boro.

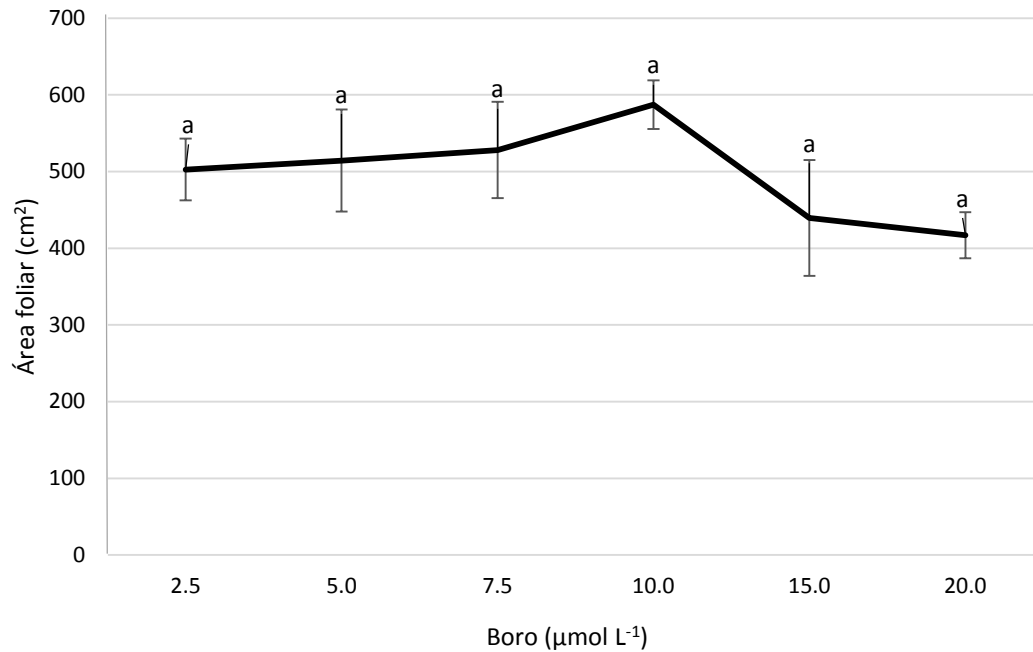


Figura 2. Área foliar de las plantas de fresa 'Albión' cultivadas bajo un sistema hidropónico con diferentes dosis de boro en la solución nutritiva. Valores con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $p \leq 0.05$).

5.5. Variables de calidad de fruto

Con respecto a las variables de calidad de fruto no se presentó un efecto significativo de la aplicación de boro, en firmeza, acidez titulable, azúcares solubles totales, ni en los componentes de color y tamaño de fruto (Cuadro 5), donde además en ninguno de ellos se observa una tendencia bien definida a incrementarse o abatirse en función de las dosis evaluadas, por lo que es posible que los niveles evaluados probablemente no tuvieron una buena interacción.

Por otra parte los Sólidos Solubles Totales (SST) y el pH de los frutos fueron afectados ($p \leq 0.05$) por los niveles del boro, donde el incremento de la dosis, particularmente por arriba de $5.0 \mu\text{mol L}^{-1}$ hizo más dulces y menos ácidos los mismos, registrando un mayor valor a los $10.0 \mu\text{mol L}^{-1}$ para SST y por arriba de $10.0 \mu\text{mol L}^{-1}$ para pH (Cuadro 5). Una situación similar ocurrió en la relación SST/acidez titulable, ya que los mayores valores se obtuvieron a $2.5 \mu\text{mol L}^{-1}$ y $10.0 \mu\text{mol L}^{-1}$; no obstante, cabe destacar que bajas dosis (5.0 y $7.5 \mu\text{mol L}^{-1}$) y niveles por arriba de los $10.0 \mu\text{mol L}^{-1}$, presentaron valores más bajos.

Cuadro 5. Variables de calidad del fruto en fresa ‘Albión’ cultivadas bajo un sistema hidropónico con diferentes dosis de boro en la solución nutritiva.

Dosis de boro ($\mu\text{mol L}^{-1}$)	Firm (Lb)	SST $^{\circ}\text{Brix}$	AT (%)	Relación SST/AT	AST (mg·g de mf)	pH	L*	C*	h $^{\circ}$	Lng (mm)	Dm (mm)	IR
2.5	0.47 a ^z	8.59 ab	0.80 a	11.20 ab	30.37 a	2.76 a	35.73 a	43.35 a	39.78 a	25.74 a	22.50 a	1.13 a
5.0	0.37 a	7.11 b	0.78 a	9.20 cd	33.64 a	2.66 c	34.80 a	43.55 a	41.81 a	28.40 a	24.40 a	1.16 a
7.5	0.41 a	7.49 b	0.72 a	10.41 cb	30.05 a	2.68 bc	34.39 a	43.25 a	41.40 a	27.03 a	21.96 a	1.21 a
10.0	0.56 a	9.44 a	0.77 a	12.28 a	34.35 a	2.75 a	33.80 a	41.76 a	36.95 a	27.67 a	23.79 a	1.16 a
15.0	0.53 a	7.45 b	0.88 a	8.52 d	26.06 a	2.74 a	27.24 a	36.88 a	41.14 a	27.52 a	24.33 a	1.13 a
20.0	0.46 a	6.84 b	0.73 a	9.38 cd	28.04 a	2.72 ab	31.41 a	40.46 a	39.12 a	27.27 a	22.49 a	1.19 a
DMS	0.19	1.82	0.17	21.11	10.83	0.05	8.7	9.04	4.84	6.47	4.12	0.15
CV (%)	31.72	17.74	11.12	1.22	29.68	0.88	20.36	16.75	9.19	30.93	23.14	17.41

^z Valores con la misma letra dentro de las columnas son estadísticamente iguales (Tukey $P \leq 0.05$); DMS: Diferencia Mínima Significativa; CV: Coeficiente de Variación; Firm: Firmeza; SST: Sólidos Solubles Totales; AT: Acidez titulable; AST: Azúcares solubles totales; mf: materia fresca; L*: Light, C*: Chroma. h $^{\circ}$: Hue; Lng: Longitud; Dm: Diámetro; IR: Índice de redondez.

5.6.1 Azúcares solubles totales por órgano y tratamiento

La aplicación de boro no influyó significativamente en la acumulación de azúcares en hojas y raíz, donde no se aprecia una tendencia clara a incrementar o abatir valores en función de las dosis evaluadas (Cuadro 6); no obstante, la prueba de Tukey indica que la aplicación de 10.0 $\mu\text{mol L}^{-1}$ superó en 41.6 % a los valores registrados con 15.0 $\mu\text{mol L}^{-1}$ de boro. En un análisis detallado de los datos se aprecia que las dosis restantes generaron los mismos valores ($p \leq 0.05$) que los obtenidos con 10.0 y 15.0 $\mu\text{mol L}^{-1}$, lo que no descarta la posibilidad de que el valor de éste último sea producto de un error experimental, lo que llevaría a concluir que no hay efecto de las dosis, ya que esto coincidiría con los resultados de AST del Cuadro 5.

Cuadro 6. Azúcares solubles totales en los órganos en plantas de fresa ‘Albión’ cultivadas bajo un sistema hidropónico con diferentes dosis de boro en la solución nutritiva.

Dosis de boro ($\mu\text{mol L}^{-1}$)	Azúcares solubles totales (mg·g de materia fresca)		
	Hojas	Raíz	Frutos
2.5	22.91 a ^z	18.61 a	49.58 ab
5	28.31 a	19.84 a	52.76 ab
7.5	24.94 a	19.30 a	45.92 ab
10	22.43 a	17.81 a	62.79 a
15	22.71 a	18.84 a	36.64 b
20	24.29 a	20.23 a	39.61 ab
DMS	19.17	10.97	24.74
CV (%)	35.15	25.55	22.99

^z Valores con la misma letra dentro de las columnas son estadísticamente iguales (Tukey $p \leq 0.05$), DMS: Diferencia Mínima Significativa, CV: Coeficiente de Variación.

5.6.2. Azúcares solubles totales por órgano

Al comparar la concentración de azúcares solubles totales por órganos, se aprecia que la mayor concentración ($p \leq 0.05$) se registró en frutos, superando en aproximadamente 83.6 % a los valores de hojas y estolones, así como 60.1 % a los de raíz y corona (Figura 3), lo anterior debido a que en los frutos se concentra la mayor cantidad de azúcares.

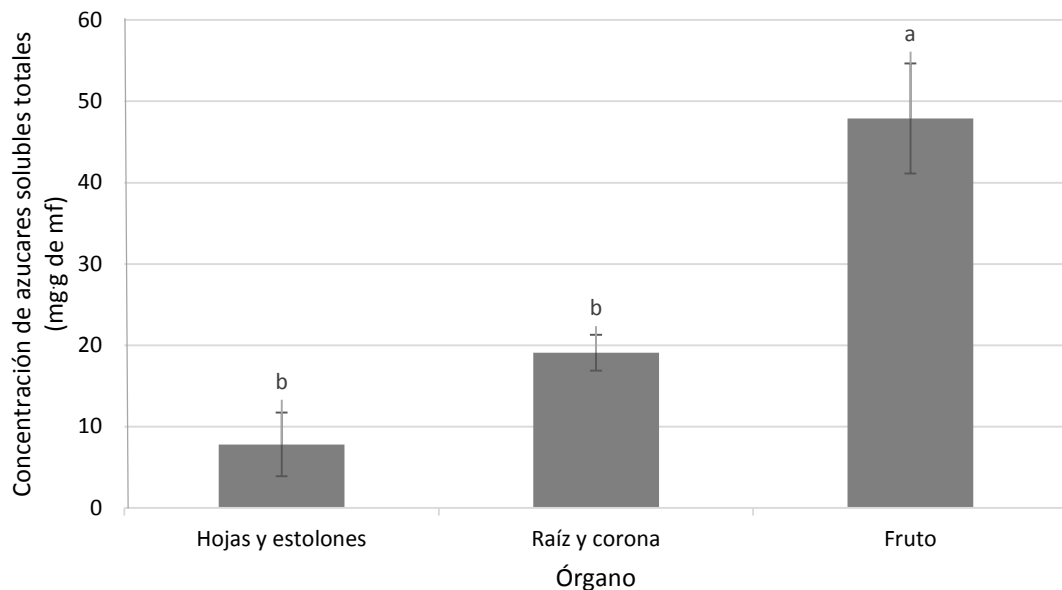


Figura 3. Concentración de azúcares solubles totales por órgano de plantas de fresa 'Albión' cultivada bajo un sistema hidropónico en un sustrato de tezontle con variaciones de boro en la solución nutritiva. Valores con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $p \leq 0.05$).

5.7. Acumulación nutrimental en el fruto

Las dosis de boro evaluadas no mostraron un efecto ($p \leq 0.05$) en la acumulación de nitrógeno, que presentó valores entre los 27.26 % y 33.48 % mg con la aplicación de 2.5 y 10.0 $\mu\text{mol L}^{-1}$ de boro respectivamente (Figura 4), sin embargo, para fósforo, los mayores resultados ($p \leq 0.05$) se observan entre los 7.5 y 15.0 $\mu\text{mol L}^{-1}$, mostrando un abatimiento a medida que fue menor la dosis (Figura 5).

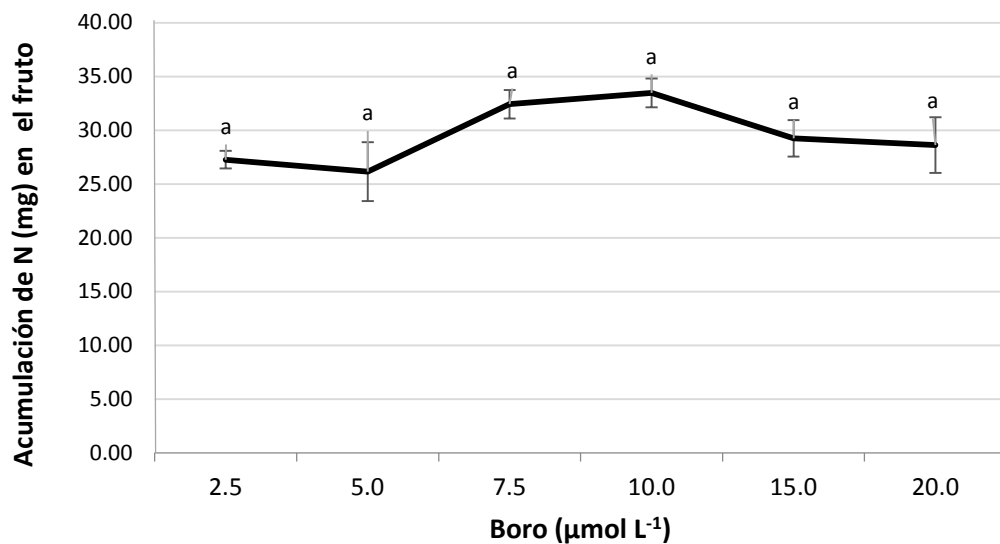


Figura 4. Acumulación de nitrógeno en frutos de fresa ‘Albión’ cultivada en un sistema hidropónico con diferentes dosis de boro en la solución nutritiva. Valores con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $p \leq 0.05$).

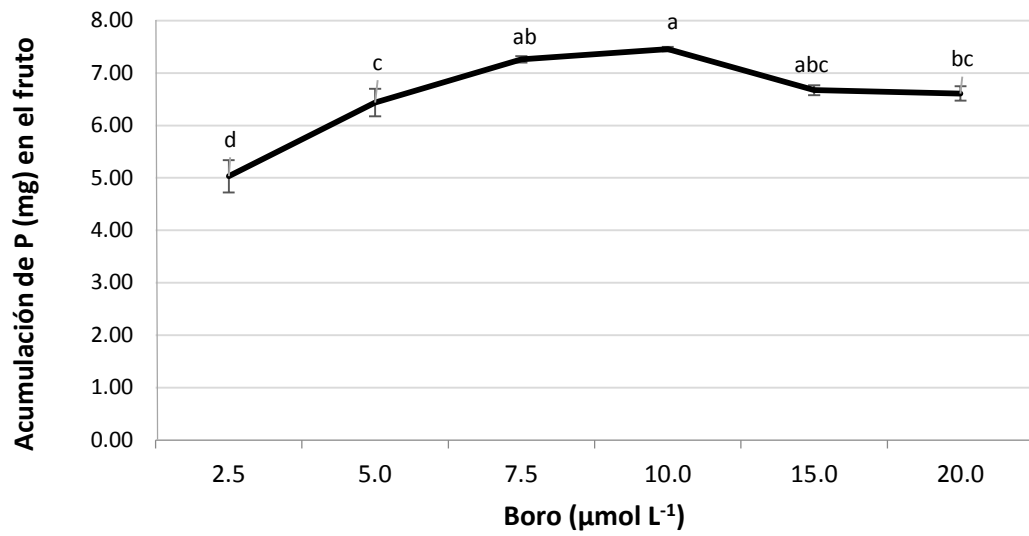


Figura 5. Acumulación de fósforo en frutos de fresa ‘Albión’ cultivada en un sistema hidropónico con diferentes dosis de boro en la solución nutritiva. Valores con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $p \leq 0.05$).

Un comportamiento similar fue observado en la acumulación de potasio donde los mayores valores ($p \leq 0.05$) se registraron con 7.5 y 10.0 $\mu\text{mol L}^{-1}$ de boro, mostrando un ligero abatimiento a 15.0 y 20.0 $\mu\text{mol L}^{-1}$, pero una mayor acumulación a 2.5 $\mu\text{mol L}^{-1}$ de aproximadamente 28.18 % con relación al obtenido a 7.5 $\mu\text{mol L}^{-1}$ (Figura 6).

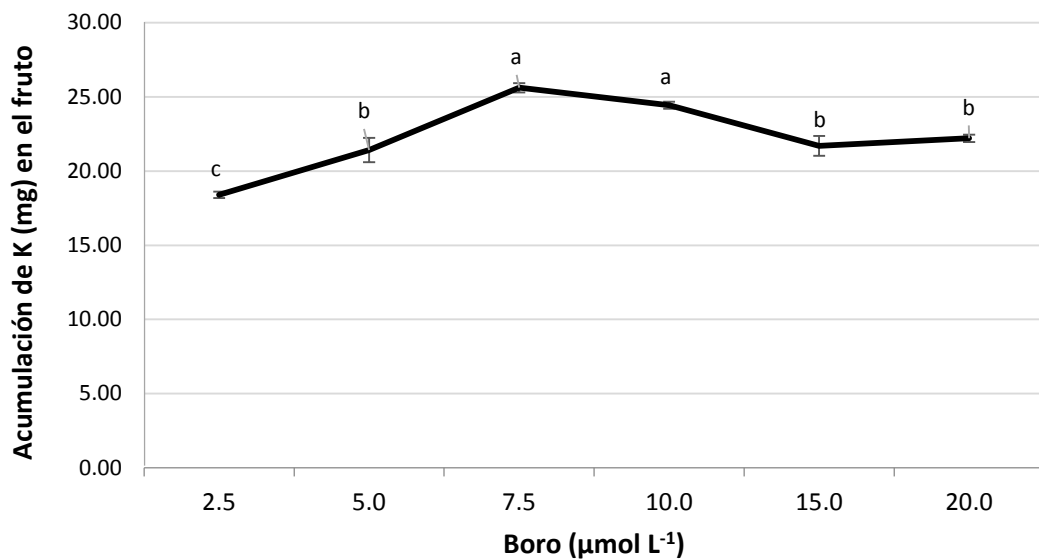


Figura 6. Acumulación de potasio en frutos de fresa 'Albión' cultivada en un sistema hidropónico con diferentes dosis de boro en la solución nutritiva. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $p \leq 0.05$).

La mayor acumulación de hierro ($p \leq 0.05$) se presentó con las dosis 7.5 y 10.0 $\mu\text{mol L}^{-1}$, aunque cabe mencionar que hubo un abatimiento estadísticamente significativo por abajo y por arriba de dichos niveles, lo que hace suponer que tanto la deficiencia como el exceso de boro muestran un papel negativo en la acumulación de hierro (Figura 7).

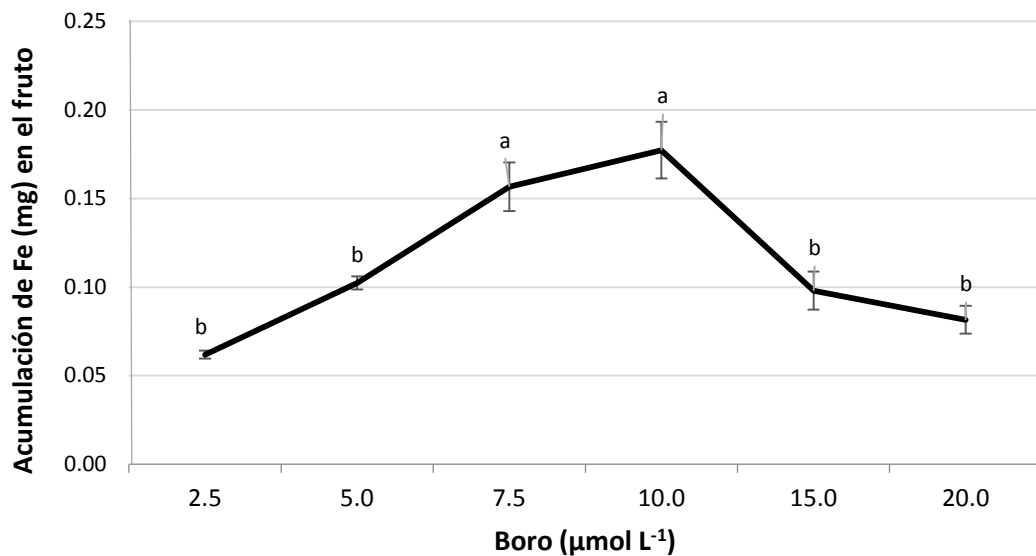


Figura 7. Acumulación de hierro en frutos de fresa ‘Albión’ cultivada en un sistema hidropónico con diferentes dosis de boro en la solución nutritiva. Valores con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $p \leq 0.05$).

Finalmente, las diversas dosis aplicadas de boro no reflejan un efecto significativo ($p \leq 0.05$) en la acumulación de dicho nutrimento en el fruto (Figura 8).

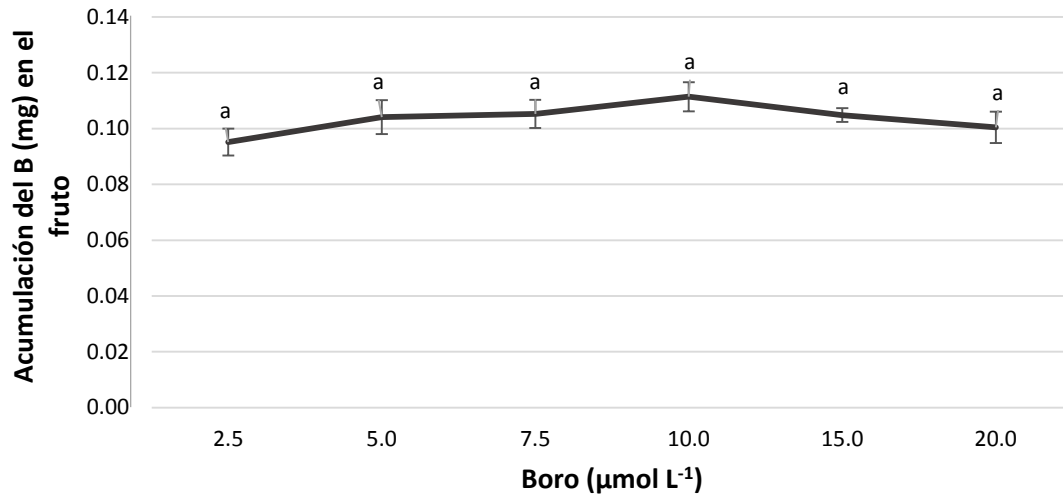


Figura 8. Acumulación de boro en frutos de fresa ‘Albión’ cultivada en un sistema hidropónico con diferentes dosis de boro en la solución nutritiva. Valores con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $p \leq 0.05$).

5.8. Acumulación nutrimental en hojas y estolones

Las dosis de boro evaluadas mostraron un efecto ($p \leq 0.05$) en la acumulación de nitrógeno (Figura 9), observándose un aumento del 36.96 % con la dosis de $10.0 \mu\text{mol L}^{-1}$ respecto a la dosis $2.5 \mu\text{mol L}^{-1}$.

El fósforo (Figura 10) presentó una mayor acumulación ($p \leq 0.05$) con la dosis $10.0 \mu\text{mol L}^{-1}$ en la que se obtuvo un 48.60 % más acumulación de éste elemento en comparación con la dosis $2.5 \mu\text{mol L}^{-1}$.

El potasio (Figura 11) presentó una tendencia similar al elemento anterior, obteniéndose un 38.68 % más acumulación ($p \leq 0.05$) de éste elemento en comparación con la dosis 2.5 $\mu\text{mol L}^{-1}$.

El hierro presentó una mayor ($p \leq 0.05$) acumulación del 46.94 % con el tratamiento 15.0 $\mu\text{mol L}^{-1}$ (Figura 12) en comparación con el tratamiento 2.5 $\mu\text{mol L}^{-1}$.

Finalmente el boro presentó una diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en la acumulación de dicho nutrimento con la dosis de 10.0 $\mu\text{mol L}^{-1}$ (Figura 13).

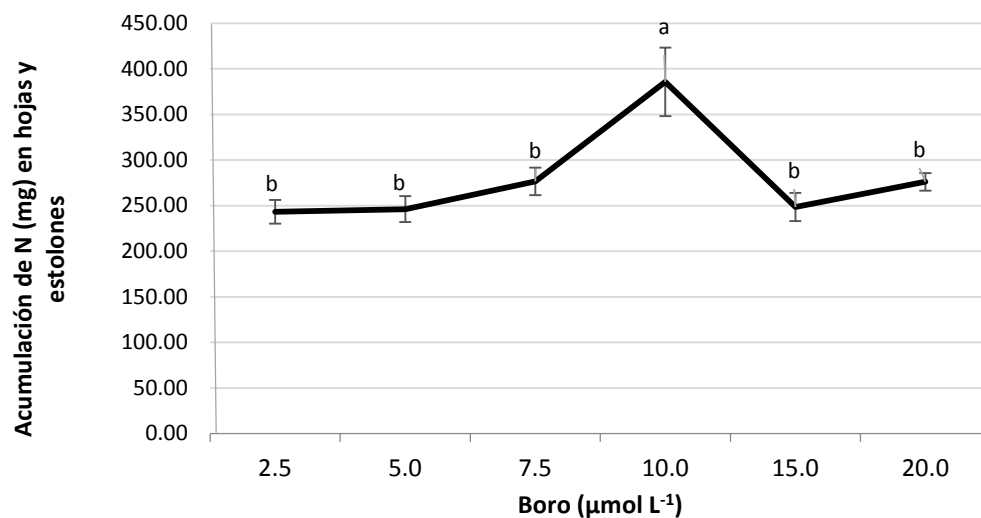


Figura 9. Acumulación de nitrógeno en hojas y estolones de fresa 'Albión' cultivada en un sistema hidropónico con diferentes dosis de boro en la solución nutritiva. Valores con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $p \leq 0.05$).

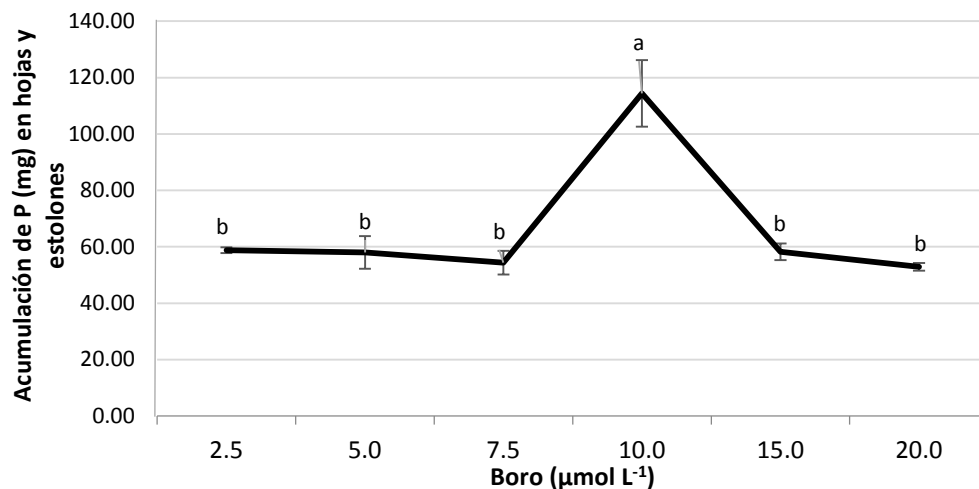


Figura 10. Acumulación de fósforo en hojas y estolones de fresa ‘Albión’ cultivada en un sistema hidropónico con diferentes dosis de boro en la solución nutritiva. Valores con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $p \leq 0.05$).

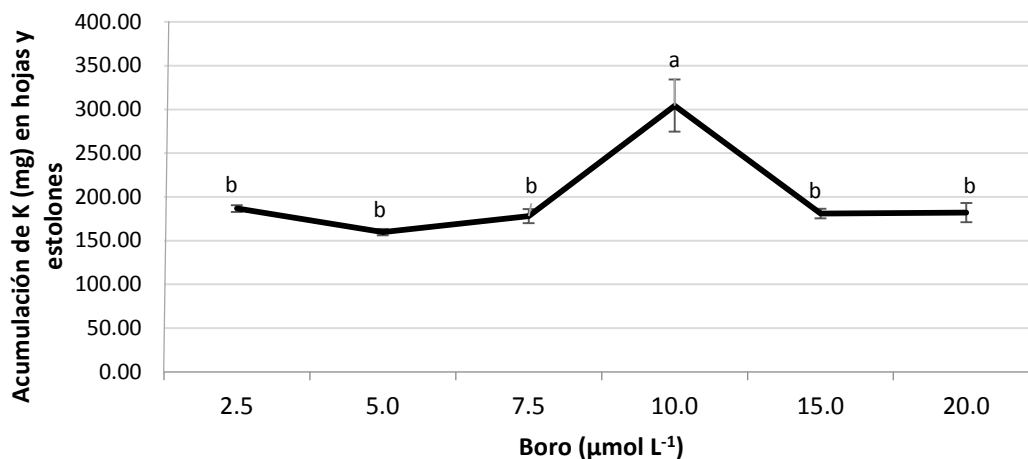


Figura 11. Acumulación de potasio en hojas y estolones de fresa ‘Albión’ cultivada en un sistema hidropónico con diferentes dosis de boro en la solución nutritiva. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $p \leq 0.05$).

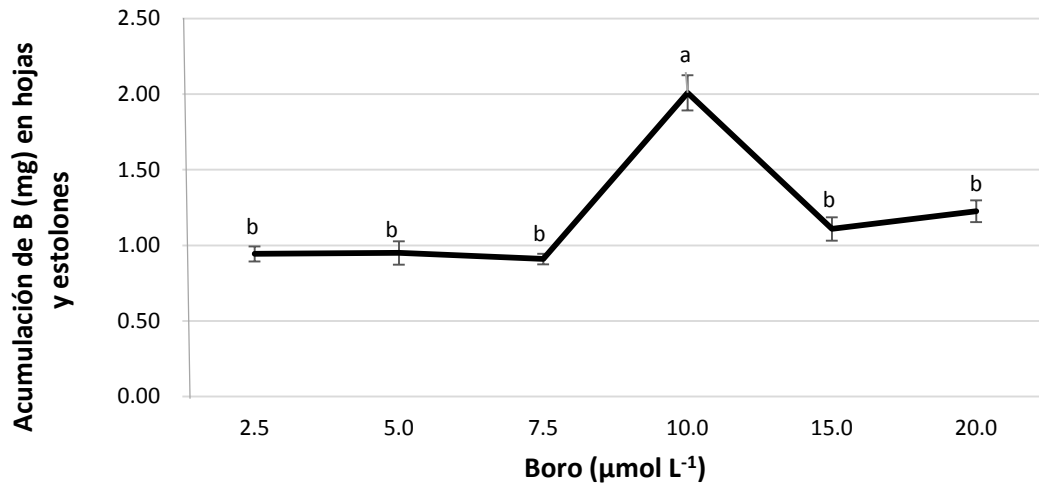


Figura 12. Acumulación de boro en hojas y estolones de fresa 'Albión' cultivada en un sistema hidropónico con diferentes dosis de boro en la solución nutritiva. Valores con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $p \leq 0.05$).

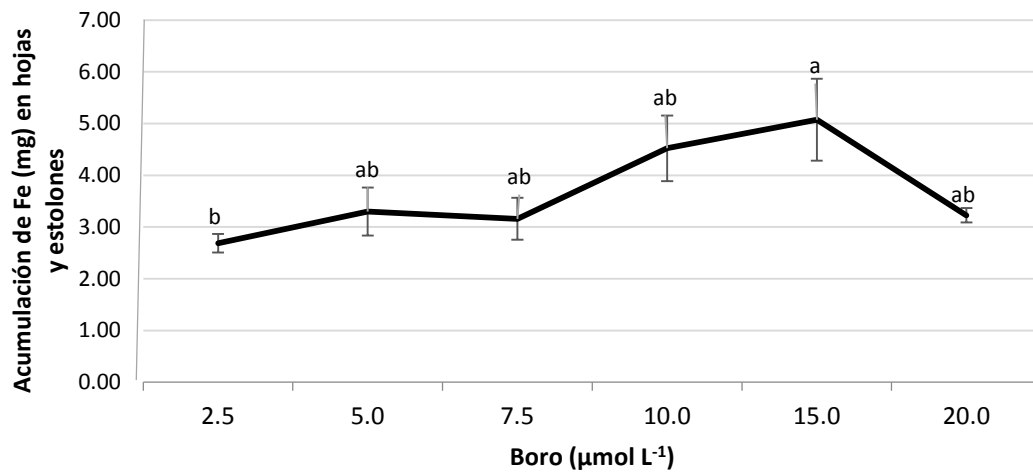


Figura 13. Acumulación de hierro en hojas y estolones de fresa 'Albión' cultivada en un sistema hidropónico con diferentes dosis de boro en la solución nutritiva. Valores con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $p \leq 0.05$).

5.9. Acumulación nutrimental en raíz y corona

Las dosis de boro evaluadas mostraron un efecto ($p \leq 0.05$) en la acumulación de nitrógeno (Figura 14), observándose un aumento del 45.89 % con la dosis de $7.5 \mu\text{mol L}^{-1}$ respecto a la dosis $2.5 \mu\text{mol L}^{-1}$.

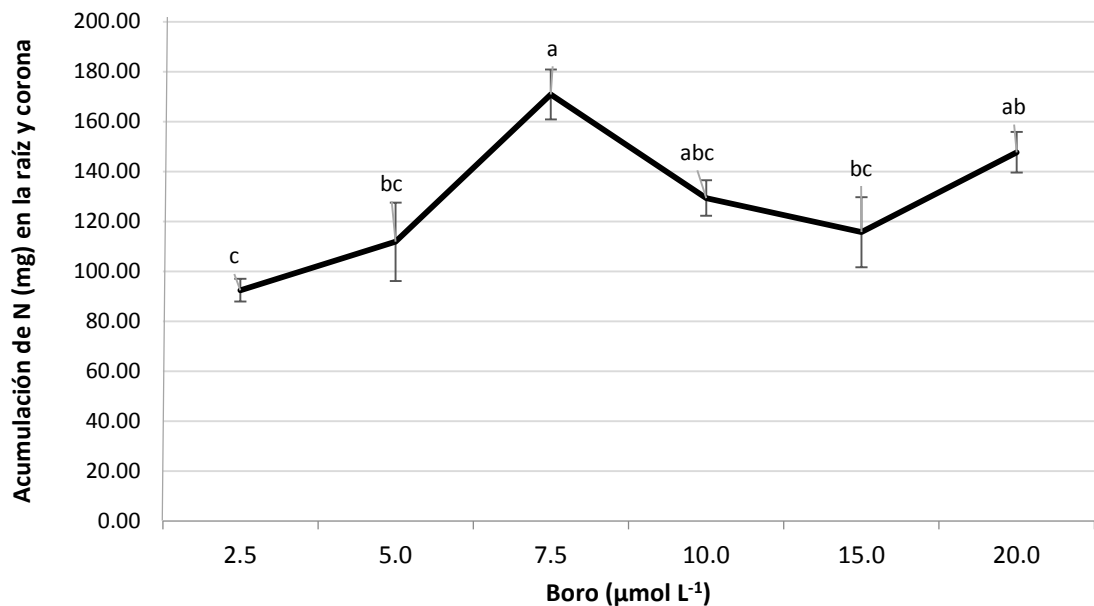


Figura 14. Acumulación de nitrógeno en la raíz y corona de fresa 'Albión' cultivada en un sistema hidropónico con diferentes dosis de boro en la solución nutritiva. Valores con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $p \leq 0.05$).

En cuanto al fósforo (Figura 15) se observó una mayor acumulación ($p \leq 0.05$) con la dosis 7.5 $\mu\text{mol L}^{-1}$ en la que se obtuvo un 46.19 % más acumulación de éste elemento en comparación con la dosis 2.5 $\mu\text{mol L}^{-1}$.

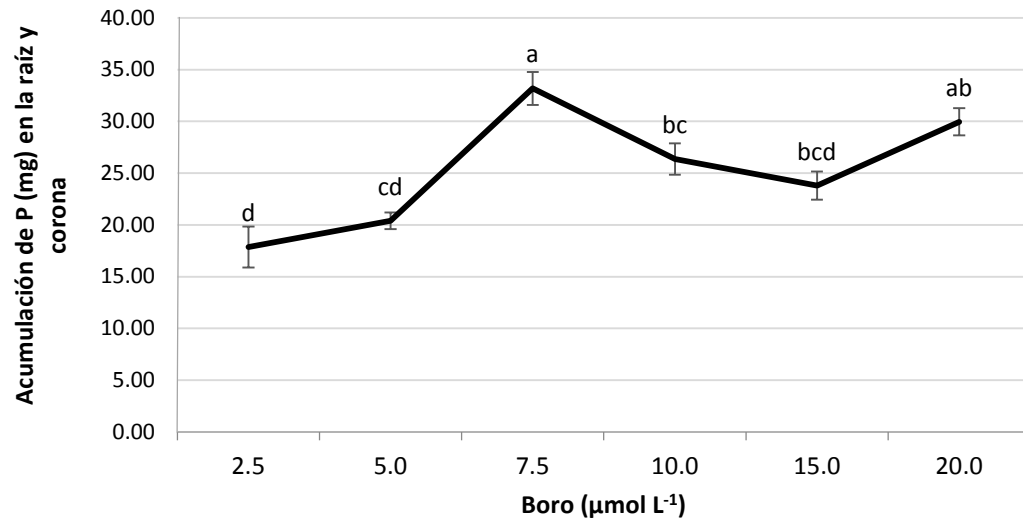


Figura 15. Acumulación de fósforo en la raíz y corona de fresa 'Albión' cultivada en un sistema hidropónico con diferentes dosis de boro en la solución nutritiva. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $p \leq 0.05$).

El potasio (Figura 16) presentó diferencia significativa ($p \leq 0.05$) con el tratamiento $7.5 \mu\text{mol L}^{-1}$ con un 49.36 % más acumulación en comparación con la dosis $2.5 \mu\text{mol L}^{-1}$.

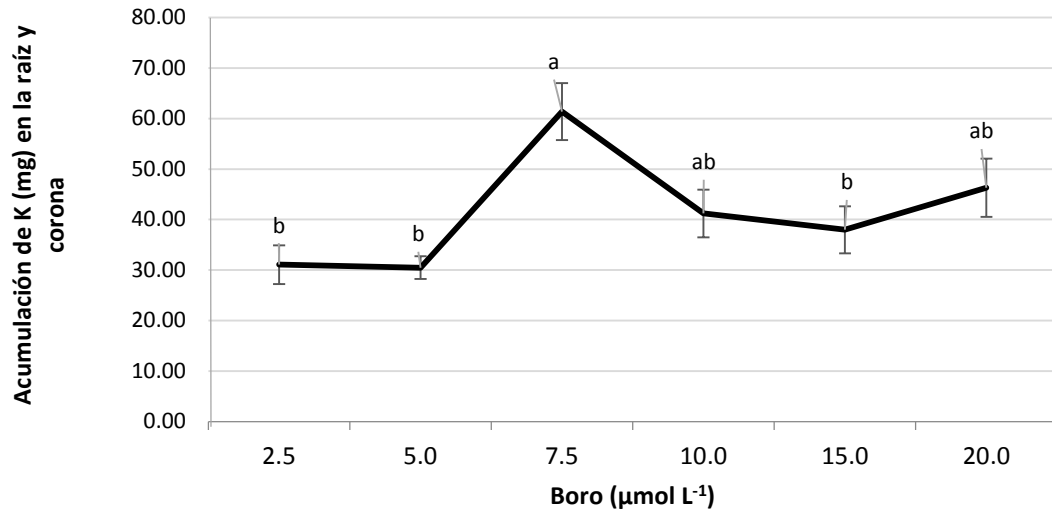


Figura 16. Acumulación de potasio en la raíz y corona de fresa 'Albión' cultivada en un sistema hidropónico con diferentes dosis de boro en la solución nutritiva. Valores con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $p \leq 0.05$).

El hierro presentó una mayor ($p \leq 0.05$) acumulación del 73.85 % con el tratamiento 5.0 $\mu\text{mol L}^{-1}$ (Figura 17) en comparación con el tratamiento 15.0 $\mu\text{mol L}^{-1}$.

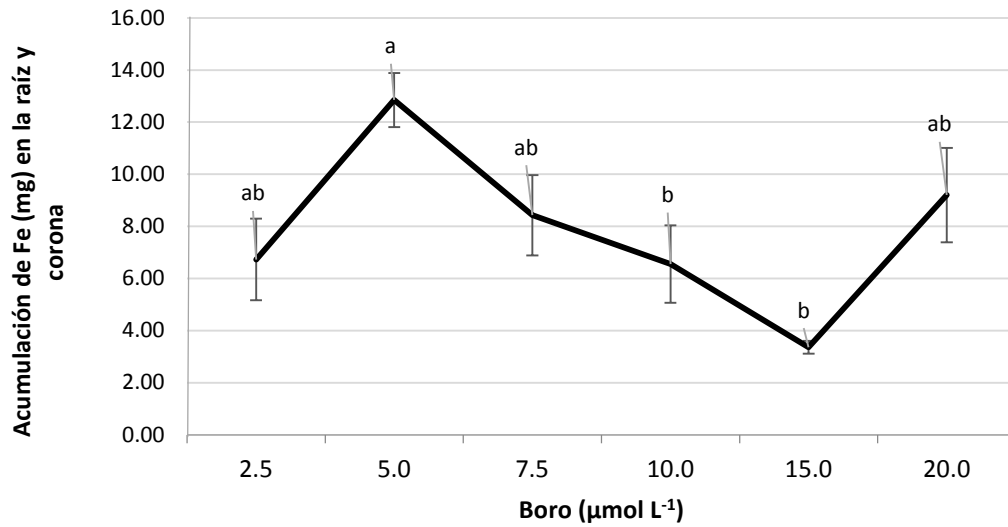


Figura 17. Acumulación de hierro en la raíz y corona de fresa 'Albión' cultivada en un sistema hidropónico con diferentes dosis de boro en la solución nutritiva. Valores con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $p \leq 0.05$).

Finalmente el boro presentó una diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en la acumulación de dicho nutrimento con 50.81 % con la dosis de $20.0 \mu\text{mol L}^{-1}$ en comparación con la dosis $2.5 \mu\text{mol L}^{-1}$ (Figura 18).

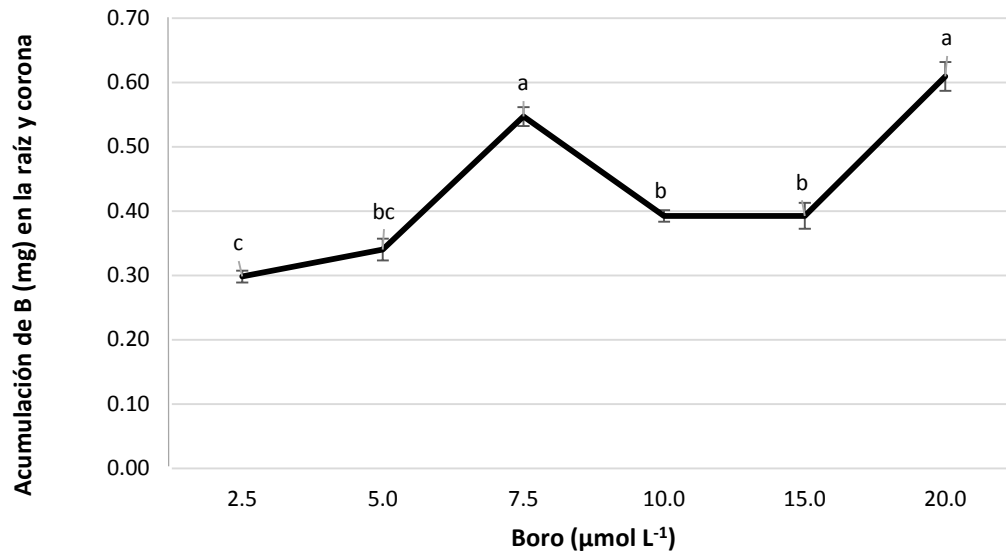


Figura 18. Acumulación de boro en la raíz y corona de fresa 'Albión' cultivada en un sistema hidropónico con diferentes dosis de boro en la solución nutritiva. Valores con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $p \leq 0.05$).

5.10. Distribución nutrimental

Hubo diferencia significativa en la concentración en los órganos de la fresa 'Albión', las hojas y estolones fueron los que acumularon mayor cantidad de nitrógeno (Figura 19), fósforo (Figura 20), potasio (Figura 21) y boro (Figura 23), en cuanto al hierro se acumuló más en raíz y corona (Figura 22).



Figura 19. Concentración nutrimental de nitrógeno en la planta de fresa 'Albión' cultivada en un sistema hidropónico con diferentes dosis de boro en la solución nutritiva. Valores con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $p \leq 0.05$).

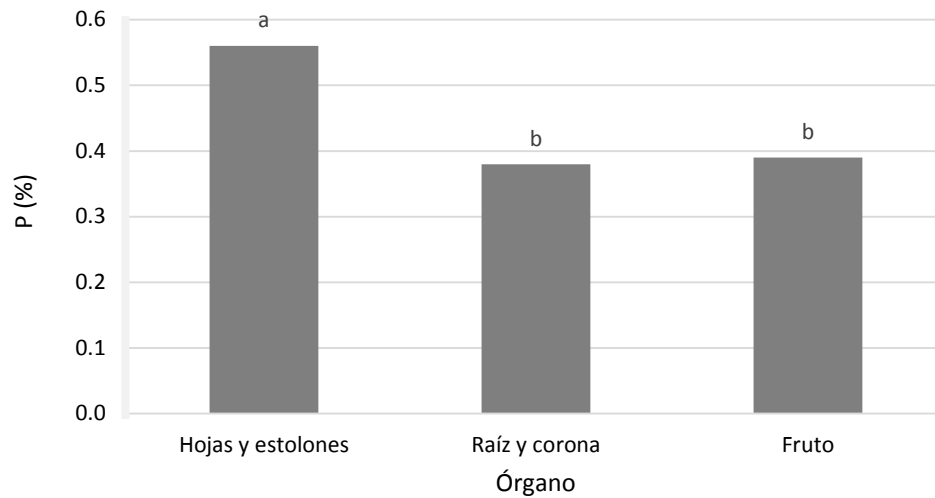


Figura 20. Concentración nutrimental de fósforo en la planta de fresa 'Albión' cultivada en un sistema hidropónico con diferentes dosis de boro en la solución nutritiva. Valores con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $p \leq 0.05$).

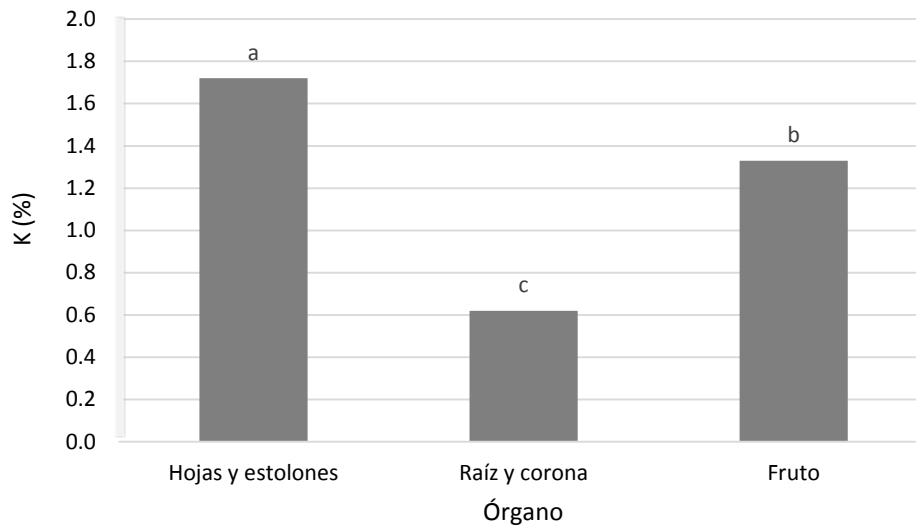


Figura 21. Concentración nutrimental de potasio en la planta de fresa ‘Albión’ cultivada en un sistema hidropónico con diferentes dosis de boro en la solución nutritiva. Valores con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $p \leq 0.05$).

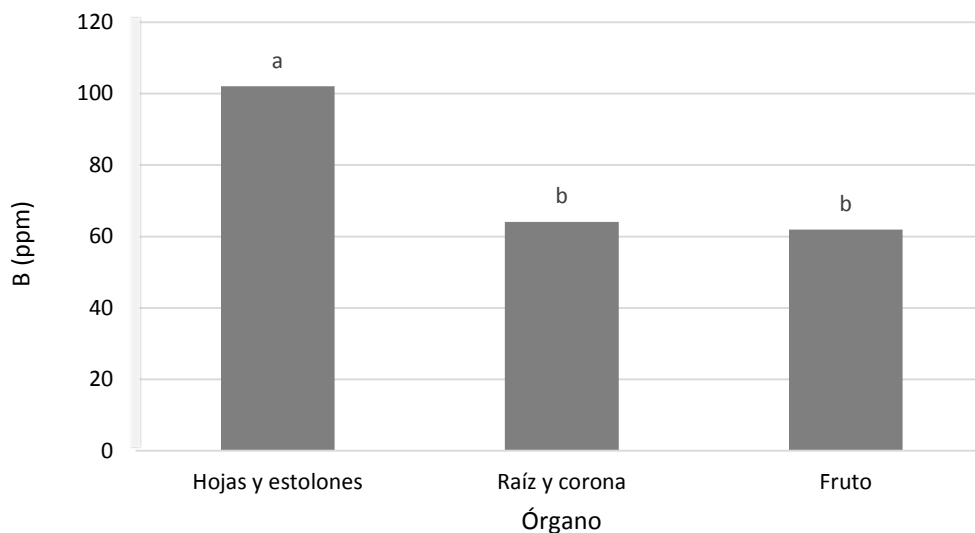


Figura 22. Concentración nutrimental de boro en la planta de fresa ‘Albión’ cultivada en un sistema hidropónico con diferentes dosis de boro en la solución nutritiva. Valores con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $p \leq 0.05$).

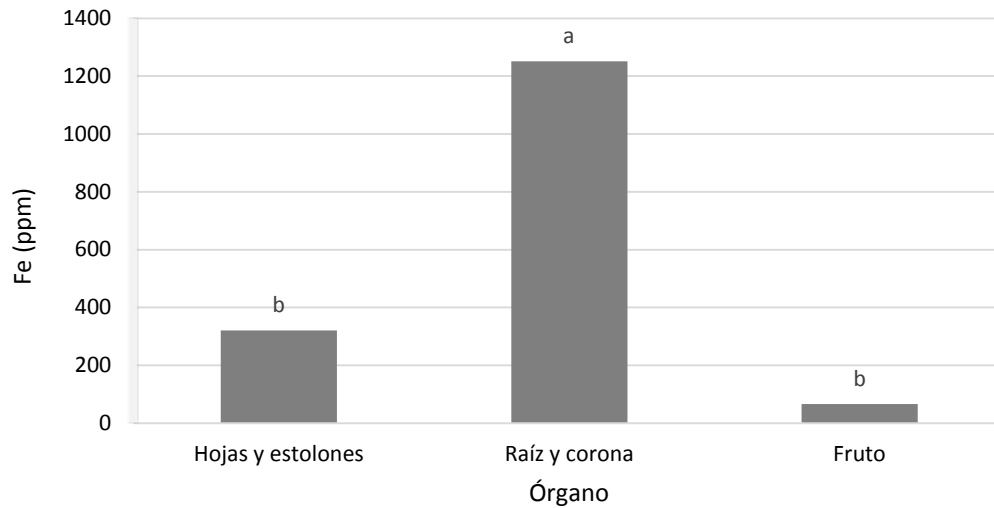


Figura 23. Concentración nutrimental de hierro en la planta de fresa ‘Albión’ cultivada en un sistema hidropónico con diferentes dosis de boro en la solución nutritiva. Valores con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $p \leq 0.05$).

6. DISCUSIÓN

El incremento del rendimiento está ligado a cambios en la fijación del bióxido de carbono por unidad de área foliar del cultivo y a la distribución de los fotosintatos entre los órganos de la planta (Gifford *et al.*, 1984). El sitio de producción y los cultivares mejorados son esenciales para lograr un mayor rendimiento y mejor calidad del fruto (Larson, 2000). En el presente estudio la mayor producción se obtuvo a partir de la aplicación de $5.0 \mu\text{mol L}^{-1}$ boro; sin embargo, el rendimiento máximo de la fresa cultivar Albión por planta fue de $49.76 \text{ g}\cdot\text{planta}^{-1}$ con el tratamiento con $15.0 \mu\text{mol L}^{-1}$, este valor tuvo una tendencia mayor en comparación con un estudio en *Fragaria x ananassa* en

suelo tipo vertisol y fertilizada con solución nutritiva de Steiner, en el que se obtuvo 39.9 g-planta⁻¹ (Castillejo, 2011).

El peso fresco por fruto de la fresa con una tendencia mayor fue de 9.39 g, el tratamiento con el que se obtuvo este peso fue con 5.0 µmol L⁻¹, en cuanto al peso fresco de la planta de fresa el tratamiento con el que se observó una tendencia mayor fue con 10.0 µmol L⁻¹.

Cabe destacar tres tendencias consistentes en el peso seco y fresco de plantas, donde el incremento de las dosis de boro tiende a abatir por un lado el peso de la corona a la vez que favorece numéricamente a la obtención de mayores valores de raíz y peso total de planta, exceptuando de la dosis más alta (20.0 µmol L⁻¹) que tiende a generar un ligero abatimiento, lo cual puede deberse a un error experimental o a que con dicha dosis se promueve un efecto negativo por toxicidad o bien por desbalance con los nutrientes restantes responsables de la acumulación de materia seca en la planta.

En frutos y hojas el comportamiento no es claro por lo que en el caso de peso fresco, al ser los órganos más suculentos y dependen en gran medida de las condiciones ambientales, es probable que el efecto del boro no sea tan claro como en el peso seco, donde el incremento de dosis tendió a disminuir el peso seco del fruto e incrementar el de la hoja.

El peso seco promedio por planta fue de 19.80 g, valor similar al reportado por Juárez-Rosete *et al.* (2007) quien obtuvo 21 g en el cv. Chandler cultivado bajo un sistema de producción NFT (Nutrient Film Technique) con solución nutritiva Steiner.

En un estudio realizado por Casierra-Posada (2007) en el que se evaluó el efecto del encharcamiento en tres cultivares de fresa, el cultivar Sweet Charlie

en condiciones normales tuvo un peso seco total de la planta de 10.12 g, en el presente estudio sin tomar en cuenta los frutos la tendencia al peso más bajo (13.22 g) se obtuvo con el tratamiento con $7.5 \mu\text{mol L}^{-1}$ y la tendencia al peso más alto (18.78 g) con el tratamiento con $20.0 \mu\text{mol L}^{-1}$, lo cual indica que se obtuvo un peso seco con una tendencia alta con todos los tratamientos.

El tratamiento con $10.0 \mu\text{mol L}^{-1}$ de boro presentó una tendencia a incrementar el área foliar (587.2 cm^2), probablemente a que con esta dosis se obtuvo estadísticamente la mayor acumulación de N, P, K, Fe y B en hojas, mejorando la el crecimiento de hojas por el papel de cada uno de ellos tiene en la fisiología de la planta (Hanson, 1980; Bennett, 1993; Clarkson y Marschner, 1995; Tabatabaei *et al.*, 2008; Mengel y Kirkby, 2001).

El tamaño de los frutos con el tratamiento de $5.0 \mu\text{mol L}^{-1}$ presentó frutos con diámetro de 24.40 mm, que corresponde a la categoría C de 2.0 a 2.6 cm (SAGARPA, 2014).

En todos los tratamientos se presentaron valores mayores a 1 de acuerdo a la relación longitud/diámetro, por lo que se consideran frutos alargados.

La firmeza es una característica importante que evita daños durante la selección, empaque, transporte y distribución (Mitchell *et al.*, 1996). El boro es un nutrimento de importancia que participa en la formación de la pared celular por lo que ayuda a la firmeza de los frutos (Cakmak, 2015). El tratamiento con $10.0 \mu\text{mol L}^{-1}$ presentó numéricamente frutos más firmes con un valor de 0.56 lb, similares a los reportados por Martínez-Soto *et al.* (2008) en el cultivar Camino Real (0.55 lb.). Cabe destacar que existe una tendencia a mejorar la firmeza a medida que se incrementó la dosis de boro, posiblemente porque se

ha reportado que más del 90 % del boro se asocia con las paredes celulares (Cakmak, 2015), las cuales evidentemente están relacionadas con la firmeza.

La mayor cantidad de sólidos solubles totales fue de 9.44 °Brix y se obtuvo con el tratamiento con 10.0 $\mu\text{mol L}^{-1}$, esta cantidad supera a la propuesta por Quian *et al.* (2005) quien propone un valor 9.30 °Brix para *Fragaria x ananassa*. Las variaciones en sólidos solubles totales pueden cambiar por las características propias del cultivar (Hamano *et al.*, 2002). Entre mayor sea la cantidad de sólidos solubles totales mejor será la calidad de la fruta (Montero *et al.*, 1996).

Los resultados de bajas dosis (5.0 y 7.5 $\mu\text{mol L}^{-1}$) y niveles por arriba de los 10.0 $\mu\text{mol L}^{-1}$, presentan valores más bajos, lo que podría suponer entre otras cosas que los niveles previamente referidos probablemente causaron un efecto negativo en la ATPasa, lo que a su vez impidió un buen funcionamiento del potasio, el cual influye indirectamente en la formación del ácido ascórbico (Cakmak, 2015). Por otra parte no hay descartar que las dosis de 15.0 y 20.0 $\mu\text{mol L}^{-1}$ pudieron ser tóxicas en éste experimento, ya que es bien reconocido que el boro es requerido en pequeñas cantidades (Fageria *et al.*, 2002).

El tratamiento con 5.0 $\mu\text{mol L}^{-1}$ es el que tiende a presentar frutos con un color rojo más intenso, los valores correspondientes de L*, C* y h° fueron 34.8, 43.55 y 41.81 respectivamente. El color no está considerado dentro de los requisitos de calidad que debe cumplir el fruto; sin embargo, este podría ser un factor determinante que brinda un mejor aspecto para el consumidor. El color rojo puede presentarse en diferentes intensidades por el contenido de antocianinas y el estado de madurez en que son cosechados los frutos (Garzón, 2008).

Mitcham *et al.* (2002) menciona que los frutos de fresa son aceptables con un 0.8 % de acidez titulable, valor que se encontró en el presente estudio con 15.0

$\mu\text{mol L}^{-1}$. En otro estudio con fresa, cultivada en un invernadero tipo túnel, fertilizada con solución nutritiva Steiner, se reportó un valor de 0.70 % (Juárez-Rosete *et al.*, 2007).

En la relación sólidos solubles totales/ acidez titulable, el valor que presentó la tendencia más alta fue 12.26 y se obtuvo con el tratamiento $10.0 \mu\text{mol L}^{-1}$. Esta relación determina el sabor y por lo tanto la aprobación del consumidor (Montero *et al.*, 1996). El coeficiente obtenido en este estudio fue mayor en comparación con el estudio de Cordenusi *et al.* (2002) quien obtuvo valores de 9.2 con el cultivar Oso Grande, cultivado en una plantación comercial en Brasil. Los valores de calidad del fruto resultan ser superiores en comparación con otros cultivares lo cual indica que el cultivar Albión cubre las características mencionadas por CONAFRE (2012).

Los valores de pH (2.76, 2.75 y 2.74) obtenidos con los tratamientos con 2.5, 5.0 y $10.0 \mu\text{mol L}^{-1}$ fueron los que tuvieron frutos más ácidos; sin embargo, estos valores resultan bajos en comparación con los obtenidos por Juárez-Rosete *et al.* (2007) quien reporta valores de 3.5.

El tratamiento con el que se obtuvo una tendencia a una mayor cantidad de azúcares solubles totales en la planta de fresa fue con $10.0 \mu\text{mol L}^{-1}$, reportando un valor de $34.35 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ de materia fresca (3.43 %), valor supera el mencionado por Moraga *et al.* (2006) quien propone un 2.2 % de glucosa en los frutos de fresa.

La mayor cantidad de azúcares solubles totales se acumuló principalmente en el fruto, esto debido a que es requerida para formación de los mismos (Wang y Galleta, 1998).

En las hojas y raíz, numéricamente el mayor valor de azúcares solubles totales fue 28.31 mg·g de materia fresca, respectivamente obtenido con el tratamiento con 5.0 $\mu\text{mol L}^{-1}$, mientras que en el fruto el mayor valor fue 62.79 mg de materia fresca obtenido con el tratamiento 10.0 $\mu\text{mol L}^{-1}$. Estos resultados eran de esperarse debido a que es bien sabido que en el fruto es donde se concentran principalmente los azúcares (Quian *et al.*, 2005).

Con la aplicación de 10.0 $\mu\text{mol L}^{-1}$ de boro, se reportó una acumulación en el fruto de 1.80 y 0.4 % de nitrógeno y fósforo, respectivamente, así como 95.43 y 60.0 ppm de hierro y boro, respectivamente, mientras que para alcanzar 1.51 % de potasio fue necesario incorporar 15.0 $\mu\text{mol L}^{-1}$. La acumulación confirma lo reportado por Cakmak (2015), quien establece que las diferencias de boro en plantas afectan la acumulación de potasio, el cual es expulsado por la permeabilidad de la membrana.

La mayor acumulación nutrimental de nitrógeno (385.81 mg), fósforo (114.36 mg), potasio (304.38 mg) y boro (2.0 mg) en hojas y estolones, presentó con el tratamiento de 10.0 $\mu\text{mol L}^{-1}$, por lo que para la variedad en estudio posiblemente sea esta la dosis adecuada de boro que beneficia en mejor medida la absorción de fósforo y potasio (Bergman, 1992; Jones, 1998),

Para muchos cultivares de fresa la deficiencia de boro ocurre a niveles abajo de 18 ppm en las hojas (Ulrich *et al.*, 1980). Molina *et al.* (1993) mencionan que las principales determinantes de las cantidades nutrimentales absorbidas por las plantas de fresa son el vigor de la variedad cultivada y su rendimiento.

De acuerdo con Hancock (1999), los rangos de suficiencia en hojas son: N (%) 2.0 - 2.08, P (%) 0.25 – 0.40, K (%) 1.5 – 2.5, Fe (ppm) 60 – 250 y B (ppm) 30 – 70. La concentración (Anexo, Cuadro A8) de nitrógeno y potasio estuvieron en

suficiencia con todos los tratamientos, la concentración de fósforo y boro presentaron un exceso en todos los tratamientos, la concentración de hierro superó los rangos de suficiencia pero sólo con el tratamiento con $15.0 \mu\text{mol L}^{-1}$ se presentó un exceso de este elemento.

Numéricamente la mayor acumulación nutrimental de N, P y K se obtuvo con el tratamiento de $7.5 \mu\text{mol L}^{-1}$, mientras que para hierro la mayor acumulación fue con el tratamiento de $5.0 \mu\text{mol L}^{-1}$ y para el boro fue con el tratamiento de $20.0 \mu\text{mol L}^{-1}$.

La mayoría de los nutrientes (nitrógeno, fósforo, potasio y boro) se acumularon en las hojas y estolones, mientras que el hierro lo fue principalmente en la raíz y corona, lo anterior probablemente fue porque en la raíces se lleva a cabo el proceso de absorción y el proceso de oxidación-reducción para su transporte (Bienfait, 1985).

Los tratamientos con $10.0 \mu\text{mol L}^{-1}$ y $15.0 \mu\text{mol L}^{-1}$ se consideran rangos satisfactorios para la fertilización de la fresa cultivar Albión, esto coincide con un estudio realizado por Lieten (2002) quien menciona que una concentración de boro de 10 y $15 \mu\text{mol L}^{-1}$ en el extracto de turba y de 10 y $15 \mu\text{mol L}^{-1}$ en la lana de roca, se considera satisfactoria para el crecimiento normal, el cuajado y el rendimiento.

7. CONCLUSIONES

Las dosis de boro con $10.0 \mu\text{mol L}^{-1}$ y $15.0 \mu\text{mol L}^{-1}$ fueron con las que se reportó un buen desarrollo, mayor rendimiento y mejor calidad del fruto; así mismo, se benefició la acumulación de N, P, K, Fe y B en fruto y hojas; sin embargo, en raíces se presentó mayor acumulación de estos elementos con la dosis de $7.5 \mu\text{mol L}^{-1}$.

La concentración nutrimental en hojas fue de suficiencia de nitrógeno y potasio con todos los tratamientos y de exceso de fósforo, hierro y boro con todos los tratamientos.

8. LITERATURA CITADA

- Alcántar, G.G.; Sandoval, V.M. 1999. Manual de Análisis Químico de Tejido Vegetal. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Colegio de Postgraduados. México. 156 p.
- Angulo, R. 2009. Fresa *Fragaria ananassa*. Bayer CropScience S.A. Bogota, Colombia. 43 p.
- AOAC. Association of Official Analytical Chemistry. 1980. Official Methods of Analysis. 12th Ed. Washington, D.C. USA. 1018 p.
- Basu, A.; Rhone, M. 2010. Berries: Emerging impact on cardiovascular health. *Nutrition* 68 (3): 168–177.
- Bennett, W.F. 1993. Nutrient Deficiencies and Toxicities in Crop Plants. APS Press. St. Paul, Minn. 202 p.
- Bergman, W. 1992. Nutritional Disorders of Plants. Gustav Fischer. Verlag Jena, Alemania. 741 p.
- Bertsch, F. 2002. Herramientas de diagnóstico para definir recomendaciones de fertilización foliar. pp. 128-145. *In: Fertilización Foliar: Principios y Aplicaciones*. Meléndez, G.; Molina, E. (eds.). Universidad de Costa Rica.
- Bienfait, H. F. 1985. Regulated redox processes at the plasmalemma of plant root cells and their function iron uptake. *Journal of Bioenergetics and Biomembranes*. 17: 73-83.
- Bolaños, L.; Lukaszewski, K.; Bonilla, I.; Blevins, D. 2004. Why Boron? *Plant Physiology and Biochemistry*. 42 (11): 907-912.

- Cakmak, I. 2015. Funciones fisiológicas del boro en plantas de cultivo. *In*: Memoria del Congreso Internacional de Nutrición y Fisiología Vegetal Aplicadas. Celebrado en Guadalajara, Jal., México. <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/funciones-criticas-del-boro-en-los-cultivos#> (consultado 30 de noviembre 2015).
- Casierra-Posada, F. 2007. Crecimiento y producción de fruta en cultivares de fresa (*Fragaria* sp.) afectados por encharcamiento. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas* 1(1): 21-32.
- Castillejo, L. E. 2011. Aplicación de *Azospirillum* y su efecto en la calidad y rendimiento de fresa (*Fragaria* x *ananassa*) Var. Albión cultivada en invernadero. Tesis de Maestría en Producción Agrícola Sustentable. Instituto Politécnico Nacional. México. 77 p.
- Chaney, R. L.; Brown, J. C.; Tifin, L. O. 1972. Obligatory reduction of ferric chelates in iron uptake by soy beans. *Plant Physiology* 50: 208-213.
- Clarkson, D. T.; Hanson, J. B. 1980. The mineral nutrition of higher plants. *Annual Review Plant Physiology* 31: 239-298.
- Cocco, C.; Andriolo, J. L.; Erpen, E.; Cardoso, F. L.; Casagrande, G. S. 2010. Development and fruit yield of strawberry plants as affected by crown diameter and plantlet growing period. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira* 45(7): 730-736.
- CONAFRE. 2012. Comité de la agroindustria y productores de la fresa, A.C. & Consejo Nacional de la Fresa. Sistema Producto Fresa, Plan Rector Nacional. 43 p.
- Cordenusi, B.R.; Do Nascimento, J.R.O.; Genovese, M.I.; Lajolo, F.M. 2002. Influence of cultivar on quality parameters and chemical composition of strawberry fruits grown in Brazil. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50: 2581-2586.

- Dávalos, P. A.; Aguilar, G. R.; Jofre, A. E.; Hernández, A. R.; Vázquez, M. N. 2011. Tecnología para Sembrar Viveros de Fresa. 1ª ed. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. D.F., México. 154 p.
- Fageria, N.; Baligar, V.; Clark, R. 2002. Micronutrients in crop production. *Advances in Agronomy* 77: 185-268.
- Folquer, F. 1986. La frutilla o fresa: estudio de la planta y su producción comercial 1ª ed. Hemisferio Sur. Argentina. 150 p.
- FAOSTAT. Food and Agriculture Organization Statistic. 2013 <http://www.faostat.fao.org> (consultado 29 de noviembre 2015).
- Garzón, G. A. 2008. Anthocyanins as Natural Colorants and Bioactive Compounds. *Acta Biológica Colombiana* 13(3): 27-36.
- Gifford, R. M.; Thorpe, J. H.; Hitz, W. D.; Giaquinta, R. T. 1984. Crop Productivity and Photossimilate Partitioning. *Science* 32: 485-509.
- Hamano, M. Y.; Yamazaki, Y. H.; Miura, H. 2002. Change in sugar content and composition of strawberry fruit during development. *Acta Horticulturae* 567: 369–372.
- Hancock, J. F. 1999. Strawberries. CAB International Publishing. New York, USA. 237 p.
- Hanson, E. J. 1991. Movement of boron out of tree fruit leaves. *HortScience* 26(3): 271-273.
- Hanson, J. E.; Beaudry, M. R.; Beggs, L. J. 1994. Productivity and quality characteristics of strawberry cultivars under Michigan conditions. *Fruit Varieties* 48: 27-32.
- Jones Jr, J. B. 1998. Plant Nutrition Manual. CRC Press. Boca Ratón, Florida, USA. 149 p.

- Juárez-Rosete, C. R.; Rodríguez-Mendoza, M. N.; Sandoval-Villa M.; Muratalla-Lua, A. 2007. Comparación de tres sistemas de producción de fresa en invernadero. *Revista Terra Latinoamérica* 25(1): 17-23.
- Larson, D. K. 2000. Comportamiento y manejo de la fresa: desarrollo de programas para máxima calidad y rendimiento en México. pp. 7-23. In: Memoria del simposio internacional de fresa. Castellanos, J. Z.; Guerra, F. (eds.) Zamora, Michoacán, México.
- Lascano-Ferrat, I. 1999. El potasio esencial para un buen rendimiento en la caña de azúcar. Instituto de la Potasa y el Fosforo. *Informaciones Agronómicas*. 35: 1-5.
- Lieten, P. 2002. Boron Deficiency of Strawberries Grown in Substrate Culture. Proc. 4th Int. Strawberry Symp. *Acta Horticulturae* 567.
- López-Millán, A. F.; Morales, F.; Gogorcena, Y.; Abadía, A.; Abadia, J. 2001. Iron resupply-mediated desactivation of Fe-deficiency stress responses in roots of sugar beet. *Aust. J. Plant Physiology* 28: 171-180.
- Marschner, H. 1995. *Nutrition of Higher Plants*. 2nd ed. Academic Press. New York. 862 p.
- Martínez-Soto, G.; Mercado-Flores, J.; López-Orozco, M.; Prieto-Velásquez, B. Z. 2008. Propiedades fisicoquímicas de seis variedades de fresa (*Fragaria x ananassa*) que se cultivan en Guanajuato. *Revista Salud Pública* 1: 1-7.
- Mengel, K.; Kirkby, E. A. 2001. *Principles of Plant Nutrition*. 5th ed. Springer-Verlag Alemania. 849 p.
- Mitcham, E. J.; Crisoto, C. H.; Kader A. 2002. Fresa (frutilla): recomendaciones para mantener la calidad postcosecha. University of California. Department of Pomology. Davis, California.

http://postharvest.ucdavis.edu/frutasymelones/Fresa_Frutilla/ (consultado 13 de enero 2016).

- Mitchell, F. G.; Mitcham, E.; Thompson, J. F.; Welch, N. 1996. Handling strawberries for fresh market. Oakland, CA: Univ. Calif. Agr. Nat. Resources, Special Publications 2442, 14 p.
- Molina, E.; Salas, R.; Castro, A. 1993. Curva de crecimiento y absorción de nutrimentos en fresa (*Fragaria x ananassa* Duch. cv. Chandler) en Alajuela. *Agronomía Costarricense* 17(1): 63-67.
- Montero, T. M.; Mollá, E. M.; Esteban, R. M.; Andréu, J. L. 1996. Quality attributes of strawberry during ripening. *Scientia Horticulturae* 65: 239–250.
- Moraga, G.; Martínez-Navarrete, N.; Chiralt, A. 2006. Compositional changes of strawberry due to dehydration, cold storage and freezing–thawing processes. *Journal of Food Processing and Preservation* 30: 458–474.
- Navarro, C; Muñoz-Garmendia. 2005. Flora Iberica. Plantas Basculares de la Península Ibérica e Islas Baleares. Consejo Superior de Investigaciones Científicas CISC. Madrid, España. 6: 88-93.
- Nunes, M.; Brecht, J.; Morais, A.; Sargent, S. 2005. Possible influences of water loss and polyphenol oxidase activity on anthocyanin content and discoloration in fresh ripe strawberry (cv. Oso Grande) during storage at 1°C. *Journal of Food Science* 70(1): 79-84.
- Peckenpaugh, D. 2004. Hydroponic Solutions: Hydroponic Growing Tips. New Moon Publishing, Co. Corvallis, OR. USA. 130 p.
- Pelayo, C.; Ebeler, S. E.; Kader A. A. 2002. Postharvest life and flavor quality of three strawberry cultivars kept at 5° in air or air+20 kPa CO₂. *Postharvest Biology and Technology* 27: 171-183.

- Pritts, M.P.; Handley, D. 1998. Strawberry production guide for the Northeast, Midwest and eastern Canada. Walker, C. prod ed. NRAES; Ithaca, New York. 162 p.
- Quian, M.; Finn, C.; Schroeder, J. M. 2005. Objective flavor comparison of Oregon strawberries and those from other climatic condition. Progress report FY 2004-2005, Oregon Strawberry Commission. OR, USA. 7 p.
- Reid, R. J.; Hayes, J. E.; Post, A.; Stangoulis, C. R.; Graham, R. D. 2004. A critical analysis of the causes of boron toxicity in plants. *Plant Cell and Environment* 25: 1405-1414.
- Rosen, J. C.; Kader, A. A. 1989. Post harvest physiology and quality maintenance of sliced pear and strawberry fruits. *Journal Food Science* 54(3): 656-659.
- SAGARPA. 2005. Plan rector sistema nacional fresa. Segunda fase: diagnóstico inicial base de referencia estructura estratégica. México D.F. 48 p.
- SAGARPA. 2012. Productos alimenticios no industrializados para consumo humano – fruta fresca- fresa. (*Fragaria x ananassa*, Dutch). Especificaciones y método de prueba. Secretaría de Economía. 19 p.
- SAGARPA. 2014. Michoacán producirá plántula de fresa: PLBV. Boletín No. 166 <http://www.sagarpa.gob.mx/Delegaciones/michoacan/boletines/Paginas/B2072014.aspx> (consultado 30 de noviembre 2015).
- Sánchez, R. 2008. El Cluster Agroindustrial de Zamora. La Red de Valor Fresa0. 1ª ed. Fundación Produce Michoacán A. C. Morelia, Michoacán, México. 152 p.
- Santoyo, J. A.; Martínez, C. O. 2010. Paquete Tecnológico para la Producción de Fresa. Fundación Produce Sinaloa, A. C. Culiacán, Sinaloa, México. 21 p.
- SAS Institute INC, 1998. SAS/STAT guide for personal computers. Version 8. Cary NC. USA 595.SONNEVELD, C.; VOOGT, W. 2009. Plant Nutrition of Greenhouse Crops. Springer, Berlin. 431 p.

- SIAP. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2014. Producción agrícola de fresa. <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-estado/> (Consultado 8 de marzo 2016).
- Staudt, G. 2008. Strawberry Biogeography, Genetics and Systematics. *Acta Horticulturae* 842(1) :71-83.
- Steiner, A.; 1984. The Universal Nutrient Solution. ISOC. Netherlands.
- Tabatabaei, S. J.; Yusefi, M.; Hajiloo, J. 2008. Effect of shading and $\text{NO}_3\text{:NH}_4$ ratio on yield, quality and N metabolism in strawberry. *Scientia Horticulturae* 116: 264-272.
- Tagliavini, M.; Zavalloni, C.; Rombola, A.D.; Quartieri, M.; Malaguti, D.; Mazanti, F.; Millard, P.; Marangoni, P. 2000. Mineral nutrient partitioning to fruits of deciduous trees. *Acta Horticulturae* 512: 131-140.
- UC DAVIS. 2015. The UC Patented Strawberry Cultivars, The Albión cultivar. University of California, Davis campus. Davis California. <http://research.ucdavis.edu/industry/ia/industry/strawberry/cultivars/> (Consultado 16 de marzo 2016).
- Ulrich, A.; Mostafa, M.A.E.; Allen, W.W. 1980. Strawberry Deficiency Symptoms: a Visual and Plant Analysis Guide to Fertilization. Agriculture Experimental. Universidad de California.
- Wang, S. Y.; Galletta, G. J. 1998. Foliar application of potassium silicate induces metabolic changes in strawberry plants. *Journal of Plant Nutrition* 21(1): 157 – 167.
- Witham, F.H.; Blaydes, D.F.; Devlin, R.M. 1971. Experiments in Plant Physiology. Van Nostrand Reinhold Company. New York. pp. 245.

- Yamada, T. 2000. Boro: ¿Será que estamos aplicando a dose suficiente para o adequado desenvolvimento das plantas? Associação brasileira para pesquisa da potassa e do fosfatopotafos: Informacoes. Informações agronómicas 90: 1-5.
- Yáñez, J. N. 2002. Nutrición y regulación del crecimiento en hortalizas y frutales. Tecnología, comercio y servicios agrícolas mundiales. Saltillo, Coahulia. 21 p.

9. ANEXOS

Cuadro A 1. Rendimiento de la fresa 'Albi3n' cultivada en un sistema hidrop3nico con diferentes dosis de boro en la soluci3n nutritiva.

Dosis de boro ($\mu\text{mol L}^{-1}$)	Rendimiento (g)
2.5	28.29 a ^z
5.0	33.53 a
7.5	41.55 a
10.0	38.73 a
15.0	49.76 a
20.0	48.84 a
DMS	25.80
CV (%)	21.36

^z Valores con la misma letra dentro de las columnas son estad3sticamente iguales (Tukey $p \leq 0.05$). DMS: Diferencia M3nima Significativa, CV: Coeficiente de Variaci3n.

Cuadro A 2. Az3cares solubles totales por 3rgano de la fresa 'Albi3n' cultivada en un sistema hidrop3nico con diferentes dosis de boro en la soluci3n nutritiva.

3rgano	Az3cares solubles totales (mg/g de mf)
Hojas y estolones	57.44 b ^z
Ra3z y corona	85.82 b
Fruto	398.44 a
DMS	42.75
CV (%)	34.18

^z Valores con la misma letra dentro de las columnas son estad3sticamente iguales (Tukey $p \leq 0.05$). DMS: Diferencia M3nima Significativa, CV: Coeficiente de Variaci3n.

Cuadro A 3. Acumulación nutrimental en el fruto de la fresa 'Albi3n' cultivada en un sistema hidrop3nico con diferentes dosis de boro en la soluci3n nutritiva.

Dosis de boro ($\mu\text{mol L}^{-1}$)	Frutos				
	N	P	K mg	Fe	B
2.5	27.26 a ^z	5.03 d	18.40 c	0.06 b	0.10 a
5.0	26.16 a	6.44 c	21.42 b	0.10 b	0.10 a
7.5	32.43 a	7.26 ab	25.62 a	0.16 a	0.11 a
10.0	33.48 a	7.46 a	24.44 a	0.18 a	0.11 a
15.0	29.26 a	6.67 abc	21.70 b	0.10 b	0.10 a
20.0	28.62 a	6.61 bc	22.21 b	0.08 b	0.10 a
DMS	9.58	0.78	2.20	0.05	0.02
CV (%)	13.35	4.80	4.04	20.73	8.93

^z Valores con la misma letra dentro de las columnas son estadisticamente iguales (Tukey $p \leq 0.05$). DMS: Diferencia M3nima Significativa, CV: Coeficiente de Variaci3n.

Cuadro A 4. Acumulaci3n nutrimental de hojas y estolones de la fresa 'Albi3n' cultivada en un sistema hidrop3nico con diferentes dosis de boro en la soluci3n nutritiva.

Dosis de boro ($\mu\text{mol L}^{-1}$)	Hojas				
	N	P	K mg	Fe	B
2.5	243.20 b ^z	58.78 b	186.63 b	2.69 b	0.94 b
5.0	246.08 b	58.01 b	159.80 b	3.30 ab	0.95 b
7.5	276.71 b	54.37 b	177.94 b	3.16 ab	0.91 b
10.0	385.81 a	114.36 a	304.38 a	4.52 ab	2.00 a
15.0	248.51 b	58.23 b	181.00 b	5.07 a	1.10 b
20.0	276.08 b	52.89 b	182.14 b	3.23 ab	1.22 ab
DMS	88.92	26.04	61.71	2.22	0.34
CV (%)	14.16	17.53	13.82	26.93	12.74

^z Valores con la misma letra dentro de las columnas son estadisticamente iguales (Tukey $p \leq 0.05$). DMS: Diferencia M3nima Significativa, CV: Coeficiente de Variaci3n.

Cuadro A 5. Acumulación nutrimental de raíz de la fresa ‘Albión’ cultivada en un sistema hidropónico con diferentes dosis de boro en la solución nutritiva.

Dosis de boro ($\mu\text{mol L}^{-1}$)	Raíz				
	N	P	K	Fe	B
			mg		
2.5	92.46 c ^z	17.86 d	31.07 b	6.73 ab	0.30 c
5.0	111.88 bc	20.39 cd	30.48 b	12.85 a	0.34 bc
7.5	170.86 a	33.19 a	61.36 a	8.43 ab	0.55 a
10.0	129.39 abc	26.36 bc	41.21 ab	6.56 b	0.39 b
15.0	115.72 bc	23.80 bcd	37.98 b	3.36 b	0.39 b
20.0	147.72 ab	29.96 ab	46.30 ab	9.20 ab	0.61 a
DMS	47.90	6.61	20.98	6.21	0.07
CV (%)	16.65	11.64	22.36	35.21	7.53

^z Valores con la misma letra dentro de las columnas son estadísticamente iguales (Tukey $p \leq 0.05$). DMS: Diferencia Mínima Significativa, CV: Coeficiente de Variación.

Cuadro A 6. Concentración nutrimental por órgano de la fresa ‘Albión’ cultivada en un sistema hidropónico con diferentes dosis de boro en la solución nutritiva.

Órgano	N	P	K	Fe	B
Hojas y estolones	2.43 a ^z	0.56 a	1.72 a	320.6 b	102.11 a
Raíz y corona	1.94 b	0.38 b	0.62 c	1251.6 a	64.13 b
Fruto	1.77 c	0.39 b	1.33 b	66.1 b	61.97 b
DMS	0.21	0.05	0.11	73.48	17.16
CV (%)	15.46	16.18	13.54	277.97	9.04

^z Valores con la misma letra dentro de las columnas son estadísticamente iguales (Tukey $p \leq 0.05$). DMS: Diferencia Mínima Significativa, CV: Coeficiente de Variación.

Cuadro A 7. Concentración nutrimental en el fruto de la fresa 'Albión' cultivada en un sistema hidropónico con diferentes dosis de boro en la solución nutritiva.

Dosis de boro ($\mu\text{mol L}^{-1}$)	Frutos				
	N	P	K %	Fe	B ppm
2.5	2.03 a ^z	0.38 a	1.37 b	46.06 b	70.87 a
5.0	1.55 a	0.38 a	1.27 bc	60.71 b	61.78 a
7.5	1.91 a	0.43 a	1.51 a	92.15 a	61.92 a
10.0	1.80 a	0.40 a	1.32 bc	95.43 a	60.00 a
15.0	1.66 a	0.38 a	1.23 c	55.66 b	59.57 a
20.0	1.65 a	0.38 a	1.28 bc	46.87 b	57.72 a
DMS	4.95	0.53	1.27	17.81	9.59
CV (%)	12.46	6.04	4.24	26.50	13.30

^z Valores con la misma letra dentro de las columnas son estadísticamente iguales (Tukey $p \leq 0.05$). DMS: Diferencia Mínima Significativa, CV: Coeficiente de Variación.

Cuadro A 8 Concentración nutrimental en las hojas de la fresa 'Albión' cultivada en un sistema hidropónico con diferentes dosis de boro en la solución nutritiva.

Dosis de boro ($\mu\text{mol L}^{-1}$)	Hojas				
	N	P	K (%)	Fe	B Ppm
2.5	2.24 a	0.54 b	1.72 ab	247.44 b	86.95 b
5.0	2.24 a	0.53 b	1.46 b	300.49 ab	86.45 b
7.5	2.64 a	0.52 b	1.70 ab	301.68 ab	86.88 b
10.0	2.64 a	0.78 a	2.09 a	309.74 ab	137.57 a
15.0	2.29 a	0.54 b	1.67 ab	467.96 a	102.24 b
20.0	2.54 a	0.49 b	1.68 ab	296.58 ab	112.59 ab
DMS	0.70	0.20	0.46	26.62	12.42
CV (%)	12.85	15.71	11.91	191.80	28.50

^z Valores con la misma letra dentro de las columnas son estadísticamente iguales (Tukey $p \leq 0.05$). DMS: Diferencia Mínima Significativa, CV: Coeficiente de Variación.

Cuadro A 9. Concentración nutrimental en la raíz de la fresa ‘Albión’ cultivada en un sistema hidropónico con diferentes dosis de boro en la solución nutritiva.

Dosis de boro ($\mu\text{mol L}^{-1}$)	Raíz				
	N	P	K (%)	Fe	B ppm
2.5	2.04 a	0.39 a	0.69 a	1486.30 b	65.84 a
5.0	2.19 a	0.40 a	0.60 a	2512.50 a	66.51 a
7.5	1.91 a	0.37 a	0.68 a	940.80 b	61.06 a
10.0	1.98 a	0.41 a	0.63 a	1002.00 b	59.98 a
15.0	1.87 a	0.39 a	0.62 a	543.80 b	63.53 a
20.0	1.65 a	0.33 a	0.52 a	1024.50 b	67.87 a
DMS	0.80	0.11	0.31	34.76	11.00
CV (%)	18.29	13.35	21.97	977.80	7.66

^z Valores con la misma letra dentro de las columnas son estadísticamente iguales (Tukey $p \leq 0.05$). DMS: Diferencia Mínima Significativa, CV: Coeficiente de Variación.

Cuadro A 10. Temperatura y humedad relativa del invernadero donde se llevó a cabo el experimento de la fresa ‘Albión’ cultivada en un sistema hidropónico con diferentes dosis de boro en la solución nutritiva.

Meses	Temperatura	Temperatura	HR %
	Máx °C	Min °C	
Abril	30.82	15.38	62.26
Mayo	30.45	15.76	60.26
Junio	29.83	16.90	60.10
Julio	29.68	15.87	60.26
Agosto	31.63	15.70	60.26
Septiembre	29.55	15.80	62.26
Octubre	28.92	16.70	61.54

Cuadro A 11. Conductividad eléctrica y pH de la solución nutritiva de Steiner.

Dosis de boro ($\mu\text{mol L}^{-1}$)	CE dS /m⁻¹	pH
2.5	2.53	6.55
5.0	2.54	6.56
7.5	2.58	6.54
10.0	2.57	6.53
15.0	2.56	6.54
20.0	2.61	6.52