



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

**DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA
INSTITUTO DE HORTICULTURA
POSGRADO EN HORTICULTURA**

**NUTRICIÓN SILÍCEA EN
FRESA (*Fragaria* × *ananassa* Duch.)**

TESIS

COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OBTENER EL GRADO DE:

**MAESTRO EN CIENCIAS
EN HORTICULTURA**

PRESENTA:

MANUEL HERIBERTO ARCE ROMERO

DIRECTORA:

DRA. ANA MARÍA CASTILLO GONZÁLEZ



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

Chapingo, México, Septiembre de 2012.



Instituto de Horticultura

**NUTRICIÓN SILÍCEA EN
FRESA (*Fragaria* × *ananassa* Duch.)**

Tesis realizada por **Manuel Heriberto Arce Romero** bajo la dirección del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

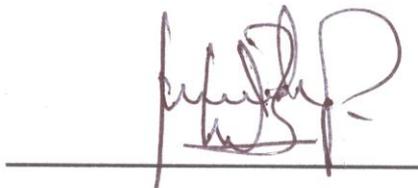
MESTRO EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

Director:



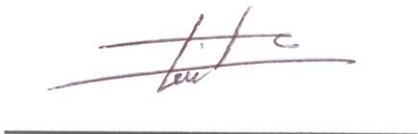
Dra. Ana María Castillo González

Asesor:



Dr. Joel Pineda Pineda

Asesor:



Dr. Edilberto Avitia García

Chapingo, México, Septiembre de 2012.

ÍNDICE

RESUMEN	V
SUMMARY	VI
I. INTRODUCCIÓN	7
II. OBJETIVOS	9
III. REVISIÓN DE LITERATURA	10
3.1. Importancia del cultivo de fresa en México	10
3.2. El cultivo de fresa	11
3.3. Componentes de rendimiento	13
3.4. Requerimientos del cultivo de fresa	14
3.5. El silicio en el suelo	15
3.6. Disponibilidad del silicio.....	16
3.7. El silicio y las plantas.....	16
3.8. Silicio y el cultivo de fresa	19
IV. MATERIALES Y MÉTODOS	21
4.1. Ubicación	21
4.2. Instalación del experimento	21
4.3. Material vegetal	21
4.4. Condiciones climáticas predominantes	22
4.5. Solución nutritiva	23
4.6. Definición de tratamientos	23
4.7. Diseño experimental	24
4.8. Aplicación de tratamientos	24
4.9. Variables evaluadas	25
4.9.1. Planta	25
4.9.2. Fruto	27
4.10. Análisis de datos.....	28
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	29
5.1. Fenología del cultivo.....	29
5.2. Rendimiento.....	29
5.3. Número total de frutos	30
5.4. Área foliar	31
5.5. Producción de biomasa	32
5.6. Contenido de clorofila.....	33
5.7. Azúcares solubles totales	34
5.8. Estado nutrimental en follaje	35
5.8.1. Nitrógeno	35
5.8.2. Fósforo	36
5.8.3. Potasio, Calcio, Magnesio	37
5.8.4. Silicio	38
5.9. Concentración nutrimental en fruto.	39
5.9.1. Fósforo, Potasio, Magnesio.	39
5.9.2. Calcio.....	40
5.9.3. Silicio	41
5.10. Análisis químico de fruto	42
5.10.1. Índice de redondez y sólidos solubles	42
5.10.2. Acidez titulable.....	43
5.10.3. Antocianinas	44
5.10.4. Azúcares solubles totales	45
VI. CONCLUSIONES	47
VII. LITERATURA CITADA	48
VIII. ANEXOS	53

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Rendimiento total por planta de fresa “CP Jacona” cultivada en hidroponia con diferentes dosis de silicio.	32
Figura 2. Numero total de frutos por planta de fresa “CP Jacona” cultivada en hidroponia con diferentes dosis de silicio.	33
Figura 3. Área foliar total por planta de fresa “CP Jacona” cultivada en hidroponia con diferentes dosis de silicio.	34
Figura 4. Producción de biomasa por planta de fresa “CP Jacona” cultivada en hidroponia con diferentes dosis de silicio.	35
Figura 5. Concentración de clorofila a, b y total en plantas de fresa “CP Jacona” cultivada en hidroponia con diferentes dosis de silicio.	36
Figura 6. Concentracion de azúcares solubles totales en plantas de fresa “CP Jacona” cultivada en hidroponia con diferentes dosis de silicio.	37
Figura 7. Concentracion de nitrógeno en follaje de plantas de fresa “CP Jacona” cultivada en hidroponia con diferentes dosis de silicio.	38
Figura 8. Concentracion de fósforo en follaje de plantas de fresa “CP Jacona” cultivada en hidroponia con diferentes dosis de silicio.	39
Figura 9. Concentracion de potasio, calcio y magnesio en follaje de plantas de fresa “CP Jacona” cultivada en hidroponia con diferentes dosis de silicio.	40
Figura 10. Concentracion de silicio en follaje de plantas de fresa “CP Jacona” cultivada en hidroponia con diferentes dosis de silicio.	41
Figura 11. Concentracion de fósforo, potasio y magnesio en fruto de plantas de fresa “CP Jacona” cultivada en hidroponia con diferentes dosis de silicio.	42
Figura 12. Concentracion de Calcio en frutos de plantas de fresa “CP Jacona” cultivada en hidroponia con diferentes dosis de silicio.	43
Figura 13. Concentracion de Silicio en frutos de plantas de fresa “CP Jacona” cultivada en hidroponia con diferentes dosis de silicato de potasio.	44
Figura 14. Concentracion de solidos solubles en frutos de plantas de fresa “CP Jacona” cultivada en hidroponia con diferentes dosis de silicato de potasio.	45
Figura 15. Concentracion de ácido cítrico en frutos de plantas de fresa “CP Jacona” cultivada en hidroponia con diferentes dosis silicio.	46
Figura 16. Concentracion de antocianinas en frutos de plantas de fresa “CP Jacona” cultivada en hidroponia con diferentes dosis silicio.	47
Figura 17. Concentracion de azúcares solubles totales en frutos de plantas de fresa “CP Jacona” cultivada en hidroponia con diferentes dosis silicio.	48

RESUMEN

La fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.), es uno de los cultivos frutales mas importantes en el mundo y en México. En los últimos años, la superficie de cultivo en hidroponía se ha incrementado, por lo que se requiere de investigación para conocer y manejar el aspecto nutrimental. En la presente investigación se evaluó el efecto sobre rendimiento, estado nutrimental y calidad de frutos cosechados de fresa cuando se aplicaron siete diferentes concentraciones de silicio (0, 25, 50, 75 mg·L⁻¹ en solución nutritiva y 56, 112 y 224 mg·L⁻¹ al follaje). El cultivo se estableció en macetas con arenilla de tezontle rojo (2 mm de diámetro), fertirriego por espaguete y bajo invernadero de cristal. El rendimiento se incrementó en 2.3%, con respecto al testigo, cuando se aplicaron 25 mg·L⁻¹ de Si aplicado en la solución nutritiva. La mayor área foliar por planta se midió con la aplicación de 50 mg·L⁻¹ de Si en solución nutritiva, lo que representa un incremento de 30% sobre el tratamiento testigo. La concentración de azúcares solubles totales en el follaje, se incrementó 65.8% con la aplicación periódica de 224 mg·L⁻¹ de Si asperjado al follaje comparado con el testigo. El estado nutrimental de las plantas no se afectó en relación al N, K, Ca y Mg; el P mostró una tendencia a incrementarse a la vez que la concentración de silicio en las aspersiones fue incrementándose. La acumulación de nutrientes en el fruto no se afectó de manera significativa, excepto el calcio, el cual disminuyó cuando se aplicaron 224 mg·L⁻¹ de Si al follaje. La acumulación de silicio en hojas y frutos fue mayor con las aspersiones foliares. La calidad de los frutos cosechados no mostro diferencias en comparación con el testigo, de tal forma que el contenido de sólidos solubles (°Brix), ácido cítrico y el índice de redondez fueron similares. El contenido de antocianinas disminuyó cuando se aplicaron concentraciones de 25 y 50 mg·L⁻¹ de Si con respecto al testigo; por el contrario, la concentración de azúcares solubles totales en el fruto se incrementó cuando se aplicó el silicio a través de la solución nutritiva.

SUMMARY

Strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.), is one of the most important fruit crop in the world and México. In last years, the hydroponic crop surface has increased, therefore the research is required to know and lead the nutrimental aspects. In this research the purpose was to evaluate the effect on yield, nutrimental state and strawberry fruit quality when seven rates of silicon were applied (0, 25, 50, 75 mg·l⁻¹ in nutrient solution and 56, 112 y 224 mg·l⁻¹ on foliar spray). The crop was established in pots with red volcanic sand (2mm diameter), an irrigation system by "spaghetti" and under glasshouse. The results obtained showed that yield was increased 2.3 %, it is compared with the control treatment, when 25 mg·l⁻¹ of silicon were applied by nutrient solution. The higher foliar area was measured when 50 mg·l⁻¹ of silicon where applied by nutrient solution, it represents an increase of 30% compared with control treatment. Total soluble sugar concentration in leaves was increased 65.82% with regular application of 224 mg·l⁻¹ of silicon sprayed on foliage compared with the control treatment. Nutrimental state was not affected (N, K, Ca y Mg); P accumulation showed tendency to increase when silicon rates applied on foliar spray were increasing too. Nutrient accumulation in fruits was not affected meaningfully, except for calcium, which decreased when 224 mg·l⁻¹ of silicon where sprayed on foliage. Silicon accumulation in leaves and fruits was higher by foliar sprays. Quality of harvested fruits didn't showed differences compared to control treatment; as a consequence, the content of soluble solids (°Brix), citric acid, and the round index were similar. Anthocyanin's content decreased when 25 y 50 mg·l⁻¹ of silicon were applied in the nutrient solution, compared with the control treatment. On the other hand, total soluble sugar in fruit increased when silicon was applied in nutrient solution.

I. INTRODUCCIÓN

La fresa es un cultivo de elevada importancia socioeconómica, con un bajo nivel de competitividad y un alto potencial de mercado; sin embargo, en el país el cultivo se enlaza con problemas de descapitalización, baja productividad y deficiente comercialización (SIAP, 2010).

Este cultivo se desarrolla en cerca de 11 entidades del país, de las cuales tres son las que concentran la mayor superficie: Michoacán, Guanajuato y Baja California; los que contribuyen con 95 %, tanto de la superficie sembrada como de la producción. Si bien la fresa ocupa menos de 1 % de la superficie total dedicada a la agricultura, tiene un papel importante a nivel regional; su importancia radica en dos aspectos: 1) en el número de empleos que genera en la época de cosecha y en las diversas actividades que se realizan en las empacadoras; 2) en las grandes inversiones que se canalizan para su producción (SIAP, 2010).

En los últimos años el cultivo de la fresa ha dado un giro en las técnicas de producción, introduciendo la hidroponía y cultivo en sustrato, con la finalidad de evitar los patógenos propios del suelo que limitan el desarrollo del material vegetal y ampliar la superficie cultivada; sin embargo, para lograr la eficiencia de estas técnicas productivas, se requiere de investigación para manejar aspectos que en el cultivo en suelo son imperceptibles, sobretodo en el caso de la nutrición con micronutrientes, los cuales se consumen en cantidades muy pequeñas pero que tienen un impacto determinante en la producción. Existen elementos aún no considerados como esenciales para las plantas, pero que producen ciertos efectos positivos en las mismas; tal es el caso del silicio, al

cual se le han adjudicado diversos beneficios fisiológicos, productivos, resistencia a plagas y enfermedades, entre otros; no obstante, la investigación de este elemento en cultivos de importancia económica, como la fresa, aún es escasa.

II. OBJETIVOS

1. Evaluar el efecto de diferentes concentraciones de silicio aplicadas al follaje y en la solución nutritiva en el rendimiento, estado nutricional de la planta y calidad del fruto de fresa.
2. Determinar si el silicio afecta el estado nutricional de la planta de fresa.
3. Determinar el método más eficiente para abastecer el silicio para el cultivo de fresa hidropónica.
4. Determinar la concentración adecuada de silicio a aplicar en el cultivo de fresa hidropónica cuando se realiza en aspersión foliar y mediante solución nutritiva.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1. Importancia del cultivo de fresa en México

El cultivo de la fresa se inició en México a mediados del siglo XIX en el estado de Guanajuato. Inicialmente la producción se encaminó a satisfacer la demanda nacional y fue hasta 1950 cuando aumentó su importancia económica por las exportaciones hacia Estados Unidos de América; esto hizo que el cultivo se extendiera a diversos estados del país como: Jalisco, Estado de México, Michoacán, Sinaloa, Baja California Norte y Sur (SIAP, 2010). Esto dio lugar a una creciente instalación de congeladoras y empacadoras dentro de las regiones productoras de fresa (Barreiro, 1998).

En la actualidad, el estado de Michoacán ocupa el primer lugar nacional en cuanto a producción de fresa, ya que genera 52.4% de la producción del país. En el ciclo agrícola 2009 la superficie plantada fue de 3,561 ha con una producción de 114,784 t, el rendimiento medio estimado es de 32.2 t·ha⁻¹; los distritos productores de fresa fueron: La Piedad con 4,890 t en una superficie de 259 ha; Morelia con 92 t en 4 ha; Sahuayo con 799 t en 40 ha; Zamora con 94,062 t en 2,353 ha y Zitácuaro con 14,941 t en 905 ha. El rendimiento de fruto varía desde 17 t·ha⁻¹ en Zitácuaro hasta 40 t·ha⁻¹ en Zamora; el precio medio fue de \$ 5,820.00 por tonelada, el mayor precio por tonelada se presentó en La Piedad con \$ 7,129.00 y el menor en Zamora con \$ 5,734.00 (SIAP, 2010).

Actualmente, aunque el cultivo de fresa ocupa un porcentaje muy pequeño de la superficie total dedicada a la agricultura en el país, guarda un papel económico muy importante, tanto a nivel regional como nacional. En el ámbito regional se puede mencionar, en primer lugar, el gran número de empleos que genera durante la época de cosecha, y por ende, la gran actividad que las empacadoras requieren para manipular el producto; en segundo lugar están las grandes inversiones que se canalizan para la producción, sobre todo si se considera el alto costo de producción que este cultivo requiere (Barreiro, 1998).

Los canales de comercialización de fresa son complejos, se organizan de acuerdo al mercado destino, el uso final del producto (fresco o procesado) o de la época de producción de las diferentes regiones (Boucher y Salas, 2007).

Según Lundy (2007), los productores de fresa, compradores y comercializadores de fruta fresca, canalizan el producto a tres mercados principales que son: exportación a Estados Unidos, compra por empresas como Driscoll's, Sun Up, WilPick y Frigorífico de Colima.

3.2. El cultivo de fresa

Las fresas cultivadas en la actualidad son híbridos octaplóides reconocidos como *Fragaria x ananassa* Duch, producto de la cruce de *F. virginiana* L., nativa del norte de México y norte de América y *F. chiloensis* Duch. nativa del oeste de norte y Sudamérica (Bringhurst *et al.*, 1960).

La fresa tiene amplia adaptación, se cultiva en latitudes bajas de los trópicos y altas de los subtrópicos (Hancock, 1999). Es una planta perenne, herbácea, que posee un sistema radicular superficial, con un tallo corto, generalmente denominado corona, del cual se originan, a partir de yemas axilares, estolones, ejes florales y coronas laterales; las hojas crecen en roseta, tienen peciolo largos y son trifoliadas con bordes aserrados, presentan tricomas en el envés, flores y frutos (Branzanti, 1989).

La fresa se propaga generalmente de forma asexual, ya sea por división de coronas, lo cual no es muy común; por estolones, que es el método mas fácil y rápido que permite conservar las características del clon que se desea cultivar y representa la base de su producción (Brazanti, 1989).

El fruto de la fresa deriva de una modificación del receptáculo floral y en él se encuentran los aquenios, desde el punto de vista botánico el fruto es un poliaquenio (Sánchez, 2006).

En México se han probado al menos 48 variedades de fresa, de las cuales, las mas importantes han sido: “klondike” o fresa corriente, una de las variedades con las que se comenzó la producción comercial; “Florida 90” también conocida como San Agustín, variedad norteamericana introducida en 1960 y denominada “fresa fina”; “Solana” y “Lanssen”, introducidas en 1962, presentaron problemas de fruto y solo duraron dos ciclos; “Fresno” entró en 1965 y “Tioga” en 1966, producían fresa de elevada calidad y eran precedentes de Estados Unidos (Vega, 2007). Las variedades mas reconocidas fueron “Camarosa”, “Driscoll’s” y “Camarena”, introducidas en 2005 y la variedad “Camino Real” en 2006;

también se introdujeron variedades como la “Albión” de tamaño gigante y color morada, además de la “Diamante”; las variedades mexicanas “CP-Jacona” y “CP-Zamorana” se introdujeron en el año 2007, resultado del mejoramiento genético realizado por el Colegio de Posgraduados (Boucher y Salas, 2007).

3.3. Componentes de rendimiento

El rendimiento de la fresa, como de cualquier otro cultivo, es el resultado acumulativo de varios componentes que influyen directa o indirectamente (Shokaeva, 2007).

Se ha comprobado que el rendimiento está correlacionado generalmente con el número de inflorescencias por planta (Shokaeva, 2007). Las plantas que producen muchos racimos por corona desarrollan frutos de tamaño pequeño, incluso, si el primer fruto es de tamaño grande, los demás pueden ser pequeños (Strik y Proctor, 1998).

Verheul *et al.*, (2006) mencionan que el número de inflorescencias por planta está influenciado principalmente por la edad de la planta y la duración del día corto, mientras que la inducción de la floración es determinada principalmente por el fotoperiodo y la temperatura. El número de inflorescencias puede aumentar indirectamente como una respuesta al manejo nutricional, puesto que se aumenta el número de coronas y por lo tanto el número de inflorescencias. La floración es afectada por la duración de la temperatura durante la inducción y días cortos (Heide, 1977).

El comportamiento de las plantas es diferente en ciertas condiciones, las temperaturas elevadas, así como las heladas tardías influyen sobre el rendimiento acumulado (Baumann *et al.*, 1993). Durante el desarrollo vegetativo las plantas son sensibles a las altas temperaturas, si estas rebasan los 30 °C el tamaño y peso de la fruta disminuyen, así como el crecimiento de la planta (Wang y Camp, 2000).

3.4. Requerimientos del cultivo de fresa

El cultivo de fresa se puede desarrollar en varios tipos de suelos, desde arenosos hasta pesados, el intervalo de pH óptimo va de 6 a 6.5; los mejores rendimientos se pueden obtener cuando las plantas desarrollan en suelos profundos, fértiles, con alto contenido de materia orgánica y buen drenaje. Como todas las plantas requieren niveles adecuados de macro y micronutrientes (elementos esenciales); sin embargo, existen grandes diferencias en el comportamiento nutrimental en cada variedad de fresa, además el ambiente juega un papel primordial en la expresión de síntomas de deficiencia (Hancock, 1999). Para tener una buena respuesta en el manejo nutrimental de la fresa se deben cuidar aspectos como el uso de variedades adaptadas a la zona de producción, usar plantas libres de enfermedades, una selección adecuada del tipo de suelo donde se establece la plantación, manejo eficiente de malezas y contar con un sistema de riego adecuado. La fresa responde favorablemente a niveles elevados de materia orgánica en el suelo, lo que se puede lograr aplicando composta o abonos verdes previo a la plantación, la dosis de fertilización debe estar basada en un análisis de suelo y de agua previo a la instalación del cultivo (Hart *et al.*, 2000).

3.5. El silicio en el suelo

El silicio de los suelos aparece en la arena, minerales tipo silicatos, en otros compuestos o en el ácido silícico líquido (Si(OH)_4). La única forma como los organismos vivos asimilan el silicio es cuando está presente como ácido silícico. A esta forma de silicio se le conoce como activo, bio-activo, reactivo o soluble. El ácido silícico está presente de forma natural en niveles de aproximadamente 30 a 40 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ de suelo. La formación de aluminosilicatos en particular (los principales componentes de las arcillas) mejora la retención de agua, la aireación, el intercambio de iones y la capacidad buffer del suelo (Ma *et al.*, 2006).

En los suelos, el ácido silícico se libera lentamente en pequeñas cantidades a través de la acidificación de los silicatos por medio del ácido carbónico producido por la respiración de los microorganismos del suelo y las larvas, también se acidifican los silicatos con los ácidos orgánicos débiles y enzimas producidos por las raíces de las plantas. El ácido silícico también lo requieren los microorganismos del suelo y representa una medida importante de la fertilidad del mismo (Epstein, 1999).

Los fisiólogos vegetales no consideran al silicio como un elemento esencial para las plantas; sin embargo, se ha reportado que la presencia de silicio beneficia a los cultivos, por inducción de resistencia y protección contra diversos factores bióticos y abióticos (Epstein, 1999).

Los experimentos científicos suelen categorizar a las plantas según su acumulación o no acumulación de silicio. Algunas veces se pretende denotar

que las que no acumulan no se benefician o no pueden beneficiarse de este elemento (Epstein, 1999).

Las plantas inferiores, por ejemplo las algas y musgos, suelen acumular silicio en sus tejidos. Dicha acumulación también sucede en las plantas superiores, mas o menos limitada a las monocotiledóneas. Generalmente la acumulación de silicio no ocurre en las plantas dicotiledóneas, a excepción de las familias Urticaceae y Cucurbitaceae (Epstein, 1999).

3.6. Disponibilidad del silicio

Cuando el ácido silícico se libera de los minerales, una parte es inmediatamente atrapada por otros elementos libres presentes en el sistema agua-suelo, en las partículas del suelo o en el campo periférico de las raíces de las plantas. El aluminio y el fósforo tienen particular afinidad con el ácido silícico. Una parte se pierde por lixiviación; además, sólo una pequeña parte del ácido silícico restante se queda disponible para ser absorbido por las raíces, ya que al ser una molécula pequeña y sumamente inestable, se polimeriza rápidamente formando una cadena larga de moléculas biológicamente inactiva (Epstein, 1999).

3.7. El silicio y las plantas

El contenido de silicio en las plantas es variable y depende fundamentalmente de la especie, pudiendo oscilar entre 0.1 y 10 % del peso seco de las plantas

superiores, en comparación con el calcio (0.1 a 0.6 %) y azufre (0.1 a 1.5 %) (Epstein, 1999). Su función en la planta no está establecida. La similitud química con fósforo y boro, ha hecho que algunos autores piensen en la posibilidad de que el silicio pueda reemplazar o interferir en determinadas funciones de aquéllos, como por ejemplo condensarse con azúcares-alcoholes o ácidos orgánicos (Navarro, 2003).

El compuesto mas comúnmente utilizado para realizar aportes de silicio a los cultivos es silicato de potasio (K_2SiO_3), el cual es obtenido a partir del proceso de calcinación entre arena silícea (SiO_2) y carbonato de potasio (K_2CO_3) a una temperatura entre 1,100 a 2,300 °F, durante el proceso de fusión los dos componentes forman un cristal, el cual puede ser disuelto con vapor a alta presión hasta formar un fluído claro y ligeramente viscoso (Tisdale *et al.*, 1999).

El silicio ha sido reconocido por aumentar la eficiencia en la captación de la luz solar (Yoshida *et al.*, 1969) e incrementar el desarrollo de una amplia gama de especies (Adatia y Besford, 1986). En cultivos de la familia Poaceae, la absorción y acumulación de silicio es una de las principales características, sobretodo en la parte aérea de plantas de forraje (De Melo *et al.*, 2010) así como de algunos pastos (Nanayakkara *et al.*, 2008).

El ácido silícico desempeña un papel importante en la regulación de la absorción y balance de minerales en las plantas. Este, en conjunto con el calcio, están presentes en el mantenimiento de la integridad y fortaleza de la pared celular y en varias funciones metabólicas involucradas en el crecimiento y desarrollo (Epstein, 1999).

Dentro de la planta, el ácido silícico mejora la utilización del fósforo al reducir la absorción de manganeso y en menor grado la del hierro del suelo. El ácido silícico dentro de la planta también reduce los niveles internos del manganeso y otros metales pesados a través de la precipitación de compuestos como Si-Mn o Si-Fe. Esto mejora la tolerancia de las plantas (al reducir la toxicidad potencial) a los metales pesados al asegurar su dilución o distribución más uniforme (Epstein, 1994; Gascho, 1977; Elawad y Green, 1979).

El ácido silícico del suelo también permite aumentar la absorción de potasio. Las aplicaciones foliares de ácido silícico reemplaza el tratamiento de las plantas con potasio para endurecer y promover la maduración de los frutos (Epstein, 1999).

Por otra parte, el silicio mejora la tolerancia de las plantas a las condiciones de estrés por salinidad. Se ha observado un incremento a la tolerancia de sodio; principalmente debido a que el silicio reduce la permeabilidad de las membranas a este elemento nocivo. El resultado es un bajo nivel de sodio, pero un alto nivel de potasio en la savia (Epstein, 1999).

De acuerdo con investigaciones realizadas por Epstein (1994;1999), algunos de los beneficios de la inclusión del silicio dentro de los programas de fertilización son: a) Mayor crecimiento, plantas más fuertes y compactas, b) Hojas más fuertes, más fotosíntesis, c) Mayor tolerancia a condiciones de baja luminosidad, estrés hídrico y térmico, d) Mayor resistencia a plagas y enfermedades, e) Mayor productividad y calidad, f) Mayor concentración de

azúcares, almidón, vitaminas, etc., g) Epidermis fuertes y duras en los frutos, h) Aumento en productividad, i) Uniformidad de cosechas.

3.8. Silicio y el cultivo de fresa

Por mucho tiempo se ha sabido que el silicio está presente en las plantas de fresa (Laning, 1960) y ha sido reconocido por incrementar el sistema inmune de las plantas contra el estrés biótico y abiótico (Belanger, 1995).

Con la aplicación foliar de silicio en el cultivo de fresa se incrementa el contenido de clorofila, ácidos orgánicos, fosfolípidos y glucolípidos; contribuyendo al mantenimiento de la fluidez de las membranas celulares e induciendo su división, lo que trae como consecuencia un aumento en el crecimiento de la planta (Wang y Galletta, 1998).

Por otra parte, investigaciones dirigidas por Lieten *et al.* (2000) han demostrado que altas concentraciones de silicio en solución nutritiva aumenta la incidencia de albinismo en el cultivar Elsanta de fresa, aunque también asocia este desorden a condiciones climáticas desfavorables y exceso de vigor en las plantas asociadas con problemas de fertirrigación.

Voogth y Sonneveld (2001) concluyeron que la acumulación de silicio en plantas de fresa hidropónica aumentó con la adición de este elemento en el medio radical, aunque esta acumulación solo denotó una mayor resistencia al

ataque de oídio (Powdery mildew), pues registraron disminución en la calidad de la fruta cosechada y el rendimiento no se vio afectado.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Ubicación

El presente experimento se llevó a cabo en un invernadero de cristal perteneciente al Instituto de Horticultura de la Universidad Autónoma Chapingo, geográficamente ubicada en los 19° 20' latitud norte y 98° 53' longitud oeste, a 2240 msnm.

4.2. Instalación del experimento

Se estableció el cultivo en sistema hidropónico abierto, usando arenilla de tezontle rojo (2 mm de diámetro), colocando una planta por maceta, con capacidad de 1.3 L, el sistema de riego instalado fue de tipo "spaguetti" con una piqueta por maceta y se establecieron 20 macetas por tratamiento. El cultivo se estableció el día 5 de octubre de 2010 y se concluyó el día 15 de abril de 2011, cuando el cultivo estaba en plena producción. El volumen de riego se aplicó diariamente con intervalos de una hora resultando diez aplicaciones por día, mediante un sistema automatizado, aportando un volumen de solución nutritiva de 300ml al inicio del ciclo y 700ml por maceta durante la floración y fructificación, todos los riegos durante el ciclo fueron aplicados con solución nutritiva.

4.3. Material vegetal

El cultivar de fresa utilizado fue el CP Jacona, el cual esta adaptado a la región y fue obtenido en el Colegio de Posgraduados. Se utilizaron coronas desarrolladas en el campus Montecillo para producción comercial. Una vez

recibido el material vegetal, se colocó en refrigeración, antes del establecimiento se eliminó todo el follaje de las coronas para minimizar la transpiración después del trasplante, después se procedió a efectuar una desinfección con Procloráz 2 ml·L⁻¹, durante 2 minutos para eliminar posibles inóculos de hongos fitopatógenos que pudieran afectar el cultivo durante su establecimiento.

4.4. Condiciones climáticas predominantes

El cultivo fue establecido en pleno otoño, lo que coincidió con la variación de condiciones climáticas que conlleva el cambio de estación, el invernadero es de baja tecnología. Las condiciones climáticas prevalecientes se mencionan en el cuadro 1.

Cuadro1. Temperaturas máximas y mínimas prevalecientes en el invernadero durante el desarrollo del experimento.

Mes	T °C			HR (%)		
	Máxima	Mínima	Prom.	Máxima	Mínima	Prom.
Octubre	32.1	5.0	18.5	90.0	5.0	47.5
Noviembre	27.0	3.1	15.0	96.5	9.6	53.05
Diciembre	26.4	3.6	15.0	96.0	11.4	53.7
Enero	26.9	2.2	14.6	94.0	4.5	49.25
Febrero	27.3	3.5	15.4	99.0	3.9	51.45
Marzo	28.7	4.9	16.8	84.0	7.2	45.6
Abril	31.3	6.1	18.7	88.0	11.7	49.85

4.5. Solución nutritiva

El diseño de la solución nutritiva se realizó tomando en cuenta el análisis previo del agua de riego a utilizar, con un balance de aniones y cationes, tomando en cuenta las relaciones iónicas de Steiner (1984). Durante todo el ciclo se mantuvo la misma concentración de la solución nutritiva (Cuadro 2), con el fin de evitar fluctuaciones de absorción de los diversos nutrimentos.

Cuadro 2. Solución nutritiva utilizada en el cultivo hidropónico de fresa.

Elementos (mg·L ⁻¹)												
pH	C. E.	N	P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	S	Fe	Mn	Cu	Zn	B
5.5	1.8	168	31	215	130	31	56	3	0.5	0.1	0.1	0.1

Para el aporte de silicio se utilizó el producto en forma de gel comercial a base de silicato de potasio Kasil 6 (K₂SiO₃, 39.2%). Con el aporte de silicio también se incluyó una cantidad considerable de potasio, lo cual se tomó en cuenta al momento de hacer el cálculo de la cantidad de fertilizantes requerida en la solución nutritiva, para no provocar un exceso de este nutrimento.

4.6. Definición de tratamientos

Se formaron siete tratamientos que consistieron en cuatro niveles de concentración de silicio en solución nutritiva y tres niveles de concentración de silicio aplicados periódicamente de manera foliar (Cuadro 3). La aplicación de

silicio en solución nutritiva se realizó durante todo el ciclo en todos los riegos, y la aplicación vía foliar se realizó cada 20 días, acondicionando el pH de la solución a asperjar con buferizante comercial (buffex, $1\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$) y adherente (Inex-A $0.5\text{ ml}\cdot\text{L}^{-1}$).

Cuadro 3. Tratamientos aplicados en el cultivo hidropónico de fresa.

Tratamiento	Características
T1	Solución nutritiva + $0\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ Si.
T2	Solución nutritiva + $25\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ Si
T3	Solución nutritiva + $50\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ Si
T4	Solución nutritiva + $75\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ Si
T5	Sol. nutritiva + $56\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ Si Foliar
T6	Sol. nutritiva + $112\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ Si Foliar
T7	Sol. nutritiva + $224\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ Si Foliar

4.7. Diseño experimental

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar. Cada tratamiento se repitió 20 veces. La unidad experimental estuvo constituida por una maceta con una planta.

4.8. Aplicación de tratamientos

La aplicación de la solución nutritiva se realizó mediante un sistema de bombeo automatizado; sin embargo se presentó taponamiento de estacas o piquetas de goteo, que se vió más marcado en el tratamiento 4, debido a que el producto utilizado (Kasil 6) en todos los tratamientos elevó el pH a un rango de 11 a 12,

por lo que se hizo necesaria la aplicación de cantidades considerables de ácido nítrico y carboxílico para ajustar el pH deseado (5.8 a 6); sin embargo, debido a la naturaleza del silicio, cuando se encuentra en condiciones de pH ácido su solubilidad disminuye considerablemente. A esta disminución de solubilidad y apelmazamiento del producto utilizado, se atribuye el taponamiento de las estacas de goteo, lo cual supone un límite de uso del producto en sistemas de fertirriego.

4.9. Variables evaluadas

4.9.1. Planta

Área foliar (cm²). Se evaluó el área foliar total cuatro plantas en cada tratamiento, con un integrador de área foliar LICOR Modelo 3100.

Clorofila (mg·g⁻¹ de tejido). Se determinaron las clorofilas a, b y total en una hoja de reciente maduración (con su máxima expansión y sana), de cuatro plantas de cada tratamiento, por los métodos descritos por la AOAC (1980) y Witham *et al.* (1971). Las lecturas se hicieron en un espectrofotómetro Marca Thermo Spectronic Modelo Genesys 10UV.

Azúcares solubles totales (mg·g⁻¹ de masa fresca). Se determinaron los azúcares solubles totales en fruto y en una hoja bien desarrollada y madura de cuatro plantas de cada tratamiento, aplicando el método de antrona descrito por Witham *et al.* (1971). Las lecturas se hicieron en un espectrofotómetro Marca Thermo Spectronic Modelo Genesys 10UV.

Biomasa (g). Para esto se cortó toda la planta, excepto las raíces, se utilizó el total de plantas de cada tratamiento, individualmente se sometieron a secado en bolsas de papel a una temperatura de 70 °C por 72 horas, en una estufa con aire forzado marca BINDER, una vez seca se procedió a pesar cada repetición con una balanza digital marca OHAUS modelo Scout Pro.

Determinación de nutrimentos (%). Se hizo la determinación de la concentración de nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg) y Silicio (Si) analizando por separado tres muestras de follaje en cada tratamiento.

Para la obtención de las muestras de follaje se maceró la totalidad de hojas, peciolo y flores, previamente secados a 70° C en estufa, de las cuatro plantas analizadas de cada tratamiento.

Para la determinación de P, K, Ca y Mg, se pesó una muestra de 0.25 g de materia seca en una balanza analítica digital MARCA OHAUS Modelo Adventurer Pro, que se sometió a una digestión húmeda con una mezcla de cuatro ml de solución diácida de H₂SO₄ y HClO₄ (2:1, v/v), y 2 ml de peróxido de hidrógeno a 30 %. La determinación de nitrógeno se hizo por el método de microkjeldahl (Alcantar y Sandoval, 1999).

Para la determinación de silicio se pesó una muestra de 0.15 g de materia seca en una balanza analítica digital MARCA OHAUS, Modelo Adventurer Pro, que se sometió a una digestión húmeda con aplicación por separado de tres diferentes ácidos (HNO₃, H₂SO₄ y HClO₄). Después de la digestión se filtró y aforó a 10 ml con agua desionizada.

Las concentraciones de P, Ca y Mg se determinaron en un espectrofotómetro de absorción atómica de plasma por inducción acoplada (ICP-AES) marca VARIAN modelo Liberty series II. La concentración de K y Si se determinaron en un espectrofotómetro de absorción atómica marca VARIAN modelo spectrAA 220 de acuerdo con el procedimiento descrito por Alcántar y Sandoval (1999).

En todos los casos las concentraciones se calcularon con base al peso seco.

4.9.2. Fruto

Peso fresco (g). En cada corte se registró el peso fresco de los frutos cosechados por cada repetición, de forma individual, usando una balanza digital marca OHAUS modelo Scout Pro.

Índice de redondez. Para determinar esta variable fue necesario registrar los datos de diámetro ecuatorial y longitud de todos los frutos, lo cual se realizó con un vernier digital marca GENERAL No. 143.

Sólidos solubles totales (°brix). Se registraron con un refractómetro digital ATAGO modelo PAL-1 a un fruto de cada repetición en cada corte realizado.

Acidez titulable (% Ácido Cítrico). Para la acidez titulable en frutos expresada en concentración de ácido cítrico, se usó la técnica descrita por la AOAC (1990).

Antocianinas (mg·100g de peso fresco). La concentración de antocianinas se determinó en frutos de cuatro plantas por tratamiento, por medio del procedimiento de Craher (1971), para lo cual se tomaron muestras de 0.5 g de frutos maduros y se utilizó como extractante metanol a 99% y ácido clorhídrico, para un posterior filtrado. Las lecturas se hicieron en un espectrofotómetro

Marca Thermo Spectronic Modelo Genesys 10UV. Se utilizaron tres repeticiones de cada tratamiento.

Azúcares solubles totales ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ de masa fresca). Se determinaron con la misma metodología usada en el análisis de follaje. Se realizaron tres repeticiones por cada tratamiento, escogiendo frutos con características similares.

Determinación de nutrimentos. Se hizo la determinación de la concentración de nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg) y Silicio (Si) en una muestra de frutos por cada tratamiento. Para la obtención de las muestras se maceró la totalidad de frutos, previamente secados a 70°C en estufa, obtenidos de las cuatro plantas analizadas de cada tratamiento, utilizando la metodología descrita en el análisis nutrimental del follaje.

4.10. Análisis de datos

En análisis de la información consistió en comparaciones gráficas de los promedios totales obtenidos en cada tratamiento evaluado, además de un análisis de varianza y comparación de medias de Tukey, con el fin de identificar diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos. Para llevar a cabo todo el análisis estadístico se utilizó el paquete estadístico SAS System Versión 9 (SAS Institute Inc., 2006).

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

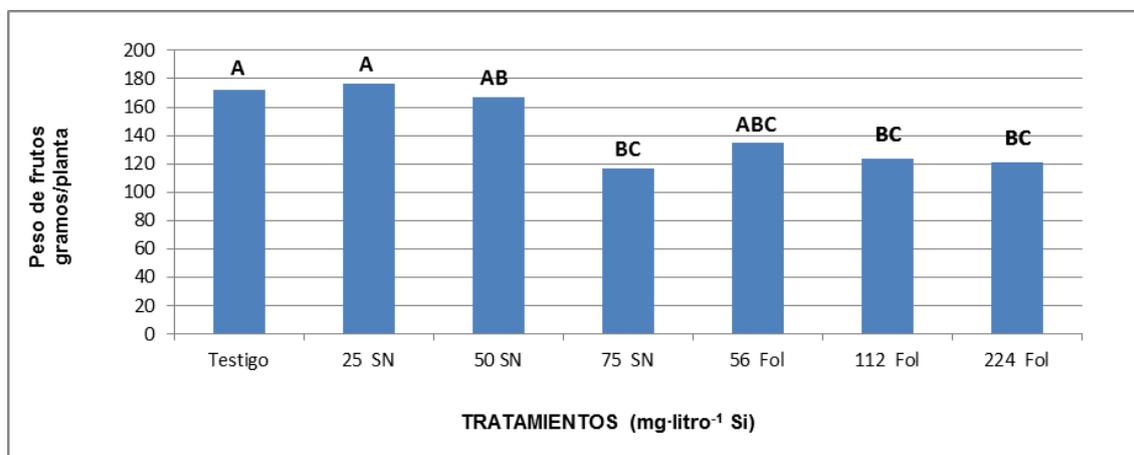
5.1. Fenología del cultivo

El cultivar “CP Jacona” presentó hojas aserradas, la producción de follaje fue abundante, previo al trasplante se eliminó todo el follaje. Alrededor del día 45 ddt se observaron las flores primarias, el follaje se incrementó alrededor del día 60 ddt, y al día 75 ddt ya se apreciaba una floración abundante, durante los siguientes 55 días se desarrollaron los primeros frutos, aunque continuaron flujos de floraciones traslapadas. A partir de ese momento se tuvo fruto para cosecha, la cual se recolectó cada ocho o nueve días.

5.2. Rendimiento

Aunque el tratamiento de $75 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ de silicio en solución nutritiva fue el que presentó mayor peso total de frutos (176 g), no se obtuvieron diferencias significativas con respecto a los tratamientos testigo, $50 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ en solución nutritiva y $56 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ foliar. Por el contrario, existieron diferencias estadísticamente significativas con los tratamientos de $75 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ en solución nutritiva, 112 y $24 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ foliar, siendo el tratamiento de $75 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ en solución nutritiva el de menor rendimiento total acumulado, pues solo se obtuvieron 116.6 g de fruto/planta, lo que equivale a una reducción de 34% con respecto al testigo. Además se puede observar una tendencia de disminución del rendimiento como respuesta al incremento de concentración de silicio aplicado en solución nutritiva y aspersión. Este resultado concuerda con los aportes de Voogth y Sonneveld (2001) quienes no encontraron incremento en el

rendimiento del cultivo de fresa hidropónica bajo diferentes concentraciones de silicio.



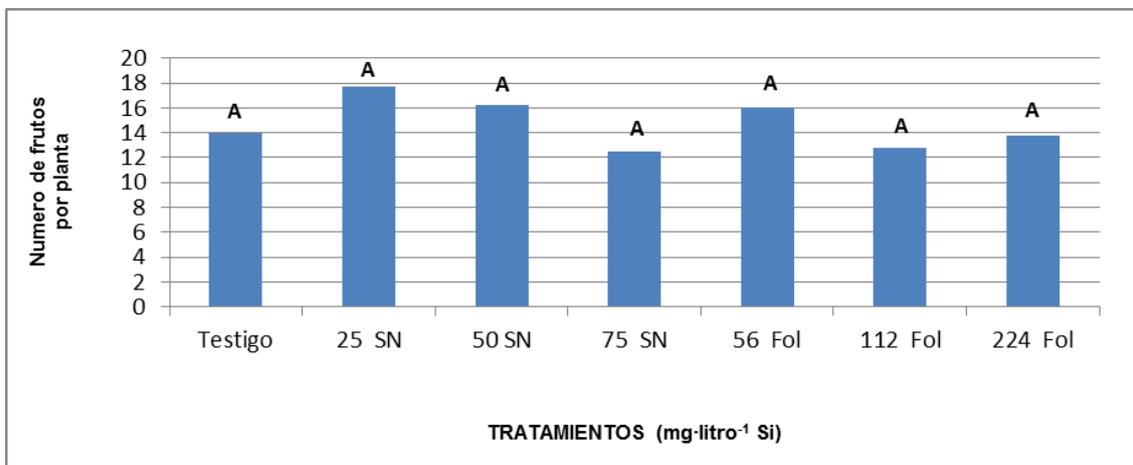
²Barras con la misma letra son iguales estadísticamente de acuerdo a la prueba de comparación de medias Tukey $P \leq 0.05$. SN: solución nutritiva; Fol: foliar.

Figura 1. Rendimiento total por planta de fresa “CP Jacona” cultivada en hidroponia con diferentes dosis de silicio.

5.3. Número total de frutos

Independientemente del peso total de frutos cosechados, no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos para el número de frutos cosechados, lo que hace notar una variación de tamaños según los diferentes tratamientos. El tratamiento con mayor número de frutos cosechados fue el de 25 mg·L⁻¹ en solución nutritiva (17.75 frutos/planta) y el menor promedio corresponde al de 75 mg·L⁻¹ en solución nutritiva con 12.5 frutos/planta. Los resultados experimentales de Wang y Galletta (1998) demuestran incremento de actividad metabólica en el cultivo de fresa; sin embargo no reportan incremento o decremento alguno en rendimiento; por otra parte, Miyake y Takahashi (1986) encontraron un aumento en el número total de frutos en

plantas de fresa sometidas a concentraciones de silicio de $50 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, aunque su resultados carecen de fundamentos estadísticos.

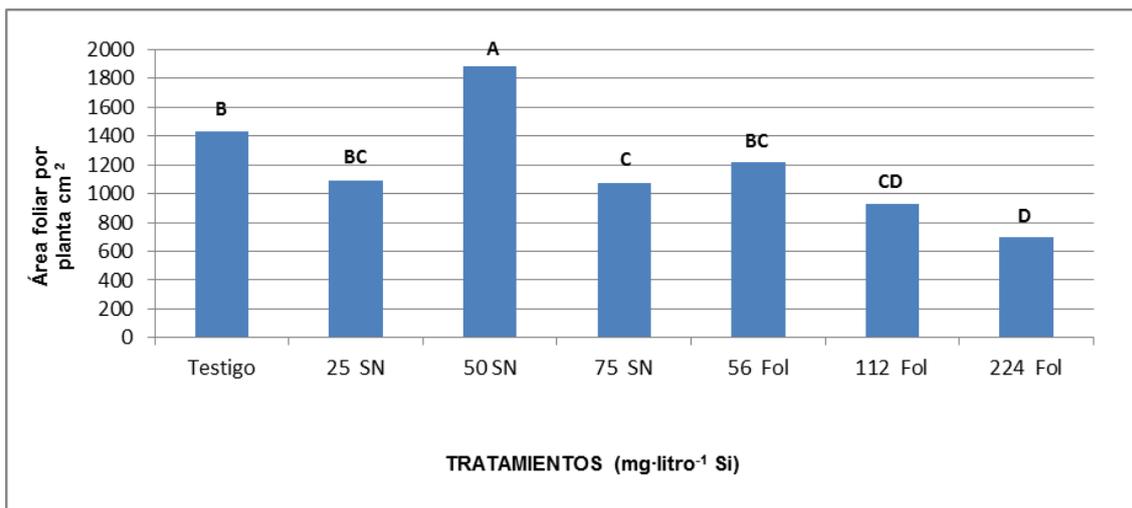


²Barras con la misma letra son iguales estadísticamente de acuerdo a la prueba de comparación de medias Tukey $P \leq 0.05$. SN: solución nutritiva; Fol: foliar.

Figura 2. Numero total de frutos por planta de fresa “CP Jacona” cultivada en hidroponia con diferentes dosis de silicio.

5.4. Área foliar

En el caso del área foliar se pudieron observar diferencias significativas entre tratamientos siendo el de $50 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ en solución nutritiva el que obtuvo mayor promedio de área foliar (1885 cm^2), es decir, un incremento de 31.5% con respecto al testigo ($1,433.80 \text{ cm}^2$). Además, se observa una tendencia de disminución del área foliar por planta con respecto al incremento de concentración de silicio en las aspersiones foliares.

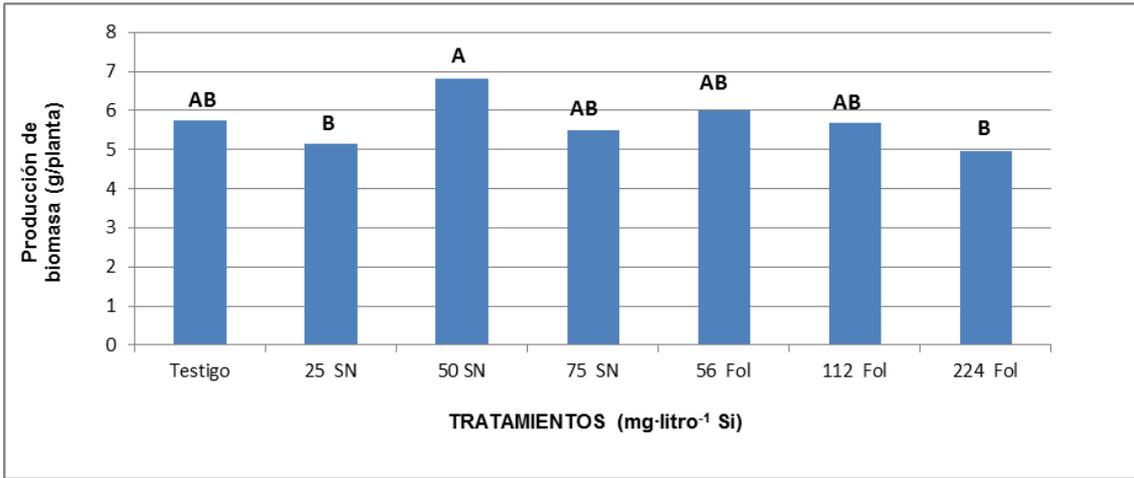


²Barras con la misma letra son iguales estadísticamente de acuerdo a la prueba de comparación de medias Tukey $P \leq 0.05$. SN: solución nutritiva; Fol: foliar.

Figura 3. Área foliar total por planta de fresa “CP Jacona” cultivada en hidroponía con diferentes dosis de silicio.

5.5. Producción de biomasa

No se observaron diferencias significativas entre los tratamientos, aunque la aplicación de 50 mg·L⁻¹ en solución nutritiva obtuvo mayor promedio (6.825 g) con respecto al testigo (5.75 g), que se traduce en un incremento de 18%. Estos resultados contrastan con el de Wang y Galletta (1998) quienes reportan un aumento en acumulación de biomasa directamente proporcional al aumento en concentración de silicio aplicado de manera foliar a concentraciones desde 0 a 476 mg·L⁻¹ de Si como K₂SiO₃, pues para nuestro experimento los tratamientos foliares fueron el 5 (56 mg·L Si), 6 (112 mg·L Si) y 7 (224 mg·L Si) y no se encontraron diferencias significativas con respecto al tratamiento testigo, incluso revelan un efecto contrario al que reportan los autores mencionados.

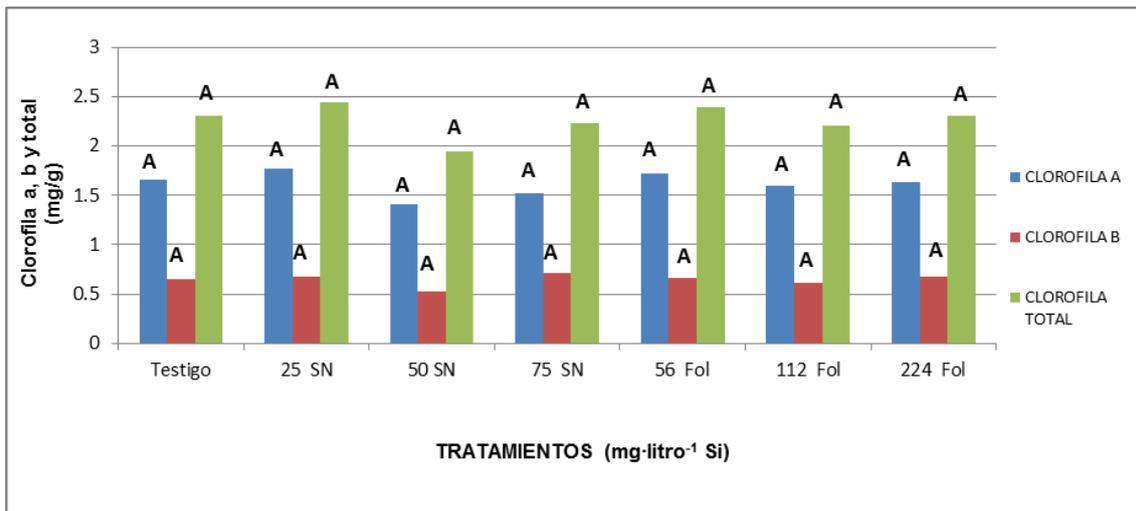


²Barras con la misma letra son iguales estadísticamente de acuerdo a la prueba de comparación de medias Tukey $P \leq 0.05$. SN: solución nutritiva; Fol: foliar.

Figura 4. Producción de biomasa por planta de fresa “CP Jacona” cultivada en hidroponia con diferentes dosis de silicio.

5.6. Contenido de clorofila

Para el caso de la clorofila a, b y total no se obtuvieron diferencias significativas entre los siete tratamientos, aunque destacó el con 25 mg·L⁻¹ en solución nutritiva con un contenido total de 2.44 mg·g⁻¹ de tejido el cual fue el mas alto; y el tratamiento de 50 mg·L⁻¹ en solución nutritiva obtuvo menor promedio con 1.94 mg·g⁻¹ de tejido. Nuevamente el resultado es contrastante con el resultado de Wang y Galletta (1998) quienes, utilizando la misma técnica espectrofotométrica, concluyeron que el contenido total de clorofila en las plantas de fresa aumenta conforme se incrementa la concentración de silicato de potasio en aplicación foliar.



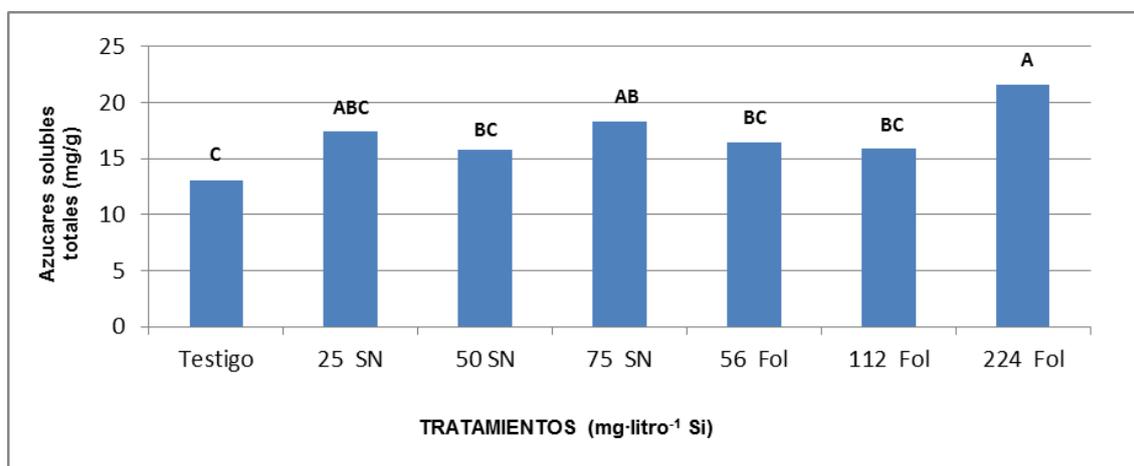
²Barras con la misma letra son iguales estadísticamente de acuerdo a la prueba de comparación de medias Tukey $P \leq 0.05$. SN: solución nutritiva; Fol: foliar.

Figura 5. Concentración de clorofila a, b y total en plantas de fresa “CP Jacona” cultivada en hidroponía con diferentes dosis de silicio.

5.7. Azúcares solubles totales

Los mayores promedios correspondieron a los tratamientos con silicio de 224 mg·L⁻¹ foliar, 75 y 25 mg·L⁻¹ en solución nutritiva, con 21.64, 18.303 y 17.47 mg·g⁻¹ de masa fresca, respectivamente, sin presentar diferencias estadísticamente significativas entre ellos. Entre los tratamientos donde el silicio fue aplicado en solución de riego, el de mayor concentración (75 mg·L⁻¹) mostró mayor acumulación de azúcares solubles totales y diferencia estadísticamente significativa con el testigo (0 mg·L⁻¹ Si), es decir un incremento de 40% con respecto al testigo; aunque el tratamiento foliar con 224 mg·L⁻¹ de silicio mostró diferencia con el resto de los tratamientos (65% de incremento con respecto al testigo). Los resultados de Wang y Galletta (1998) demuestran una tendencia contraria entre la cantidad total de carbohidratos y el aumento en la concentración de silicio en aplicación foliar, sin embargo esto lo

atribuyen a que los carbohidratos son rápidamente movilizados para la formación de nuevas hojas y frutos y no se acumulan.



²Barras con la misma letra son iguales estadísticamente de acuerdo a la prueba de comparación de medias Tukey $P \leq 0.05$. SN: solución nutritiva; Fol: foliar.

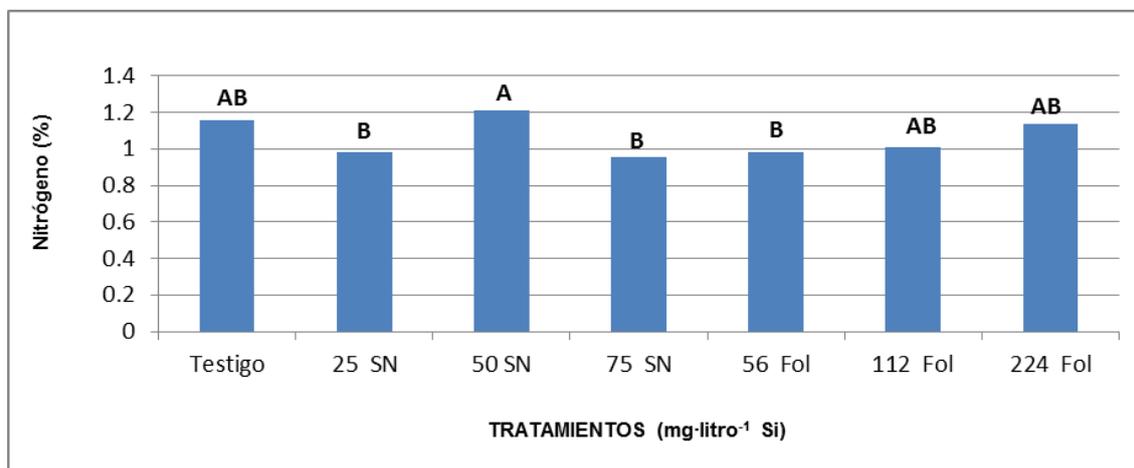
Figura 6. Concentración de azúcares solubles totales en plantas de fresa “CP Jacona” cultivada en hidroponía con diferentes dosis de silicio.

5.8. Estado nutrimental en follaje

5.8.1. Nitrógeno

No se encontraron diferencias en la concentración de nitrógeno con respecto al testigo. La máxima concentración de N (1.21%) fue observada cuando se aplicaron $50 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ de silicio en solución nutritiva, es decir, un incremento del 5% con respecto al testigo. Los tratamientos donde se aplicó el silicio mediante solución nutritiva mostraron diferencias significativas, destacando el de $50 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ sobre 25 y $75 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$. Esto concuerda con los estudios de Epstein (1994), Gascho (1977), Elawad y Green (1979), quienes sugieren que el silicio es capaz de balancear el nitrógeno dentro de las plantas debido al sinergismo silicio-nitrógeno. En el caso de los tratamientos donde el Si fue aplicado de

manera foliar, no hubo diferencias significativas, posiblemente porque se aplicaron de manera independiente a otros compuestos que contengan nitrógeno. Se observó una tendencia ascendente en los tratamientos foliares, sin embargo en los tratamientos con silicio en agua de riego no fue así.

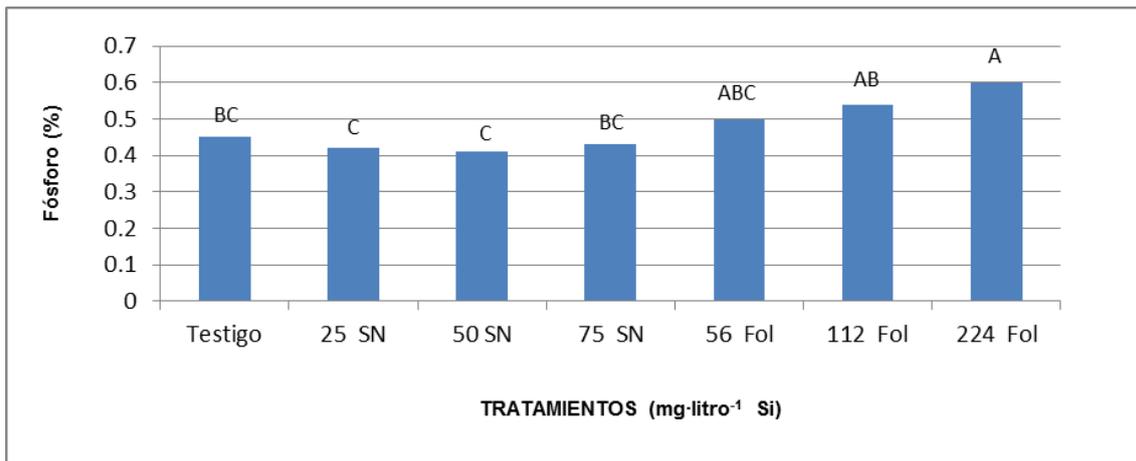


²Barras con la misma letra son iguales estadísticamente de acuerdo a la prueba de comparación de medias Tukey $P \leq 0.05$. SN: solución nutritiva; Fol: foliar.

Figura 7. Concentración de nitrógeno en follaje de plantas de fresa “CP Jacona” cultivada en hidroponia con diferentes dosis de silicio.

5.8.2. Fósforo

La mayor concentración fue cuando se aplicaron 224 mg·L⁻¹ de silicio en solución nutritiva (0.6%), el cual, en comparación con el testigo mostró un incremento de 33%, además, se observó una tendencia ascendente de absorción al aumentarse la concentración de silicio aplicado de manera foliar, no así en los tratamientos con silicio en la solución de nutritiva. Estos resultados concuerdan con Savant *et al.* (1997) quienes aseguran que la eficiencia del fosforo y fertilizantes fosfatados se ve favorecida cuando se aplica en conjunto con el silicio, pues estos son absorbidos por la raíz mediante mecanismos similares, aunque también mencionan que niveles excesivos de silicio pueden afectar negativamente la absorción de este nutrimento.

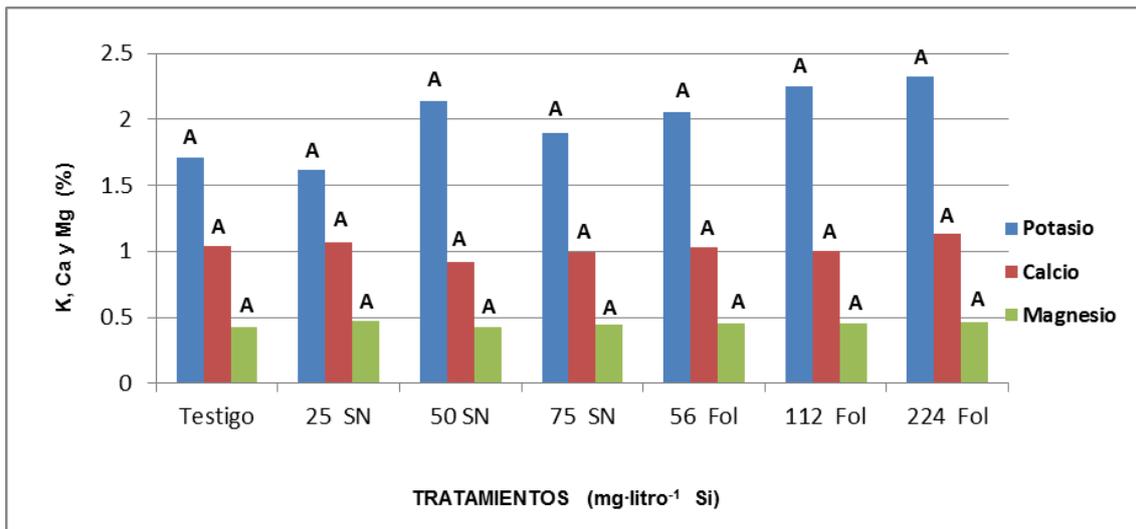


²Barras con la misma letra son iguales estadísticamente de acuerdo a la prueba de comparación de medias Tukey $P \leq 0.05$. SN: solución nutritiva; Fol: foliar.

Figura 8. Concentración de fósforo en follaje de plantas de fresa “CP Jacona” cultivada en hidroponía con diferentes dosis de silicio.

5.8.3. Potasio, Calcio, Magnesio

Para estos tres cationes no se observaron diferencias estadísticamente significativas; tampoco se observaron tendencias en cuanto a las concentraciones de silicio ni en la forma de aplicarlo. Aunque no se encontraron resultados específicos de absorción de cationes para el cultivo de fresa, en otros cultivos acumuladores de silicio como el cultivo de arroz, Wang *et al.* (2000) encontraron que al aplicarlo se mejora la absorción de potasio, calcio y magnesio, incluso de nitrógeno y fósforo.

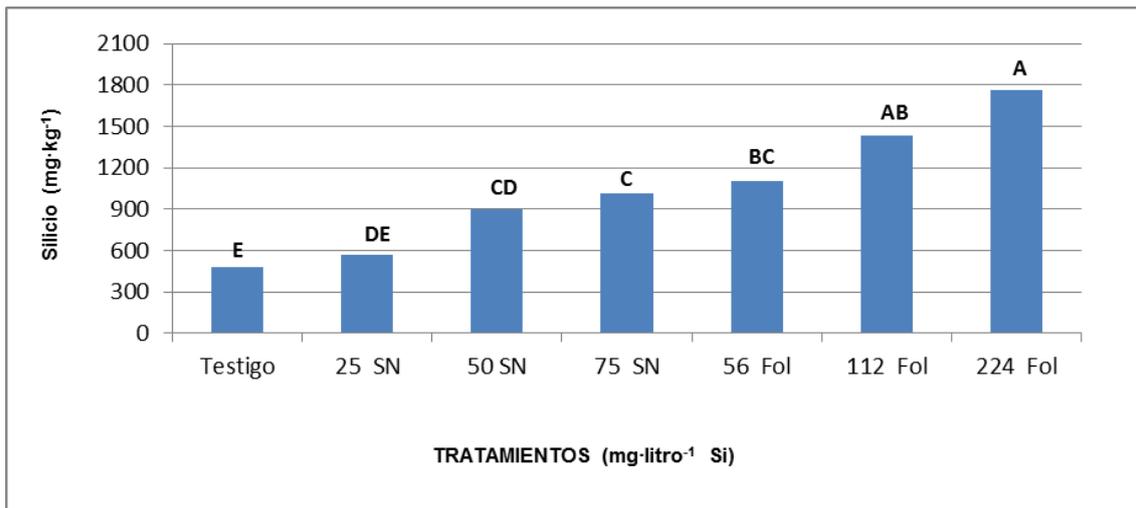


²Barras con la misma letra son iguales estadísticamente de acuerdo a la prueba de comparación de medias Tukey $P \leq 0.05$. SN: *solución nutritiva*; Fol: *foliar*.

Figura 9. Concentración de potasio, calcio y magnesio en follaje de plantas de fresa “CP Jacona” cultivada en hidroponia con diferentes dosis de silicio.

5.8.4. Silicio

Este elemento presentó una visible tendencia. La mayor concentración (1763.9 mg·kg⁻¹ de masa seca) se encontró en el tratamiento foliar con 224 mg·L⁻¹ de silicio y la menor (483.7 mg·kg⁻¹ de masa seca) se encontró en el testigo, esto representa una diferencia de 264%. Se observa una tendencia ascendente en la concentración desde el tratamiento 1 al 7 lo que corrobora los trabajos de Epstein (1994 y 1999), donde asevera que la fresa es un cultivo acumulador de silicio. Estos resultados indican también que el silicio tiende a acumularse mayormente mediante aplicaciones foliares, pues al ser absorbido directamente por el follaje no es necesaria la translocación hacia otras partes de la planta.



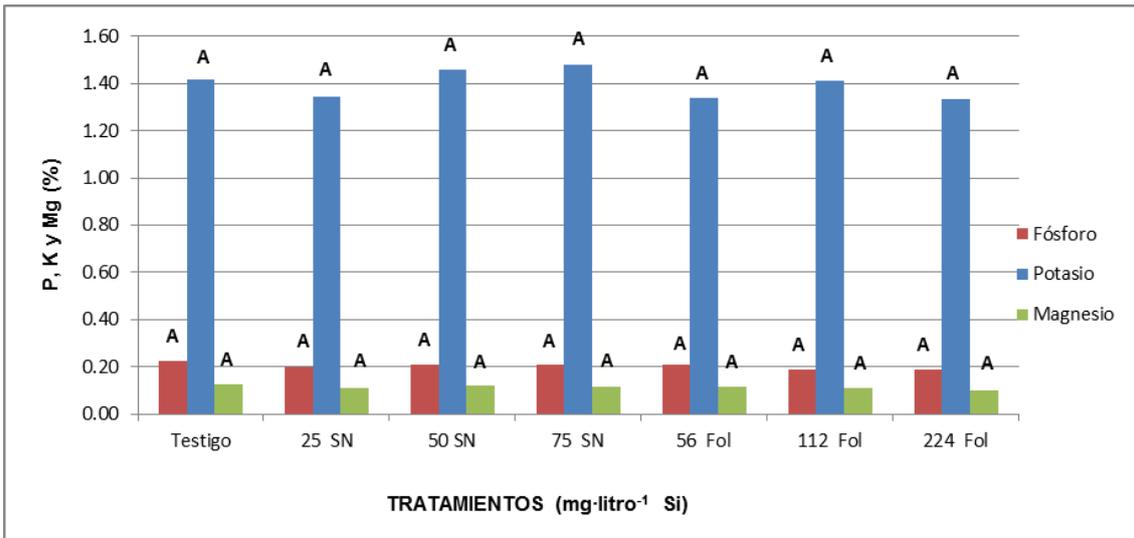
²Barras con la misma letra son iguales estadísticamente de acuerdo a la prueba de comparación de medias Tukey $P \leq 0.05$. SN: solución nutritiva; Fol: foliar.

Figura 10. Concentración de silicio en follaje de plantas de fresa “CP Jacona” cultivada en hidroponía con diferentes dosis de silicio.

5.9. Concentración nutrimental en fruto.

5.9.1. Fósforo, Potasio, Magnesio.

No se encontraron diferencias significativas en concentración de estos nutrimentos en los diferentes tratamientos, ni tendencias que pudieran estar definidas por la concentración o forma de aplicación del silicio en comparación con el tratamiento testigo.

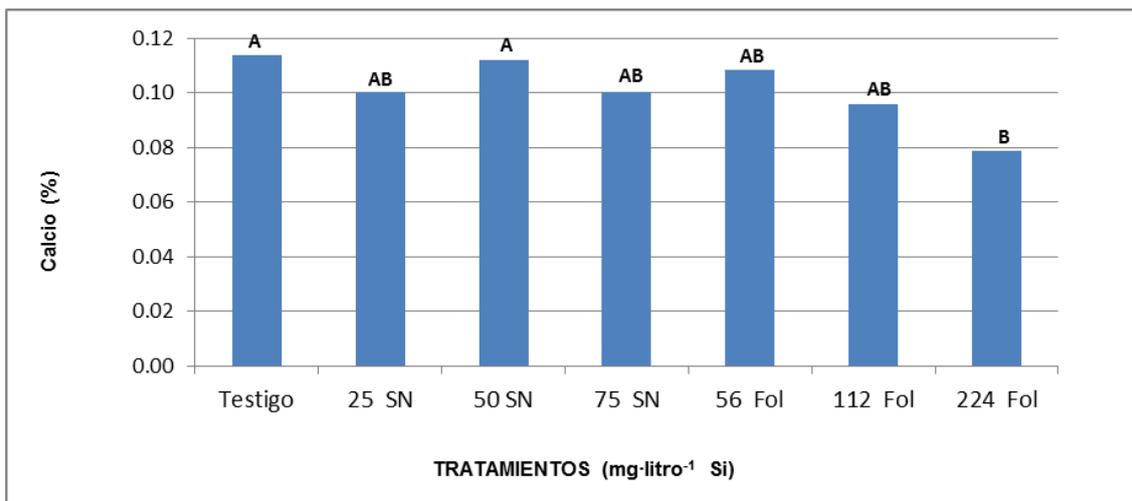


²Barras con la misma letra son iguales estadísticamente de acuerdo a la prueba de comparación de medias Tukey $P \leq 0.05$. SN: solución nutritiva; Fol: foliar.

Figura 11. Concentración de fósforo, potasio y magnesio en fruto de plantas de fresa “CP Jacona” cultivada en hidroponia con diferentes dosis de silicio.

5.9.2. Calcio

La mayor concentración fue encontrada en el tratamiento testigo (0.11% de materia seca) y cuando se aplicaron 50 mg·L⁻¹ de silicio (0.11% de materia seca), sin embargo el resto de los tratamientos no reflejaron diferencias significativas, a excepción del número siete (0.08%), lo que representa una disminución en la concentración de calcio de 28%, con respecto al testigo. Esto hace suponer que el silicio pudo haber tomado funciones estructurales al igual que el calcio en las paredes celulares del fruto.

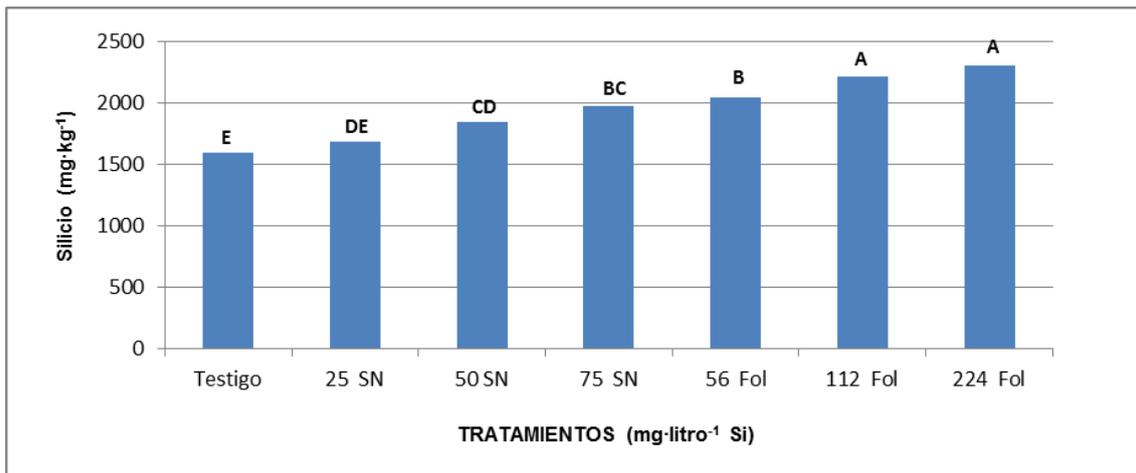


²Barras con la misma letra son iguales estadísticamente de acuerdo a la prueba de comparación de medias Tukey $P \leq 0.05$. SN: solución nutritiva; Fol: foliar.

Figura 12. Concentración de Calcio en frutos de plantas de fresa “CP Jacona” cultivada en hidroponia con diferentes dosis de silicio.

5.9.3. Silicio

La concentración mas elevada ($2301.6 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ de masa seca) se obtuvo cuando se aplicaron $224 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ de silicio mediante aspersion y la menor se encontró en el tratamiento testigo ($1593.7 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ de masa seca), representando una diferencia de concentración de 44%. Además se observa la misma tendencia ascendente en concentración desde el tratamiento 1 al 7, como se observó en el análisis de follaje pues las plantas de fresa se consideran acumuladoras de silicio. La concentración de silicio en fruto fue mayor cuando se aplicó de manera foliar con respecto a la aplicación en solución nutritiva, probablemente porque la aspersion cubre follaje y frutos, así, el elemento es absorbido y no es necesario que sea traslocado hacia otros órganos.



²Barras con la misma letra son iguales estadísticamente de acuerdo a la prueba de comparación de medias Tukey $P \leq 0.05$. SN: solución nutritiva; Fol: foliar.

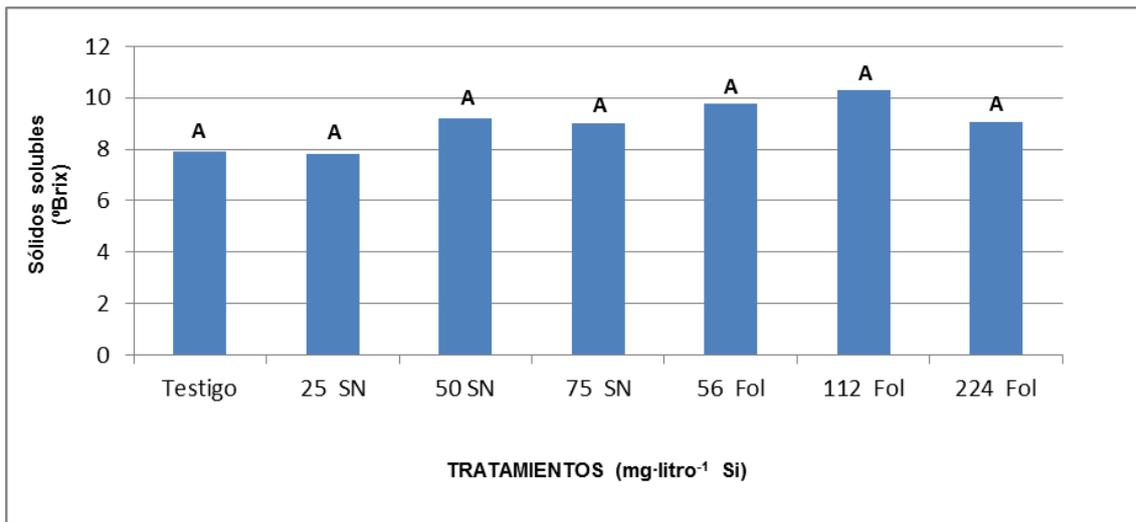
Figura 13. Concentración de Silicio en frutos de plantas de fresa “CP Jacona” cultivada en hidroponia con diferentes dosis de silicato de potasio.

5.10. Análisis químico de fruto

5.10.1. Índice de redondez y solidos solubles

No se encontraron diferencias estadísticamente significativas para el parámetro de índice de redondez; los promedios obtenidos muestran una variación mínima en la forma ovalada del fruto debido a los diferentes niveles de aplicación de silicio.

Para el caso de los solidos solubles (°Brix) no se presentaron diferencias entre tratamientos, lo que contrasta con los resultados de Savant *et al*, (1999) quienes encontraron aumentos significativos en la concentración de °Brix en el jugo de caña de azúcar producida en suelos tratados con silicio, aunque no menciona el efecto fisiológico del mismo.

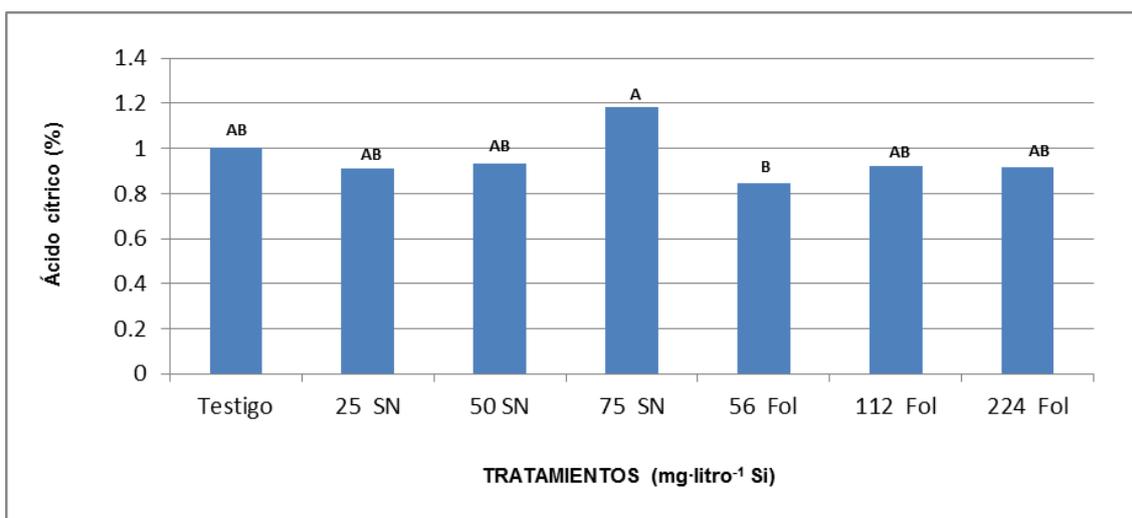


²Barras con la misma letra son iguales estadísticamente de acuerdo a la prueba de comparación de medias Tukey $P \leq 0.05$. SN: solución nutritiva; Fol: foliar.

Figura 14. Concentración de sólidos solubles en frutos de plantas de fresa “CP Jacona” cultivada en hidroponía con diferentes dosis de silicato de potasio.

5.10.2. Acidez titulable

El promedio de concentración (1.18% de ácido cítrico) más alta se obtuvo cuando se aplicaron $75 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ de silicio, el cual es 18% mayor que el testigo; aunque no demostró diferencias significativas, excepto con el tratamiento foliar con $56 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ de silicio (0.85 % de ácido cítrico), el cual también fue el promedio más bajo. Este resultado contradice las afirmaciones de Wang y Galletta (1998), quienes encontraron que a medida que se aumenta la concentración de silicio en aplicaciones foliares la concentración de ácido cítrico en la planta se incrementa; sin embargo, los autores citados, no especifican la respuesta de la concentración de ácido cítrico en fruto. Aunque no se observaron tendencias entre la concentración de ácido cítrico y la aplicación de las diferentes concentraciones de silicio, si se observa mejor respuesta cuando este nutriente es aplicado mediante la solución nutritiva.



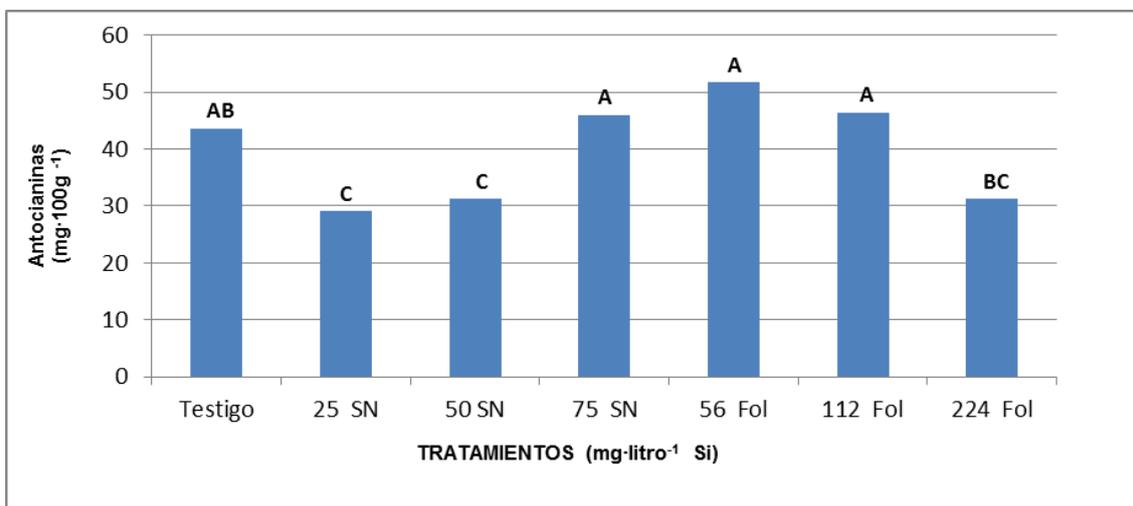
²Barras con la misma letra son iguales estadísticamente de acuerdo a la prueba de comparación de medias Tukey $P \leq 0.05$. SN: solución nutritiva; Fol: foliar.

Figura 15. Concentración de ácido cítrico en frutos de plantas de fresa “CP Jacona” cultivada en hidroponía con diferentes dosis silicio.

5.10.3. Antocianinas

El mayor promedio de concentración de antocianinas (51.72 mg/100 g de peso fresco) se obtuvo cuando se aplicó al follaje 56 mg·L⁻¹ de silicio; por el contrario, al aplicar 25 mg·L⁻¹ se obtuvo la menor concentración (29.06 mg/100 g de peso fresco), aunque no se observaron diferencias significativas con respecto al testigo, aun así, cabe destacar el tratamiento con mejor respuesta que superó al testigo por 19% en concentración. Cuando el silicio se aplica al follaje se observa una disminución en la concentración de antocianinas en el fruto a medida que se incrementa la concentración de silicio. Por el contrario, cuando se aplica mediante solución nutritiva la tendencia es contraria pues, la mayor concentración de antocianinas se observó en el tratamiento con mayor concentración de silicio (75 mg·L⁻¹ de Si en solución nutritiva). Una causa de la

variación presentada en los tratamientos con menor concentración de antocianinas pudo ser la selección de los frutos a analizar, pues estuvieron sometidos a congelación aproximadamente un mes, lo que pudo causar la variación en la concentración del pigmento en cuestión.



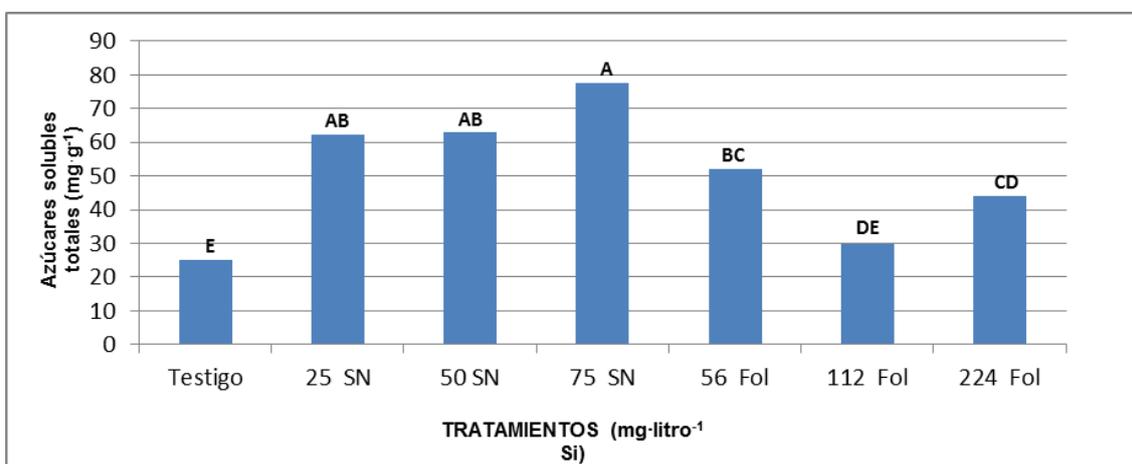
²Barras con la misma letra son iguales estadísticamente de acuerdo a la prueba de comparación de medias Tukey $P \leq 0.05$. SN: solución nutritiva; Fol: foliar.

Figura 16. Concentración de antocianinas en frutos de plantas de fresa “CP Jacona” cultivada en hidroponia con diferentes dosis silicio.

5.10.4. Azúcares solubles totales

Nuevamente la mayor concentración la presenta el tratamiento aplicado en la solución nutritiva con una concentración de 75 mg·L⁻¹ de silicio (77.72 mg·g⁻¹ de masa fresca) y la menor la presenta el tratamiento testigo (25.043 mg·g⁻¹ de masa fresca), lo que representa un notable incremento de 201%. Esta variable presentó diferencias significativas entre los tratamientos donde el silicio se aplicó mediante la solución de riego y donde se aplicó de manera foliar. En el caso de los carbohidratos, la glucosa, fructosa y sacarosa están relacionados directamente con la percepción del sabor dulce (Macías *et al.*, 2002) y la

glucosa da origen a diversos compuestos como los pertenecientes a la familia de las furanonas que forman parte del aroma de la fresa. Aunque los valores de azúcares solubles totales no se consideran elevados, existen diferencias estadísticas significativas entre el testigo y cinco de los seis tratamientos con silicio, observándose la mejor respuesta de acumulación en el tratamiento con $75 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ de silicio, que corresponde a la mayor concentración de silicio aplicado mediante la solución nutritiva, la cual también expresó valores mayores comparado con las aplicaciones foliares, no se encontró bibliografía que sustentara los resultados obtenidos.



²Barras con la misma letra son iguales estadísticamente de acuerdo a la prueba de comparación de medias Tukey $P \leq 0.05$. SN: solución nutritiva; Fol: foliar.

Figura 17. Concentración de azúcares solubles totales en frutos de plantas de fresa “CP Jacona” cultivada en hidroponía con diferentes dosis silicio.

VI. CONCLUSIONES

La aplicación de silicio afecta negativamente el rendimiento total por planta al aplicar $75 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ mediante solución nutritiva, 112 y $224 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ en aspersión foliar; el área foliar y la producción de biomasa se incrementa cuando se aplican $50 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ de silicio en solución nutritiva; la concentración de azúcares solubles totales se incrementa cuando se aplican aspersiones al follaje con $224 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ de silicio; la producción de clorofila y el número total de frutos por planta no son afectados por las aplicaciones de silicio.

La aplicación de diferentes concentraciones y formas de aplicación de silicio no afectan el estado nutricional del follaje para nitrógeno, potasio, calcio y magnesio; tampoco en fruto para fósforo, potasio y magnesio; por otra parte la concentración de fósforo en follaje se incrementa al realizar aspersiones de $224 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ de silicio, sin embargo, la concentración de calcio en fruto se afecta negativamente al aplicar la misma concentración foliar de silicio.

En el fruto la concentración de antocianinas disminuye al aplicar silicio mediante solución nutritiva en baja concentración (25 y $50 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$), por su parte, la acidez titulable varía cuando se aplican diferentes dosis de silicio foliar y mediante solución nutritiva, sin diferenciarse del testigo. En el caso de los azúcares solubles totales, el silicio incrementa notablemente su concentración en el fruto cuando es aplicado mediante solución nutritiva.

La aplicación de silicio más adecuada y práctica es mediante aspersión foliar; del mismo modo, la concentración más adecuada para aplicar el silicio mediante solución nutritiva es de $50 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, y mediante aspersiones foliares es de $56 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$.

VII. LITERATURA CITADA

- ADATIA, M. H.; BESFORD, R. T. 1986. The effect of silicon on cucumber plants grown in recirculating nutrient solution. *Ann. Bot.* 58(3):343-351.
- ALCÁNTAR, G. G.; SANDOVAL V. M. 1999. Manual de Análisis Químico de Tejido Vegetal. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Chapingo, México. 156 p.
- AOAC Association of Official Analytical Chemistry. 1980. Official Methods of Analysis. 12th Ed. Washington, D. C. U.S.A. p. 1018.
- BARREIRO, M. 1998. Las exportaciones de fresa. *Claridades agropecuarias.* 55:3-14.
- BAUMANN, T. E.; EATON, G. W.; SPANER, D. 1993. Yield components of day-neutral and short-day strawberry varieties on raised beds in British Columbia. *Horticulturae Science* 28:891-894.
- BELANGER, R. R. 1995. Soluble silicon: its rol in crop and disease management of greenhouse crops. *Plant Dis* 79:329-336.
- BOUCHER, F.; SALAS, C. 2007. La cadena productiva de fresa en México: el acceso de los productores al mercado. *Rimisp-InterCAmbios.* 77(7):4-40.
- BRAZANTI, E. C. 1989. La Fresa. Ediciones Mundi-Prensa. 15: 269-367.
- BRINGHURST, R. S.; VOTH, V.; HOOK, V. D. 1960. Relationship of root starch content and chilling history to performance of California strawberries. *Proceeding American Society for Horticultural Science.* 75: 373-381.
- CRAHER, L. E. 1971. Postharvest color promotion in cranberry with ethylene. *HortScience* 6:7-139.

- DE MELO, S. P.; MONTEIRO, F. A.; DE BONA, F. D. 2010. Silicon distribution in shoot tissue of the tropical forage grass *Brachiaria brizantha*. Plant and Soil 336(1):241-249.
- ELAWAD, S. H.; GREEN, V. E. 1979. Silicon and the rice plant environment: a review of recent research. Il Riso 28:235-253.
- EPSTEIN, E. 1994. The anomaly of silicon in plant biology. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 91:11-17.
- EPSTEIN, E. 1999. Silicon. Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Molec. Biol. 50: 641-664.
- GASCHO, G. J. 1977. Response of sugarcane to calcium silicate slag. I. Mechanisms of response in florida. Proc. Crop Sci. Soc. Fl. 37:55-58.
- HANCOCK, J. F. 1999. Strawberries. Crop Production Science in Horticulture Series, No. 11. CABI Publishing, Wallingford, UK.
- HART, J.; RIGHETTI, T.; SHEETS, A.; MARTIN, L. W. 2000. Strawberries. Fertilizer Guide Oregon State University. FG 14-E. Departement of Agriculture and Oregon Counties, extension services, Oregon. United States.
- HEIDE, O. M. (1977), Photoperiod and Temperature Interactions in Growth and Flowering of Strawberry. Physiologia Plantarum, 40: 21–26.
- LANING, F. C. 1960. Nature and distribution of silica in strawberry plants. Proc. Am. Soc. Hort. Sci. 76: 349-358.
- LIETEN, P.; HORVATH, J.; ASARD, H. 2000. Effect of silicon on albinism of strawberry. Acta Hort. (ISHS) 567:361-364.

- LUNDY, M. 2007. Análisis del sistema producto fresa en el valle de Zamora, Michoacán, México. *InterCambios*: 7:54-72.
- MA, J. F.; KAZUNORI, T.; NAOKI, Y.; NAMIKI, M.; MAKI, K.; MASAJI, I.; YOSHIKO, M. 2006. A silicon transporter in rice. *Nature* 440:688-691.
- MACÍAS, R. L.; QUERO, E.; LÓPEZ, M. G. 2002. Carbohydrate Differences in Strawberry Crowns and Fruit (*Fragaria x ananassa*) during Plant Development. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 50: 3317–3321.
- MIYAKE, Y.; TAKAHASHI, E. 1986. Effect of silicon on the growth and fruit production of strawberry plant in a solution culture. *Soil Sci Plant Nutr* 32:321–326.
- NANAYAKKARA, U. N.; UDDIN, W.; DATNOFF, L. E. 2008. Application of silicon sources increases silicon accumulation in perennial ryegrass turf on two soil types. *Plant Soil* 303:83-94.
- NAVARRO, G. G. 2003. Silicio. *In*: Química Agrícola: el suelo y los elementos químicos esenciales para la vida vegetal. Ed. Mundi-Prensa. Madrid España. pp. 425-427.
- PALMER, S.; SCOTT, E.; STANGOULLIS, J.; AMANDA, J. 2006. The effect of foliar-applied Ca and Si on the severity of powdery mildew in two strawberry cultivars. *Acta Hort. (ISHS)* 708:135-140.
- SANCHEZ, S. J. L. 2006. Producción orgánica de fresa en tubos de PVC. Universidad Autónoma de Sinaloa. pp. 1-4.
- SAS INSTITUTE INC. 2006. Base SAS 9.1.3 Procedures Guide, Second Edition, Volumes 1, 2, 3, and 4. Cary, NC: SAS Institute Inc. 1906p.

- SAVANT, N. K.; SNYDER, G. T.; DATNOFF, L. E. 1997. Silicon management and sustainable rice production. *Advances in agronomy* 58:151 - 199.
- SAVANT, N. K.; KORNDORFER, G. H.; DATNOFF, L. E.; SNYDER, G. H. 1999. Silicon nutrition and sugarcane production: a review. *J. Plant Nutr.* 22:1853-1903.
- SHOKAEVA, D. 2007. Important features of strawberry genotypes and peculiarities of inheritance. *Sodininkyste ir darz ininkyste.* 26:102-114.
- SIAP. 2010. Cierre de producción agrícola por cultivo. <http://www.siap.gob.mx> (Consultada, Marzo 1 de 2011).
- STEINER, A.A. 1984. The universal nutrient solution. pp. 633-650. In: *Proceedings 6th International Congress on Soils Culture.* Wageningen. The Netherlands.
- STRIK, B. C.; PROCTOR, J. T. A. 1998. The importance of growth during flower and differentiation to maximizing yield in strawberry genotypes. *Fruit Var. J.* 42:45-48.
- TISDALE, S.; NELSON, W.; HAVLIN, J.; BEATON, J. 1999. *Soil Fertility and Fertilizers. An introduction a nutrient management.* Prentice-Hall. New Jersey. USA. 503p.
- VEGA, D. R. 2007. *Historia de la introducción del cultivo de fresa al valle de Zamora, Michoacán. (1938-2006).* Segunda edición. Fundación Produce Michoacán, Michoacán, México.
- VERHEUL, M. J.; SØNSTEBY, A.; SVEIN, O. G. 2006. Influences of day and night temperatures on flowering of *Fragaria x ananassa* Duch., cvs. Korona and Elsanta, at different photoperiods. *Scientia Horticulturae,* 112(2): 200-206.

- VOOGTH, W.; SONNEVELD, C. 2001. Silicon in horticultural crops grown in soilless culture. *Studies in Plant Science*. 8:115–131.
- WANG, S.; CAMP, M. J. 2000. Temperatures after bloom effect plant growth and fruit quality of strawberry. *Scientia Horticulturae* 85:183-199.
- WANG, H.; LI, C.; LIANG, Y. 2000. Agricultural utilization of silicon in China. In: *Silicon in agriculture*, Eds. Datnoff, L. E., Snyder, G. H., and Korndorfer, G. H. Elsevier Science, The Netherlands.
- 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. N.Y. 245p.
- YOSHIDA, S.; NAVASERO, S. A.; RAMIREZ, E. A. 1969. Effects of silica and nitrogen supply on some leaf characters of rice plants. *Plant Soil* 31:48-56.

VIII. ANEXOS

Cuadro 1A. Rendimiento y características del follaje determinados mediante análisis químico de plantas de fresa hidropónica bajo invernadero.

TRATAMIENTO	RENDIMIENTO		ÁREA FOLIAR		BIOMASA		CLOROFILA (mg/g d tejido)			AZUC. SOL. TOTALES						
	mg·L ⁻¹ Si	TOTAL (gr)	No. FRUTOS	TOTAL (cm2)	PESO SECO (gr)	"a"	"b"	TOTAL	mg/g masa fresca							
Testigo	172.43	A	14.00	A	1433.80	B	5.75	AB	1.65	A	0.65	A	2.30	A	13.05	C
25 S. N.	176.40	A	17.75	A	1087.80	BC	5.15	B	1.77	A	0.67	A	2.44	A	17.47	ABC
50 S. N.	166.73	AB	16.25	A	1885.00	A	6.83	A	1.41	A	0.53	A	1.94	A	15.77	BC
75 S. N.	116.60	C	12.50	A	1074.00	C	5.50	AB	1.52	A	0.71	A	2.23	A	18.30	AB
56 Fol.	135.03	ABC	16.00	A	1222.30	BC	6.00	AB	1.72	A	0.66	A	2.39	A	16.46	BC
112 Fol.	123.78	BC	12.75	A	928.50	CD	5.70	AB	1.59	A	0.61	A	2.21	A	15.91	BC
224 Fol.	120.93	C	13.75	A	698.50	D	4.95	B	1.63	A	0.67	A	2.30	A	21.64	A
DMS	44.20		6.01		488.44		1.38		0.47		0.30		0.68		4.44	
CV	13.30		17.80		17.14		10.56		12.78		20.36		13.08		9.41	

^z Medias con la misma letra, dentro de columnas, son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$.

Cuadro 2A. Estado nutrimental de macronutrientes del follaje obtenido mediante análisis químico de plantas de fresa hidropónica bajo invernadero.

TRATAMIENTO	NITROGENO		FOSFORO		POTASIO		CALCIO		MAGNESIO		SILICIO	
	mg·L ⁻¹ Si	%	%	%	%	%	%	%	mg·kg ⁻¹			
Testigo	1.16	AB	0.45	BC	1.71	A	1.04	A	0.43	A	483.70	E
25 S. N.	0.98	B	0.42	C	1.60	A	1.07	A	0.47	A	571.40	DE
50 S. N.	1.21	A	0.41	C	2.14	A	0.92	A	0.43	A	894.30	CD
75 S. N.	0.96	B	0.43	BC	1.90	A	0.99	A	0.44	A	1011.50	C
56 Fol.	0.98	B	0.50	ABC	2.05	A	1.03	A	0.45	A	1107.50	BC
112 Fol.	1.01	AB	0.54	AB	2.26	A	1.00	A	0.45	A	1435.70	AB
224 Fol.	1.14	AB	0.60	A	2.32	A	1.13	A	0.46	A	1763.90	A
DMS	0.24		0.15		0.81		0.24		0.10		365.30	
CV	9.79		13.02		17.41		10.14		9.64		15.64	

^z Medias con la misma letra, dentro de columnas, son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$. SN: solución nutritiva; Fol: foliar.

Cuadro 3A. Estado nutrimental de macronutrientes del fruto obtenido mediante análisis químico de plantas de fresa hidropónica bajo invernadero.

TRATAMIENTO mg·L ⁻¹ Si	NITROGENO		FOSFORO		POTASIO		CALCIO		MAGNESIO		SILICIO	
	%		%		%		%		%		mg·kg ⁻¹	
Testigo 0	0.49		0.23	A	1.42	A	0.11	A	0.13	A	1593.67	E
25 SN	0.66		0.20	A	1.34	A	0.10	AB	0.11	A	1684.40	DE
50 SN	0.94		0.21	A	1.46	A	0.11	A	0.12	A	1843.70	CD
75 SN	0.94		0.21	A	1.48	A	0.10	AB	0.12	A	1970.87	BC
56 Fol	0.76		0.21	A	1.34	A	0.11	AB	0.11	A	2044.77	B
112 Fol	0.83		0.19	A	1.41	A	0.09	AB	0.11	A	2212.00	A
224 Fol	0.97		0.19	A	1.30	A	0.08	B	0.10	A	2301.60	A
DMS			0.06		0.57		0.03		0.03		163.59	
CV			10.75		14.55		11.02		9.68		3.00	

^z Medias con la misma letra, dentro de columnas, son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$.

Cuadro 4A. Propiedades organolépticas de los frutos obtenidos de plantas de fresa hidropónica bajo invernadero.

TRATAMIENTO mg·L ⁻¹ Si	I. REDONDEZ		SOLIDOS SOLUBLES °BRIX		AC. TITULABLE		ANTOCIANINAS		AZUCARES SOLUBLES TOTALES	
					% Ac. Cítrico		mg/100g de masa fresco		mg/g de masa fresca	
Testigo 0	1.23	A	7.93	A	1.00	AB	43.48	AB	25.04	E
25 SN	1.22	A	7.80	A	0.91	AB	29.06	C	62.29	AB
50 SN	1.21	A	9.20	A	0.93	AB	31.26	C	62.98	AB
75 SN	1.17	A	9.00	A	1.18	A	45.89	A	77.72	A
56 Fol	1.24	A	9.78	A	0.85	B	51.72	A	52.18	BC
112 Fol	1.22	A	10.28	A	0.92	AB	46.47	A	30.01	DE
224 Fol	1.21	A	9.08	A	0.92	AB	31.31	BC	44.06	CD
DMS	0.12		3.01		0.31		12.22		16.71	
CV	4.40		14.54		14.31		10.99		11.84	

^z Medias con la misma letra, dentro de columnas, son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$.