

Universidad Autónoma de Nayarit

POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICO AGROPECUARIAS



INCREMENTO DE LA CALIDAD DE FRESA MEDIANTE CONCENTRACIONES DE K y Ca EN LA SOLUCIÓN NUTRITIVA

PRESENTA:

ING. LUIS ALFREDO ESCORCIA LUNA

DIRECTOR:

DR. RUBÉN BUGARÍN MONTOYA

Tesis presentada como requisito parcial para la obtención de grado en: Maestría en
Ciencias en el área de Ciencias Agrícolas.

XALISCO, NAYARIT. DICIEMBRE 2018.

Universidad Autónoma de Nayarit

POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICO AGROPECUARIAS



INCREMENTO DE LA CALIDAD DE FRESA MEDIANTE CONCENTRACIONES DE K y Ca EN LA SOLUCIÓN NUTRITIVA

PRESENTA

ING. LUIS ALFREDO ESCORCIA LUNA

Tesis presentada como requisito parcial para la obtención de grado de: Maestría en
Ciencias en el área de Ciencias Agrícolas.

COMITÉ TUTORIAL:

Director: Dr. Rubén Bugarin Montoya

Co-Director: Dr. Gregorio Luna Esquivel

Asesor: Dr. Gelacio Alejo Santiago

Asesor: Dra. Cecilia R. Juárez Rosete

Asesor: Dr. Guillermo Calderón Zavala

Xalisco, Nayarit. Diciembre 2018.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por brindarme la oportunidad de ser beneficiado como becario para la realización de mis estudios de posgrado, así también al Posgrado en Ciencias Biológico Agropecuarias (CBAP) por su calidad académica, servicios y las instalaciones que me facilitaron durante el desarrollo de mis estudios.

Expreso mi agradecimiento a la Universidad Autónoma de Nayarit (UAN) y a la Unidad Académica de Agricultura (UAA), por ser la cuna de mi base profesional.

Ofrezco mi más sincero agradecimiento y respeto al Dr. Rubén Bugarín Montoya por su sabiduría y paciencia que me brindó durante mi etapa como su estudiante de posgrado.

Agradezco infinitamente al Dr. Gregorio Luna Esquivel por su constante apoyo incondicional en mi superación profesional y personal, su guía y sus acertados comentarios que fueron de suma importancia y que motivaron a la culminación de mis estudios.

Quiero agradecer a quienes conformaron mi comité de asesores, al Dr. Gelacio Alejo Santiago, Dra. Cecilia R. Juárez Rosete y al Dr. Guillermo Calderón Zavala por su invaluable apoyo y observaciones en esta investigación.

Agradezco a mis amigos y compañeros; Eric, Jorge, Emanuel, Conrado, Fredy, Ndahita, Andrea, Aldo, y demás personas que no mencioné pero que de igual manera saben que me ayudaron con sus consejos y motivación cada día para continuar y finalizar mis estudios.

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS	5
RESUMEN	6
I. INTRODUCCIÓN	7
1.1 Hipótesis.....	7
1.2 Objetivo general	8
1.3 Objetivos específicos	8
II. REVISIÓN DE LITERATURA	8
2.1 Calidad de frutos de fresa.....	8
2.2.1 Calcio en la calidad de frutos de fresa	9
2.2.2 Potasio en la calidad de frutos de fresa	10
III. CONCENTRACIÓN DE K ⁺ , Ca ²⁺ Y NH ₄ ⁺ EN LA PRODUCCIÓN Y CALIDAD DEL FRUTO Y BROTACIÓN VEGETATIVA DE CUATRO CULTIVARES DE FRESA	11
RESUMEN	12
PALABRAS CLAVE.....	12
ABSTRAC.....	12
KEYWORDS.....	13
Introducción	13
Materiales y Métodos	14
Crecimiento vegetativo y producción de fruto	17
Calidad postcosecha del fruto	20
Conclusiones	24
Referencias Bibliográficas	24
VI. CONCLUSIONES GENERALES	29
VI. LITERATURA CITADA.....	30

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Chemical composition of the nutritient solutions used in the hydroponic cultivation of four strawberry cultivars	15
Tabla 2. Results of the analysis of variance for the variables of growth, production and quality of fruit strawberry cultivars in hydroponic solutions.	17
Tabla 3. Effect of interaction between strawberry cultivars and nutrient solution in growth and yield, under greenhouse conditions.	19
Tabla 4. Table 4. Effect of the interaction between strawberry cultivars and nutrient solution on fruit quality	22

RESUMEN

El objetivo fue evaluar el efecto de la concentración de K^+ , Ca^{2+} y la relación $25(NH_4^+):75(NO_3^-)$ en la brotación vegetativa, producción y calidad del fruto de cuatro cultivares de fresa (Festival, Monterey, Zamorana y CP-LE-07) en cultivo hidropónico en sustrato durante la etapa vegetativa-floración, floración-fructificación y calidad postcosecha. Se utilizó la solución nutritiva (SN) de Steiner (1961) modificando únicamente las concentraciones de potasio (1.75 y 5.25 meq L^{-1}), calcio (2.25 , 4.5 y 6.75 meq L^{-1}) y amonio (1.5 meq L^{-1}) manteniendo las características de una solución nutritiva. En la etapa vegetativa-floración se contabilizó el número de hojas, estolones e hijuelos. En la etapa floración-fructificación se cuantificó la producción de fruto por planta. La calidad postcosecha se evaluó con el peso, diámetro y longitud de fruto, firmeza, color (parámetros L^* , a^* , b^* , matiz e intensidad), sólidos solubles totales, acidez titulable, pH y la relación $^{\circ}Brix/Acidez$ Titulable. En las variables de brotación vegetativa se encontró diferencias altamente significativas en ambos factores de estudio solución nutritiva y cultivares, la producción por planta no mostró diferencias en la SN. En la calidad postcosecha del fruto se observaron diferencias altamente significativas para $^{\circ}Brix$, Firmeza y la relación $^{\circ}Brix/Acidez$ Titulable en el factor solución nutritiva. En la mayoría de las variables estudiadas, los cultivares de fresa tuvieron una respuesta interactiva con las soluciones nutritivas.

I. INTRODUCCIÓN

El éxito del cultivo comercial de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) depende principalmente de la calidad del fruto y producción por planta, los cuales tienen una relación estrecha con el genotipo, condiciones ambientales y el estado nutrimental del cultivo (Taghavi and Folta, 2014). La calidad de frutos de fresas está condicionada por la el cultivar, pero es posible mejorarla con un adecuado manejo nutrimental (Nestby *et al.*, 2005; Caruso *et al.*, 2011). En referencia a la nutrición mineral y su relación con la calidad de frutos de fresa, se han encontrado resultados diferentes. Existen reportes que el empleo de dosis crecientes de N (Cantliffe *et al.*, 2007) y Ca (Correia *et al.*, 2011) no influyeron en la calidad de fresa. Sin embargo, en otras investigaciones indican que un adecuado suministro de K y Ca en la solución nutritiva, durante la etapa reproductiva, tuvieron un efecto positivo en la calidad de fresa (Nestby *et al.*, 2005). Así mismo, De la Cruz *et al.* (2012) reportaron que la aplicación de K, Ca y silicio (Si), en cv. Jacona promovió una mayor producción, sus frutos obtuvieron mayor acidez titulable, menor pH, elevado contenido de antocianinas, alta concentración de solubles totales y una mayor calidad sensorial en frutos de la variedad Festival. Por su parte, Andriolo *et al.* (2009) mencionaron que el aumento de la concentración de K de 4.28 a 9 meq L⁻¹ en la solución nutritiva, disminuyó el crecimiento, producción y calidad organoléptica de los frutos de fresa. Nestby *et al.* (2005) mencionaron que la aplicación de K no tiene efecto en el pH del fruto, firmeza ni en la concentración de sólidos solubles totales. Para lograr que los cultivos expresen su máximo potencial de rendimiento y calidad en sistemas hidropónicos, es necesario que exista un adecuado balance y concentración de cada nutriente en la solución nutritiva (Ashraf y Foolad, 2007). En este sentido, resulta importante encontrar el equilibrio en la concentración de los iones K⁺, Ca²⁺ y NH₄⁺ en la solución nutritiva que permita obtener la mayor calidad posible de frutos de fresa y una mayor producción en sistemas hidropónicos.

1.1 Hipótesis

El incremento de las concentraciones de K y Ca en la solución nutritiva durante la etapa de floración-fructificación, promueve un aumento importante en la producción y calidad de infrutescencias en cuatro genotipos de fresa cultivada en un sistema hidropónico.

1.2 Objetivo general

Estudiar la respuesta agronómica en la producción y calidad de infrutescencias de cuatro genotipos de fresa en cultivo hidropónico, al variar las concentraciones de K, Ca y NH_4^+ en la solución nutritiva durante la etapa de floración-fructificación.

1.3 Objetivos específicos

1.3.1. Cuantificar la producción y valorar la calidad de infrutescencias de cuatro genotipos de fresa en cultivo hidropónico en sustrato, al variar las concentraciones de K, Ca en la solución nutritiva.

1.3.2. Determinar los efectos de la adición o no de NH_4^+ en la solución nutritiva, en la producción y calidad de cuatro cultivares de fresa.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Calidad de frutos de fresa

En el cultivo de fresa existen dos etapas fenológicas que determinan el éxito de este cultivo, independientemente del cultivar, la primera que corresponde de la etapa vegetativa a floración y la segunda, desde floración a fructificación (Taghavi and Folta, 2014). Durante estas etapas es importante el manejo de la nutrición, que permita obtener los máximos rendimientos y la mejor calidad de fruto.

La calidad de frutos de fresa se determina principalmente por la apariencia física como es el caso del calibre, color, forma, y ausencia de defectos; y parámetros químicos como son los sólidos solubles totales (SST) representados en °Brix, acidez titulable (AT), pH, índice de madurez y firmeza. El color superficial es el indicador más importante de la calidad y madurez, de él depende el contenido de antocianinas (Martínez-Soto *et al.*, 2007). La firmeza está determinada por la concentración de N, Ca y K, por ello si la planta no es abastecida con una nutrición equilibrada de estos nutrimentos se producen frutos blandos que afectan su vida postcosecha y calidad sensorial (Chow *et al.*, 2004). Los atributos de calidad en

caracteres internos se refieren a las sensaciones percibidas por el consumidor como el dulzor, sabor y aroma (Martínez-Soto *et al.*, 2007).

La calidad de frutos de fresas está condicionada por el cultivar pero también puede mejorar con un manejo adecuado de la nutrición mineral. Esto ha generado contradicciones por varios autores. Por ejemplo, Nestby *et al.* (2005) y Caruso *et al.* (2004) mencionaron que la calidad de fruto tiene estrecha relación con la nutrición mineral, pero Cantliffe *et al.* (2007) y Correia *et al.* (2011) no encontraron diferencias cuando estudiaron los efectos en aplicaciones de N o Ca en plantas para los atributos de calidad del fruto.

2.2.1 Calcio en la calidad de frutos de fresa

El Ca es un componente estructural importante de la pared celular vegetal, implicado en la elongación y división celular, así como la permeabilidad de las membranas celulares. Regula la translocación de carbohidratos y la absorción de nitrógeno, contrarresta los efectos del exceso o acumulación del potasio, sodio y magnesio (Urrestarazu, 2006) y se encuentra en la materia seca, en concentraciones que van del 0.2 y el 3.0 % (Favela *et al.*, 2006).

El calcio y el potasio tienen un efecto sobre la absorción de agua, puesto que el potasio aumenta la absorción de agua y el calcio tiende a disminuirla. Los excesos pueden provocar deficiencias en la absorción de potasio, inducir a la clorosis férrica e inmovilizar el zinc, fósforo y cobre (Navarro y Navarro, 2003).

De la Cruz *et al.* (2012) reportaron que la aplicación en aumento de K, Ca y silicio (Si), en fresa cv. Jacona tuvo mayor producción, sus frutos obtuvieron mayor acidez titulable, menor pH, elevado contenido de antocianinas, elevada concentración de azúcares solubles totales y mayor calidad sensorial en frutos del cultivar Festival.

Romero *et al.*, (2006) explicaron que el Ca después de acumularse entre la pared celular y la lámina media, interacciona con el ácido péctico para formar pectato de calcio, reestructurando la integridad de ambas estructuras y que en la medida que aumentan sus concentraciones tiende a existir un incremento de la firmeza, disminución de la intensidad respiratoria y menor sensibilidad del fruto a diversos desórdenes fisiológicos.

Las plantas de fresa con deficiencia de calcio se deforman, no maduran y se mantienen pequeñas (Lineberry y Burkhart, 1943; Nestby *et al.*, 2004). Cuando se realizan aplicaciones de calcio en la nutrición hay un aumento en la resistencia del fruto, y un mayor contenido de ácido ascórbico (Jeong *et al.*, 2001). Raynal y Carmentran (2001) mencionaron que una alta fertilización con calcio, reduce la acidez del fruto y disminuye su calidad visual después de la cosecha.

El contenido de Ca aumenta con la edad de la planta y se acumula de manera irreversible en los tejidos viejos, lo que propicia un desarrollo deficiente en los órganos jóvenes y limita su crecimiento. Los síntomas se presentan como una necrosis en los tejidos (Favela *et al.*, 2006).

2.2.2 Potasio en la calidad de frutos de fresa

El potasio es un importante activador de procesos fisiológicos, como son la presión de la turgencia de las células, apertura y cierre de estomas, promueve la acumulación y la rápida translocación de los carbohidratos. El contenido de K se considera deficiente o excesivo cuando su nivel es menor de 1.5 ó mayor de 3.0 %, respectivamente (Favela *et al.*, 2006). Interviene en la estabilización del pH celular, contrarresta la carga negativa de ácidos orgánicos y aniones orgánicos, tales como Cl^- y SO_4^{2-} (Urrestarazu, 2000). La acumulación de potasio en un cultivo anual ocurre durante la floración (González-Eguiarte *et al.*, 1991).

El potasio interactúa en la absorción de otros elementos; tal es el caso de la interacción potasio-calcio. Los excesos de potasio reducen la absorción de calcio; por el contrario, el calcio favorece la absorción de potasio, ya que aquel es un cofactor en la utilización del complejo de K-transportador, sintetizado en el proceso de absorción activa del potasio (Alcantar y Trejo, 2006).

En la etapa de floración y fructificación, la aplicación de niveles altos de N y K aumenta el peso y número de frutos, lo que se traduce en incremento de rendimiento. Pero el porcentaje de azúcares reductores disminuye con el incremento de la concentración de nitrógeno y potasio sin que sea un factor que necesariamente determine su calidad comercial (Jara y Suni, 1999).

Andriolo *et al.* (2009) mencionaron que el aumento de la concentración de potasio de 4.28 a 9 mmol^{-1} en la solución nutritiva, disminuye el crecimiento, producción y calidad

organoléptica de los frutos de fresa. Sin embargo, Nestby *et al.* (2005) mencionaron que la aplicación de potasio no tiene efecto en el pH del fruto, firmeza ni en la concentración de sólidos solubles. Así mismo, en un trabajo realizado por Lázaro *et al.* (2013) se obtuvo un pH de 3.6 en fruto, con aplicaciones de 100 y 150 kg ha⁻¹ de N y K₂O respectivamente; el pH es determinante para el contenido de antocianinas, estas dan la tonalidad del color rojo en los frutos de fresas, con pH ácido de 3.5 es adecuado para la industria, mientras que para consumo en fresco se prefieren frutas menos ácidas.

La deficiencia de potasio en fresa puede causar muerte del cáliz, marchitamiento del pedicelo y pedúnculos, dando como resultado frutos deshidratados. Al incrementar los niveles de potasio reduce el tamaño del fruto. En un sistema hidropónico cerrado, una absorción excesiva de potasio reduce la calidad del fruto por bajo contenido de azúcares, en plantas con deficiencia de potasio, existen fallas al colorear el fruto, además toma textura pulposa y es insípido (Nestby *et al.*, 2005). En sistema hidropónico la capacidad antioxidante de la fresa es afectada al aumentar el nivel de potasio en la solución nutritiva (Luna *et al.*, 2016).

III. CONCENTRACIÓN DE K⁺, Ca²⁺ Y NH₄⁺ EN LA PRODUCCIÓN Y CALIDAD DEL FRUTO Y BROTAÇÃO VEGETATIVA DE CUATRO CULTIVARES DE FRESA

Soluciones nutritivas en fresa

CONCENTRATION OF K⁺, Ca²⁺ AND NH₄⁺ IN YIELD, FRUIT QUALITY AND VEGETATIVE SPROUTING OF FOUR CULTIVARS OF STRAWBERRY

Nutrient solutions in strawberry

Escorcia Luna, L. A.¹ Bugarin Montoya, R.¹ Luna Esquivel, G.¹ Alejo Santiago, G.¹ Juárez Rosete, C. R.¹ Zavala Calderón, G.² Sánchez García, P.²

¹Posgrado en Ciencias Biológico Agropecuarias, Unidad Académica de Agricultura de la Universidad Autónoma de Nayarit, Carretera Tepic-Compostela, Km 9. C.P. 63789. Xalisco, Nayarit, México. (Autor correspondiente: Rubén Bugarín Montoya Correo-e: drbugarin@hotmail.com, tel.: +52 3111266275; ORCID 0000-0002-2652-0368). ²Colegio de Posgraduados. Carretera México-Texcoco, Km 36.5. C.P. 56230. Montecillo, Estado de México, México.

RESUMEN

La composición de la solución nutritiva es determinante en el desarrollo vegetativo, rendimiento y calidad de frutos en fresa. El objetivo fue evaluar el efecto de soluciones nutritivas con diferentes concentraciones de K^+ , Ca^{2+} y presencia o no de amonio en el crecimiento vegetativo, producción y calidad del fruto de cuatro cultivares de fresa: Festival, Monterey, Zamorana y CP-LE-07, en cultivo hidropónico en roca volcánica basáltica roja, durante las etapas vegetativa-floración, floración-fructificación y calidad postcosecha. Se utilizó la solución nutritiva de Steiner (1961) modificando las concentraciones en $meq L^{-1}$ de K^+ 1.75 y 5.25, Ca^{2+} 2.25, 4.5 y 6.75, y NH_4^+ 1.5. En la etapa vegetativa-floración se cuantificó el número de hojas, estolones e hijuelos. En la etapa floración-fructificación se determinó la producción de fruto por planta. La calidad de frutos se evaluó mediante el peso fresco, diámetro y longitud de fruto, firmeza, color, sólidos solubles totales, acidez titulable, pH y la relación °Brix/Acidez titulable. En las variables de brotación vegetativa, hubo diferencias altamente significativas en los dos factores de estudio: solución nutritiva y cultivares. Existió un efecto interactivo entre ambos factores. La producción por planta no mostró diferencias en el factor solución nutritiva. En la calidad postcosecha del fruto hubo diferencias altamente significativas para °Brix, firmeza y la relación °Brix/Acidez titulable en el factor solución nutritiva.

PALABRAS CLAVE

Solución nutritiva, cultivares de fresa, calidad postcosecha.

ABSTRAC

The nutrient solution composition is determinant in growth, vegetative development and fruit quality in strawberry. The objective was to evaluate the effect of nutrient solutions with different concentrations of K^+ , Ca^{2+} and presence or absence of ammonium in the vegetative sprouting, production and fruit quality of four cultivars of strawberry (Festival, Monterey, Zamorana and CP-LE-07) in hydroponic culture on substrate during the vegetative-flowering stage, flowering-fruiting and post-harvest quality. The nutritive solution of Steiner (1961) was used modifying the potassium concentrations (1.75 and 5.25 $meq L^{-1}$), calcium (2.25, 4.5 and 6.75 $meq L^{-1}$) and ammonium (1.5 $meq L^{-1}$). In the vegetative-flowering stage, number of leaves, runners and daughters plants were quantified. In the flowering-fruiting stage production of fruit per plant was recorder. The post-harvest quality was evaluated with

fresh weight, diameter and length of fruit, firmness, color (parameters L*, a*, b*, hue and intensity), total soluble solids, titratable acidity, pH and the ratio °Brix / Titratable Acidity. In the variables of vegetative sprouting, highly significant differences were found in the two study factors, the production per plant did not show differences in the nutritive solution factor. In the post-harvest quality of the fruit, highly significant differences were observed for °Brix, Firmness and the °Brix / Titratable Acidity ratio in the nutrient solution factor.

KEYWORDS

Nutrient solution, strawberry cultivars, postharvest quality.

Introducción

El éxito del cultivo comercial de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) depende principalmente de la calidad del fruto y producción por planta, los cuales tienen una relación estrecha con el genotipo, condiciones ambientales y el estado nutricional del cultivo (Taghavi y Folta, 2014). La calidad de frutos de fresas está condicionada por el cultivar, pero es posible mejorarla con un adecuado manejo nutricional (Nestby *et al.*, 2005 y Caruso *et al.*, 2011). Existen reportes que el empleo de dosis crecientes de N (Cantliffe *et al.*, 2007) y Ca (Correia *et al.*, 2011) no influyeron en la calidad de fresa. Sin embargo, otras investigaciones indican que un adecuado suministro de K y Ca en la solución nutritiva (SN) durante la etapa reproductiva, tuvieron un efecto positivo en la calidad de fresa (Nestby *et al.*, 2005). De la Cruz *et al.* (2012) reportaron que la aplicación de K, Ca y Si, en fresa cv Jacona, promovió una mayor producción, sus frutos obtuvieron mayor acidez titulable, menor pH, elevado contenido de antocianinas, alta concentración de azúcares solubles totales y una mayor calidad sensorial en frutos del cv. Festival. Por su parte, Andriolo *et al.* (2009) mencionaron que el aumento de la concentración de K de 4.28 a 9 meq L⁻¹ en la SN, disminuyó el crecimiento, producción y calidad organoléptica de los frutos de fresa. Nestby *et al.* (2005) reportaron que la aplicación de K no tuvo efecto en el pH del fruto, firmeza y concentración de sólidos solubles totales. Para lograr que los cultivos expresen su máximo potencial de rendimiento y calidad en sistemas hidropónicos, es necesario que exista un adecuado balance de concentraciones de cada nutriente en la SN (Ashraf y Foolad, 2007). En este sentido, resulta importante encontrar el equilibrio en la concentración de los iones K⁺, Ca²⁺ y NH₄⁺ en la SN que permita obtener la mayor calidad posible de frutos de fresa y una mayor

producción por planta en sistemas hidropónicos. El objetivo de este estudio fue evaluar diferentes soluciones nutritivas con diferentes concentraciones de K^+ , Ca^{2+} y NH_4^+ , en el crecimiento vegetativo, producción y calidad de fruto de cuatro genotipos de fresa en cultivo hidropónico en sustrato de roca volcánica.

Materiales y Métodos

La investigación se realizó de agosto de 2016 a junio de 2017 en un invernadero cubierto con polietileno blanco translúcido, calibre 720, aditivo UV y porcentaje de sombra 35%, sin control climático ubicado en las instalaciones de la Unidad Académica de Agricultura de la Universidad Autónoma de Nayarit, a los $21^{\circ} 26' LN$ y a $104^{\circ} 55' LO$ del meridiano de Greenwich, a una altitud de 984 m. Los cultivares de fresa que se evaluaron fueron: 'Festival', 'Monterey', 'Zamorana' y 'CP-LE-07'. Las plantas de fresa se cultivaron en escoria volcánica basáltica, conocido comúnmente en México como tezontle rojo, con una granulometría de 3 a 10 mm, en bolsas de polietileno bicapa, color blanco por fuera y negro en su interior, calibre 800 con aditivo UV y capacidad de 15 L. La distribución de las bolsas de cultivo fue en espaciamiento de 30 cm entre planta y 160 cm entre hilera. El sistema de riego estuvo conformado por seis contenedores de plástico con 450 L de capacidad conectados a una bomba de $\frac{1}{2}$ HP. Se utilizó riego por goteo tipo araña con emisores de $8 L h^{-1}$ y líneas regantes de 127 mm de diámetro, de los cuales se derivaron cuatro goteros de $2 L h^{-1}$, y se colocaron dos goteros por contenedor hidropónico, fijados con estacas de plástico para distribuir las soluciones nutritivas en cada tratamiento. Se aplicó la SN de Steiner (1961) modificada en la relación de cationes y aniones (Cuadro 1). La conductividad eléctrica se ajustó a $1.0 \pm 0.12 dS m^{-1}$ y una presión osmótica de $0.36 atm \pm 0.04$. El pH de la SN se mantuvo en un intervalo de 5.5 a 6.5. Se usó agua proveniente de pozo profundo con una conductividad eléctrica (CE) de $0.21 dS m^{-1}$ y pH de 7.1. La relación de absorción de sodio (R.A.S), carbonato de sodio residual (C.S.R) y grados hidrotimétricos franceses corresponden a un agua de riego de buena calidad. De acuerdo a las Normas Riverside se clasifica como C_1S_1 , y el índice L. V. Wilcox la ubica como agua de calidad excelente a buena y apta para el riego. Como fuentes de nutrientes, se utilizaron fertilizantes solubles: nitrato de calcio ($Ca(NO_3)_2$), nitrato de potasio (KNO_3), fosfato monopotásico (KH_2PO_4), sulfato de magnesio ($MgSO_4 \cdot 7H_2O$), sulfato de amonio ($(NH_4)_2SO_4$), sulfato de potasio

(K₂SO₄) y ácido sulfúrico (H₂SO₄). Como fuente de micronutrientes se utilizó la mezcla comercial Kelatex-Multi[®] a la concentración de 40 g m⁻³. Los factores de estudio fueron seis soluciones nutritivas (SN) que variaron en sus concentraciones de K⁺, Ca²⁺ y NH₄⁺ y cuatro cultivares de fresa. El diseño experimental fue completamente al azar con un arreglo factorial 6 x 4, el Factor 1 correspondió a soluciones nutritivas (Tabla 1) y el Factor 2 correspondió a cuatro cultivares de fresa (Festival, Monterey, Zamorana y CP-LE-07). La combinación de los factores dio un total de 24 tratamientos (Tabla 2).

Tabla 1. Chemical composition of the nutrient solutions used in the hydroponic cultivation of four strawberry cultivars

Tabla 1. Composición química de las soluciones nutritivas empleadas en el cultivo hidropónico de cuatro cultivares de fresa

Nutrient solution (SN)	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	SO ₄ ²⁻	NH ₄ ⁺	*PO (Atm)	*CE (dS m ⁻¹)
	----- meq L ⁻¹ -----								
1	2.75	3.82	1.51	4.5	0.69	4.81	1.5	0.35	0.97
2	1.75	4.5	2	6	0.50	3.5	0	0.32	0.88
3	5.25	4.5	2	6	0.50	3.5	0	0.40	1.12
4	3.5	2.25	2	6	0.50	3.5	0	0.33	0.93
5	3.5	4.5	2	6	0.50	3.5	0	0.36	1.0
6	3.5	6.75	2	6	0.50	3.5	0	0.39	1.08

*PO = presión osmótica, *CE = conductividad eléctrica

Los 24 tratamientos distribuidos en el experimento contaron con siete repeticiones cada uno, dando un total de 168 unidades experimentales. Cada unidad experimental consistió de una planta. El establecimiento del experimento se realizó el día 30 de agosto de 2016. El trasplante se efectuó a raíz desnuda y se aplicó agua acidulada a pH de 5.5 los primeros siete días; enseguida se suministró a todos los tratamientos, la SN del tratamiento T1 con una proporción 25(NH₄⁺):75(NO₃⁻) durante 60 días para homogenizar la brotación vegetativa. A los 61 días después del trasplante (ddt) se inició la aplicación de los 24 tratamientos durante 240 días en el periodo de floración-fructificación.

Variables evaluadas. Se evaluó el número de hojas (Ho), número de estolones (Ne), número de hijuelos (Nh) y se cuantificó la producción por planta (g planta⁻¹). El número de hojas, estolones e hijuelos se contabilizó cada 20 días después del trasplante. La producción de

fruto se consideró como la suma acumulada del peso de las cosechas parciales de cada unidad experimental la cual se expresó en $g\text{planta}^{-1}$.

La calidad postcosecha del fruto se evaluó con el peso fresco (Pf), diámetro (Df) y longitud (Lf) de fruto, color, firmeza, sólidos solubles totales (SST), Acidez titulable (AT), pH y la relación °Brix/Acidez titulable; para ello, se consideraron 14 repeticiones por tratamiento. Estas variables se determinaron en 21 frutos por tratamiento. El color se determinó con los índices CIE $L^*a^*b^*$, en donde L^* = luminosidad, a^* = espectros rojo - verde y b^* = amarillo - azul. Los resultados se expresaron en ángulo de tono (Hue) que se calculó con la fórmula $\text{Hue} = \text{tangente } b/a$ y el índice de saturación (cromaticidad) con la ecuación: $\text{croma} = \sqrt{a^2 + b^2}$ (Mc Guire, 1992). La firmeza se determinó por la punción en dos lados polares de cada fruto con un texturómetro digital Wagner modelo FDV-30, con un puntal plano de 8 mm y los valores se reportaron en Newtons (N). Los sólidos solubles totales (SST) se obtuvieron de un extracto de los frutos y se evaluaron con un refractómetro HunterLab ATAGO U.S.A., Inc. PR-101α (Brix 0 ~ 45%), los resultados se expresaron en °Brix. El pH se determinó con un potenciómetro HANNA Hi98107 rango 0.0 a 14.0, resolución 0.1, precisión a $20^\circ\text{C} \pm 0.1$ pH. La acidez titulable (AT) se evaluó empleando el método de la AOAC (2005) mediante la titulación volumétrica de hidróxido de sodio (NaOH 0.1 N) y fenolftaleína al 1% como indicador.

El peso fresco de fruto se cuantificó en una balanza digital con capacidad de 300 a 3000 g, el diámetro y longitud se midió con un vernier digital de rango entre 0 a 150 mm, con una precisión de 0.02 mm y una resolución de 0.01 mm. Los datos obtenidos de las variables de cada tratamientos, fueron procesados mediante el programa Statistical Analysis System (SAS Institute Inc., 2009). Para el análisis de varianza, se empleó un nivel de significancia de $\alpha \leq 0.05$. La comparación de medias se realizó mediante una prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$).

Resultados y Discusión

La interacción cultivar * solución nutritiva fue significativa ($P \leq 0.05$). El análisis de varianza indicó diferencias altamente significativas en la mayoría de las variables con excepción de número de estolones y pH de fruto (Tabla 2).

Tabla 2. **Results of the analysis of variance for the variables of growth, production and quality of fruit strawberry cultivars in hydroponic solutions.**

Tabla 2. **Resultados del análisis de varianza para las variables de crecimiento, producción y calidad de fruto de cultivares de fresa en soluciones hidropónicas.**

Factor/Variable	Cultivars	Nutrient solution	SN*Cultivars	C.V.	R ²
Ho	<.0001**	0.0014**	0.0020**	38.898	0.411
Ne	<.0001**	0.0043**	0.0518 ^{ns}	60.625	0.468
Nh	<.0001**	<.0001**	0.0098**	23.481	0.549
Ren	0.0030**	0.2767 ^{ns}	0.0200*	59.937	0.260
Pf	<.0001**	0.0121*	0.0024**	18.159	0.406
Df	<.0001**	0.0596*	0.0089**	8.474	0.301
Lf	<.0001**	0.0212*	<.0001**	8.557	0.479
L	<.0001**	0.2048 ^{ns}	0.0738**	6.923	0.277
Hu	<.0001**	0.0069**	0.0006**	15.931	0.409
Cr	<.0001**	0.0037**	0.0246*	11.603	0.398
Firmeza	<.0001**	<.0001**	<.0001**	18.573	0.743
°Brix	0.0016**	0.0011**	<.0001**	9.977	0.380
pH	<.0001**	0.0352*	0.8911 ^{ns}	6.278	0.253
AT	<.0001**	0.0060**	0.0010**	11.253	0.494
°Brix/AT	<.0001**	<.0001**	0.0044**	11.549	0.467

**=highly significant statistical difference; *=significant statistical difference; ^{ns}=no statistical difference; Ho=number of leaves, Ne=number of stolons, Nh=Number of leaves, Ren=yield, Pf=Weight of fruit, Df= Diameter of fruit, Lf=length of fruit, L=Luminosity; Hu=Angle of tone, Cr=Chromaticity, ° Brix=total soluble solids, AT=titrable acidity, ° Brix/AT=Total soluble solids ratio and titrable acidity.

**=diferencia estadística altamente significativa; *=diferencia estadística significativa; ^{ns}=sin diferencia estadística; Ho=Número de hojas, Ne=número de estolones, Nh=número de hijuelos, Ren=rendimiento, Pf=Peso de fruto, Df=Diámetro de fruto, Lf=longitud de fruto, L=Luminosidad, Hu=Ángulo de tono, Cr=Cromaticidad, °Brix=sólidos solubles totales, AT=acidez titulable, °Brix/AT=relación sólidos solubles totales y acidez titulable.

Crecimiento vegetativo y producción de fruto

El cv Monterey mostró un mayor crecimiento vegetativo al registrar el mayor número de hojas, número de hijuelos y número de estolones, con la SN 25NH₄⁺:75NO₃⁻, en tanto el cultivar CP-LE-07 obtuvo el menor crecimiento vegetativo en la misma solución. El mayor peso de fruto fue en los cultivares Monterey, CP-LE-07 y Zamorana sin diferencias entre SN. El peso fresco disminuyó significativamente en `Zamorana´ con la SN4 (2.25 meq de Ca²⁺ L⁻¹) y SN5 (4.5 meq de Ca²⁺ L⁻¹). En `Festival´ se registró el menor peso de fruto en las seis SN que se utilizaron. En cuanto a longitud y diámetro de fruto, las cuales son características ligadas directamente con la presentación comercial del producto, sobresalieron `Monterey´ y `CP-LE-07´. En estos dos cultivares, el diámetro de fruto no fue afectado por ninguna de las SN utilizadas, mientras que la longitud de fruto sí se afectó por

la SN, en `Monterey` se redujo con la SN5 (4.5 meq de $\text{Ca}^{2+} \text{ L}^{-1}$) y SN6 (6.75 meq de $\text{Ca}^{2+} \text{ L}^{-1}$), y en `CP-LE-07` se redujo con la SN4 (2.25 meq de $\text{Ca}^{2+} \text{ L}^{-1}$). El rendimiento más alto se obtuvo con el cultivar Zamorana y la SN5 (4.5 meq de $\text{Ca}^{2+} \text{ L}^{-1}$), la cual superó hasta en 358 % a Festival, 336 % a CP-LE-07 y 131 % a Monterey. La SN que afectó el rendimiento en cv Monterey fue la SN4 (2.25 meq de $\text{Ca}^{2+} \text{ L}^{-1}$), en `CP-LE-07` y `Festival` solo la SN2 (1.75 meq de $\text{K}^+ \text{ L}^{-1}$) incrementó el rendimiento. En cv Zamorana la SN1 (25 NH_4^+ :75 NO_3^-), SN3 (5.25 meq de $\text{K}^+ \text{ L}^{-1}$) y SN4 (2.25 meq de $\text{Ca}^{2+} \text{ L}^{-1}$), redujeron significativamente el rendimiento (Tabla 3).

El efecto diferencial que se registró en los cultivares en cuanto al crecimiento vegetativo confirman lo reportado por otros autores, acerca de la diferencia entre materiales de la misma especie con respecto a la afinidad por la absorción de nitrógeno en forma nítrica o amoniacal (Chen *et al.*, 2015). Tabatabaei *et al.* (2008) reportaron que la relación 25(NH_4^+):75(NO_3^-) incrementó el peso fresco de fruto por planta de fresa cv Camarosa y por consiguiente el rendimiento total; sin embargo, este efecto no es igual en todos los cultivares.

Tabla 3. Effect of interaction between strawberry cultivars and nutrient solution in growth and yield, under greenhouse conditions.

Tabla 3. Efecto de interacción entre cultivares de fresa y solución nutritiva en crecimiento y producción, en condiciones de invernadero.

Cultivars	Nutrient solution	Ho	Ne	Nh	Pf (g)	Lf (mm)	Df (mm)	Ren (g plant ⁻¹)
M	SN1	318 a	19.714 abc	13.571 a	17.416 abcd	44.291 ab	30.119 abcd	1977.6 ab
M	SN2	126 bc	19.143 bc	11 abc	18.526 abc	42.155 abc	32.422 a	2057.6 ab
M	SN3	207.43 abc	16.286 bc	13.143 ab	19.876 a	44.588 a	31.555 abc	2163.5 a
M	SN4	160.29 bc	13.286 bc	9.571 abcd	17.227 abcd	40.731 abcde	31.84 abc	1313.1 b
M	SN5	235.14 ab	21.857 abc	12.857 ab	16.803 abcd	38.046 defghi	31.242 abc	2176.9 ab
M	SN6	162 bc	21.429 abc	13.143 ab	19.869 a	39.784 cdefg	32.19 ab	2246.5 a
F	SN1	118.43 bc	10.143 c	10 abcd	12.042 fg	35.4 ghij	27.375 de	1334.3 b
F	SN2	133.43 bc	11 bc	8.429 cde	13.594 efg	36.926 defghij	28.43 cde	1687.1 ab
F	SN3	156.14 bc	10.571 bc	10.286 abcd	13.741 efg	37.834 defghij	28.709 cde	1204.2 b
F	SN4	135.57 bc	6.857 c	10.857 abc	14.581 cdef	38.687 defghi	28.947 abcd	1431.3 b
F	SN5	162.57 bc	9.571 c	8.429 cde	13.961 efg	37.443 defghi	28.872 bcd	1000.3 b
F	SN6	171 bc	6.571 c	10 abcd	10.206 g	32.809 j	25.265 e	1015.2 b
CP	SN1	97.71 c	36.571 a	6.286 de	16.968 abcde	40.454 abcdef	29.664 abcd	1467 b
CP	SN2	94.43 c	27.429 ab	4.143 e	18.632 abc	41.091 abcde	31.171 abc	1698.8 ab
CP	SN3	117.71 bc	22.286 abc	7.714 cde	18.709 ab	41.258 abcd	31.481 abc	1569 b
CP	SN4	116.57 bc	17 bc	8.143 cde	15.841 abcdef	39.054 defgh	28.752 bcde	1319.9 b
CP	SN5	139.57 bc	16.857 bc	7.571 cde	16.788 abcde	40.774 abcde	30.008 abcd	1064 b
CP	SN6	140 bc	12.286 bc	10.143 abcd	18.114 abcd	41.176 abcd	30.673 abcd	1553.9 b
Z	SN1	150.14 bc	10.571 bc	10.714 abc	15.307 abcdef	35.294 ghij	30.688 abcd	1564.1 b
Z	SN2	128.14 bc	8.571 c	6.714 cde	16.326 abcde	36.56 efghi	30.963 abc	1828.2 ab
Z	SN3	176.14 bc	8.571 c	9 bcd	15.953 abcdef	34.108 ij	30.640 abcd	1186.6 b
Z	SN4	139.57 bc	6.143 c	8.429 cde	14.351 def	34.621 ij	29.769 abcd	1425.6 b
Z	SN5	204.71 abc	8 c	7.571 cde	15.771 bcdef	37.094 defghij	30.668 abcd	1861.5 ab
Z	SN6	177.71 bc	6.429 c	10.286 abcd	15.848 abcdef	36.031 fghij	31.055 abc	1530.6 ab
DMS		121.1	17.265	4.422	4.056	4.581	3.539	1950.9

Averages with different letters in the same column in the levels of each factor, are statistically different (Tukey, 0.05) **=highly significant statistical difference; M=Monterey, F=Festival, CP=CP-LE-07, Z=Zamorana, Ho=Number of leaves, Ne=Number of stolons, Nh=Number of leaves, Pf=Weight of fruit, Lf=length of fruit, Df=Diameter of fruit and Ren=yield.

Medias con letras diferentes en una misma columna en los niveles de cada factor, son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05) **=diferencia estadística altamente significativa; Ho=Número de hojas, Ne=Número de estolones, Nh=Número de hijuelos, Pf=Peso de fruto, Lf=longitud de fruto, Df=Diámetro de fruto y Ren=Rendimiento.

En relación a la nutrición potásica, los resultados de la presente investigación coinciden con los resultados obtenidos por Fuad *et al.* (2017), quienes mencionaron que al modificar concentraciones de $810\text{g } 100\text{L}^{-1}$ de KNO_3 no ejerció efecto en el peso de fruto.

De acuerdo con los estándares de clasificación de calidad de fruta de los Estados Unidos, no se especifican requisitos de tamaño en estas normas debido a las diferencias que existen entre los materiales genéticos. Sin embargo, el tamaño puede especificarse en términos de diámetro ecuatorial mínimo de 1.6 cm a mayores de 3.2 cm (USDA, 2016). La comisión de la comunidad europea en su reglamento (CE) No. 843/2002, establecen criterios de calidad para la comercialización de frutos de fresa, los cuales incluyen disposiciones relativas con el calibre mínimo de 25 mm de diámetro para la categoría extra y 18 mm para la categoría I y II, pero tampoco hay especificaciones de calidad de acuerdo con el cultivar. En estudios realizados por Duralija *et al.* (2015) los frutos más pesados fueron de 19.6 g, diámetro y longitud de 28.5 y 44.6 mm respectivamente, en el cv Monterey en fibra de coco como sustrato y con sistema hidropónico cerrado, estos son similares a los que se obtuvieron en este estudio 19.87g, 44.58mm y 31.55mm de peso, diámetro y longitud respectivamente obtenidos en el mismo cultivar.

Calidad postcosecha del fruto

El cultivar que presentó los menores valores de firmeza fue 'Monterey' con 2.00 N con la SN1 ($25\text{NH}_4^+ : 75\text{NO}_3^-$); mientras que la mayor firmeza se logró en el cv Zamorana con la SN2 (1.75 meq de $\text{K}^+ \text{L}^{-1}$). En 'Festival' no se afectó la firmeza por efecto de las SN, mientras que en los otros tres cultivares sí hay efecto de la SN; en estos materiales la SN que reduce significativamente la firmeza es la SN1 ($25\text{NH}_4^+ : 75\text{NO}_3^-$). La SN5 (4.5 meq de $\text{Ca}^{2+} \text{L}^{-1}$) presentó el menor valor para Hue y Cr. 'Festival' y 'Zamorana' presentaron los mayores valores para L y Festival para Hue. El cv CP-LE-07 presentó los valores más bajos en las tres variables. En lo referente a las variables de cromaticidad (Cr) los cultivares Monterey, Festival y Zamorana, no fueron afectadas por las SN, en cambio en el cv CP se redujo la Cr con la utilización de SN5 (4.5 meq de $\text{Ca}^{2+} \text{L}^{-1}$) y en el ángulo de tono (Hue), los cultivares Monterey, CP-LE-07 y Zamorana, no les afectó las SN que se utilizó, pero en Festival sí se incrementó la coloración roja con la SN6 (6.75 meq de $\text{Ca}^{2+} \text{L}^{-1}$). En relación con la variable sólidos solubles totales ($^\circ\text{Brix}$), solo en el cultivar CP, hubo efecto de las SN en esta variable; se incrementaron los $^\circ\text{Brix}$, con la SN1 ($25\text{NH}_4^+ : 75\text{NO}_3^-$).

En la acidez titulable (AT), las SN no afectaron esta variable en los cultivares Monterey, Festival y CP-LE-07; sin embargo, en Zamorana sí hubo diferencias significativas, los valores más altos se lograron con las SN 1, 3, 4, 5 y 6. En la relación de °Brix/AT, en el cultivar Monterey la SN no tuvo efecto, pero en los cultivares Festival, CP-LE-07 y Zamorana sí se afecta esta variable con las SN; se disminuyó cuando se usó la SN3 (5.25 meq de $K^+ L^{-1}$) en Festival, la SN6 (6.75 de $Ca^{2+} L^{-1}$) en CP-LE-07 y la SN4 (2.25 meq de $Ca^{2+} L^{-1}$) en Zamorana. Los frutos más ácidos se tuvieron en `Zamorana`, y los menos ácidos en el cultivar Monterey, las SN afectaron el pH en cada uno de los cultivares (Tabla 4).

La firmeza del fruto es una de las características que definen la calidad de fruto (Martínez *et al.*, 2017). La respuesta de esta variable a las soluciones nutritivas no está muy bien definido; en la presente investigación por ejemplo, solo disminuyó en cv. Monterey cuando se utilizó la SN1; sin embargo, estos resultados contrastan con lo que reportaron Cardeñosa *et al.* (2015) quienes encontraron que en cv. Primoris, el nitrógeno incrementó significativamente la firmeza del fruto, a una concentración de 5 mmol L^{-1} en la SN, la cual es menor a la utilizada en el presente estudio (6 mmol $N L^{-1}$) y coinciden con lo reportado por Andriolo *et al.* (2009). De la Cruz *et al.* (2012) y Fuad *et al.* (2017) no encontraron diferencias significativas al usar diferentes tratamientos con calcio y potasio en la firmeza de frutos de fresa cv Araza, Festival y Toyonoka.

Tabla 4. Table 4. Effect of the interaction between strawberry cultivars and nutrient solution on fruit quality

Tabla 4. Efecto de la interacción entre cultivares de fresa y solución nutritiva en calidad de fruto

Cultivar	Nutrient solution	Hu	L	Cr	pH	Firmeza (N)	°Brix	AT (%)	°Brix/AT
M	SN1	0.428 cd	39.995 a	36.841 a	3.236 ab	2.000 i	6.714 cd	0.125 f	54.793 ab
M	SN2	0.440 bcd	37.233 ab	37.178 a	3.463 a	2.020 i	6.909 bcd	0.139 cdef	50.691 abcd
M	SN3	0.457 bcd	34.091 b	33.504 abc	3.217 ab	8.188 abcd	6.585 cd	0.140 cdef	47.044 abcd
M	SN4	0.421 cd	36.933 ab	35.009 ab	3.180 ab	5.576 fg	6.780 cd	0.140 cdef	48.519 abcd
M	SN5	0.424 cd	37.562 ab	36.092 ab	3.132 ab	7.588 abcdef	7.152 abcd	0.141 cdef	50.763 abcd
M	SN6	0.460 bcd	38.3 ab	36.37 ab	3.192 ab	7.121 abcdefg	6.852 bcd	0.141 cdef	48.701 abcd
F	SN1	0.588 ab	39.995 a	37.481 a	3.088 ab	3.127 hi	7.290 abcd	0.135 def	54.316 ab
F	SN2	0.522 abcd	39.5 a	37.191 a	3.157 ab	9.078 ab	7.252 abcd	0.126 f	57.849 a
F	SN3	0.514 abcd	39.6 a	36.45 ab	3.105 ab	8.358 abc	6.728 cd	0.148 abcdef	45.691 bed
F	SN4	0.517 abcd	38.019 ab	34.416 abc	3.031 ab	6.316 abcdefg	7.133 abcd	0.146 bcdef	48.867 abcd
F	SN5	0.441 bcd	37.112 ab	30.923 abc	3.089 ab	7.031 abcdefg	6.602 cd	0.123 f	53.596 ab
F	SN6	0.638 a	40.169 a	35.533 ab	3.025 b	7.345 abcdefg	7.7833 abc	0.137 cdef	57.346 a
CP	SN1	0.497 abcd	35.793 ab	28.958 bc	3.193 ab	7.774 abcde	8.454 a	0.148 abcdef	57.357 a
CP	SN2	0.561 abc	38.362 ab	32.106 abc	3.237 ab	5.940 defg	7.371 abcd	0.152 abcdef	48.27abcd
CP	SN3	0.485 bcd	37.424 ab	32.939 abc	3.180 ab	7.275 bcdefg	7.333 abcd	0.156 abcdef	47.634 abcd
CP	SN4	0.428 cd	38.338 ab	31.865 abc	3.165 ab	6.368 cdefg	7.304 abcd	0.151 abcdef	48.354 abcd
CP	SN5	0.423 cd	35.762 ab	27.022 c	3.092 ab	6.828 cdefg	7.235 abcd	0.130 ef	55.427 ab
CP	SN6	0.437 cd	36.94 ab	30.4 abc	3.174 ab	7.066 bcdefg	6.069 d	0.135 def	44.82 bcd
Z	SN1	0.462 bcd	39.381 a	37.478 a	3.105 ab	5.133 gh	8.247 ab	0.160 abcde	51.806 abcd
Z	SN2	0.458 bcd	39.6 a	37.415 a	3.069 b	9.676 a	7.252 abcd	0.139 cdef	52.114 abc
Z	SN3	0.511 abcd	39.5 a	35.697 ab	3.048 b	7.052 bcdefg	6.969 bcd	0.166 abcd	41.927 cd
Z	SN4	0.495 abcd	39.944 a	35.834 ab	2.919 b	5.261 fgh	7.211 abcd	0.178 ab	40.681 d
Z	SN5	0.421 cd	37.414 a	34.282 abc	3.064 b	7.027 bcdefg	7.866 abc	0.178 a	44.189 bed
Z	SN6	0.39 d	37.45 ab	29.623 abc	2.971 b	5.819 defg	6.995 bcd	0.17 abc	41.226 cd
DMS		0.150	5.215	7.866	0.389	2.378	1.418	0.032	11.373

Averages with different letters in the same column in the levels of each factor, are statistically different (Tukey, 0.05) **=highly significant statistical difference; M=Monterey, F=Festival, CP=CP-LE-07, Z=Zamorana, Hu=Angle of tone, L=Luminosity, Cr=Chromaticity, °Brix=total soluble solids, AT=titrable acidity, °Brix/AT=Total soluble solids ratio and titrable acidity.

Medias con letras diferentes en una misma columna en los niveles de cada factor, son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05) **=diferencia estadística altamente significativa, Hu=Ángulo de tono, L=Luminosidad, Cr=Cromaticidad, °Brix=sólidos solubles totales, AT=acidez titulable, °Brix/AT=relación sólidos solubles totales y acidez titulable.

El color de fruto de cada cultivar de fresa es una característica genética que puede estar influenciada también por la concentración iónica de la SN, la pérdida de humedad, el grado de madurez, temperatura, así como el contenido y concentración de antocianinas (Calegario *et al.*, 2002). En esta investigación no hubo diferencia estadística en la variable L por efecto de la SN, con valores de 37.07 a 38.67, superiores a los reportados por Lázaro *et al.* (2013), donde encontró diferencias significativas con dosis en aumento de 150 a 600 kg ha⁻¹ K₂O y 100 a 400 kg ha⁻¹ de N con un valor máximo de 32.21 para L. En lo referente al factor cultivar, hubo diferencias estadísticas, ‘Festival’ y ‘Zamorana’ presentaron los frutos más claros, ‘Monterey’ y ‘CP-LE-07’ con frutos más oscuros de acuerdo con la escala para L (0=negro, 100=blanco absoluto). Esto se puede deber al genotipo de cada uno de los cultivares. A pesar de que las principales normas de calidad para exportación de fresa determinan el color rojo o rosa de frutos como un parámetro más de calidad, no se especifica el grado de saturación o brillo requerido para establecer los parámetros de calidad de fresa para consumo en fresco y tampoco se especifican estos criterios de acuerdo al genotipo que se esté usando (Martínez *et al.*, 2008). En el cv Monterey se obtuvieron resultados más altos en la variable L y Cr en comparación con los obtenidos por Duralija *et al.* (2015) de 31.47 y 22.86 respectivamente. En la descripción del cv. Monterey, se afirma que el potencial del cultivar para el parámetro de color L es de 32.0 a 38.4 (Shaw y Larson, 2009), el límite superior se superó con la SN1 con un valor de 39.99.

En cuanto a sólidos solubles totales, los resultados no concuerdan con Nestby *et al.* (2005) quienes mencionaron que la absorción excesiva de potasio tiene efecto negativo en la concentración de sólidos solubles totales. Seyyedi (2005) demostró que al incrementar hasta 3 meq L⁻¹ de K⁺ aumentó el valor de los SST en el cv Selva; sin embargo, en los cultivares estudiados no se logró el mismo resultado. El cultivar Monterey presentó concentración de sólidos solubles totales entre 6.58 y 7.15 °Brix, estos valores superaron los 5.7 °Brix obtenido por Cecatto *et al.* (2013) y 5.11 °Brix por Antunes *et al.* (2010).

En acidez titulable, a diferencia de lo reportado por Andriolo *et al.* (2010) y Fuad *et al.* (2017) quienes mencionaron que la concentración de 9 meq L⁻¹ K⁺ en la SN, incrementó el porcentaje de AT, en el presente estudio no se observó tal efecto. El cultivar Zamorana obtuvo el valor más alto de AT con 0.178%, estas diferencias se puede atribuir a las

propiedades fisicoquímicas de los cultivares de fresa. Las condiciones climáticas podrían modificar significativamente las propiedades organolépticas del fruto, dado que se ha demostrado que el sombreado posee un efecto muy significativo en la acumulación de compuestos volátiles en fresa modificando el sabor en la fruta (Watson *et al.*, 2002). En las condiciones de cultivo bajo invernaderos o túneles, se tiende a obtener frutos con menor sabor, sólidos solubles totales y porcentaje de acidez (D'Antuono *et al.*, 2000). Lázaro *et al.* (2013) encontraron que conforme aumentó las dosis de N y K, se incrementó el valor de la relación de °Brix/AT. En esta investigación se muestra que el incremento de la concentración de K⁺ y la disminución de Ca²⁺, tiene un efecto negativo para la relación de °Brix/AT. Valero y Altisent (1998) explican que los azúcares y los ácidos se modifican inversamente; mientras que el contenido de azúcar aumenta con la maduración del fruto, el de ácido disminuye. Este parámetro es muy significativo, dado que la proporción de sólidos solubles totales y la acidez titulable son responsables de una parte del sabor del fruto. Esto significa que para que el fruto obtenga un buen sabor, la cantidad de ácido y azúcar debe mantener una cierta proporción (Berbari *et al.*, 1998). Sin embargo, también se ven influenciados por factores ambientales y genéticos (Lado *et al.*, 2012).

Conclusiones

Se concluye que la adición de NH₄⁺ solo incrementó el crecimiento vegetativo en el cultivar Monterey y las diferentes concentraciones de K⁺ y Ca²⁺ en la solución nutritiva no tuvieron efecto en la etapa vegetativa-floración. La concentración de 5.25 meq L⁻¹ de K⁺ en la solución nutritiva incrementó el peso (Pf), longitud (Lf) y firmeza (f) del fruto. El incremento de 2.25 a 6.75 meq L⁻¹ de Ca²⁺ afectó negativamente la calidad del fruto en postcosecha. En la mayoría de las variables estudiadas, los cultivares de fresa tuvieron una respuesta interactiva con las soluciones nutritivas.

Referencias Bibliográficas

- Andriolo, J. L., Jänisch, D. I., Schmitt, O. J., Braz V. M. A., Cardoso, F. L. y Erpen, L. (2009). Concentração da solução nutritiva no crescimento da planta, na produtividade e na qualidade de frutas do morangueiro. *Ciência Rural*. Santa María, 39(3): 684-690. Diponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33113640009>.

- Andriolo, J. L., Jänisch, D. I., Schmitt, O. J., Dal Pcio, M., Cardoso, F. L. y Erpen, L. (2010). Doses de potássio e cálcio no crescimento da planta, na produção e na qualidade de frutas do morangueiro em cultivo sem solo. *Ciência Rural*, 40(2): 267-272. Disponible en: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782010000200003.
- Antunes, L. E. C., Ristow, N. C., Krolow, A. C. R., Carpenedo, S. y Reisser, J. C. (2010). Yield and quality of strawberry cultivars. *Horticultura Brasileira*, 28: 222-226. Disponible en: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-05362010000200015.
- Ashraf, M., and Foolad, M. R. (2007). Roles of Glycine, Betanie and Proline in improving plant abiotic stress resistance. *Experimental Environment Botany*, 59:206-260. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envexpbot.2005.12.006>.
- Berbari, S. A. G., Nogueira, J. N. y Campos, S. D. S. (1998). Efeito de diferentes tratamentos pré-congelamento sobre a qualidade do morango var. Chandler congelado. *Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas*, 18: 82-86. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20611998000100018>.
- Calegaro, J. M., Pezzi, E. y Bender, R. J. (2002). Utilização de atmosfera modificada na conservação de morangos em pós-colheita. *Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília*, 37: 1-6. Disponible en: <http://www.scielo.br/pdf/pab/v37n8/11663.pdf>.
- Cantliffe, D. J., Catellanos, Z. J. and Paranjpe, V. A. (2007). Yield and quality of greenhouse-grown strawberries as affected by nitrogen level in coco coir and pine bark media. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society*, 120: 157-161. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/237333627_Yield_and_Quality_of_Greenhouse_grown_Strawberries_as_Affected_by_Nitrogen_Level_in_Coco_Coir_and_Pine_Bark_Media.
- Caruso, G., Villari G., Melchionna C. and Conti, S. (2011). Effects of cultural cycles and nutrient solutions on plant growth, yield and fruit quality of alpine strawberry (*Fragaria vesca* L.) grown in hydroponics. *Scientia Horticulturae*, 129: 479-485. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2011.04.020>

- Cardeñosa, V., Medrano, E., Lorenzo, P., Cruz Sanchez-Guerrero, M., Cuevas, F., Pradas, I., & Moreno-Rojas, J. M. (2015). Effects of salinity and nitrogen supply on the quality and health-related compounds of strawberry fruits (*Fragaria x ananassa* cv. Primoris). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95(14), 2924-293. Doi: <https://doi.org/10.1002/jsfa.7034>.
- Cecatto, A. P., Oliveira, C. E., Nienow, A. A., Castoldi da Costa, R., Constâncio, M. H. F. and Pazzinato, A. C. (2013). Culture systems in the production and quality of strawberry cultivars. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 35(4): 471-478. Disponible en: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1807-86212013000400010.
- Chen, B., Liu, D., Han, W., Fan, X., Cao, H., Jiang, Q., Liu, Yu., Chang, J., and Ge, Y. (2015). Nitrogen-removal ability and niche of *Coix lacryma-jobi* and *Reineckia carnea* in response to NO₃⁻/NH₄⁺ ratio. *Aquatic Botany*, 120, 193-200. DOI: 10.1016/j.aquabot.2014.05.016
- Correia, P. J., Pestana, M., Martínez, F., Ribeiro, E., Gama, F., Aavedra, T. and Palencia, P. (2011). Relationships between strawberry fruit quality attributes and crop load. *Scientia Horticulturae, Netherlands*, 130(2): 398–403. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2011.06.039>.
- D'Antuono, L. F., Fiori, R., Baruzzi, G., Faedi, W. (2000). La qualità delle fragole in tre sistemi di coltivazione. *Rivista di Frutticoltura e di Ortofloricoltura*, 12: 69 - 76. Disponible en: <http://plateforme-documentaire.ctifl.fr/Record.htm?idlist=1&record=19506532124913247149>.
- De la Cruz, M. M. G., Avitia, E. G., Castillo, A. M. G. y Pineda, J. P. (2012). Fertilización foliar con potasio, calcio, y silicio en fresa (*fragaria x ananassa* Duch.). Tesis: Maestría en ciencias en horticultura. Chapingo, México. Disponible en: <https://chapingo.mx/horticultura/pdf/tesis/TESISMCH2012051109124807.pdf> [última consulta: 15 de febrero de 2018].
- Duralija, B., Maretić, M., Mešić, A., Skendrović Babojelić, M., Miličević, T. (2015). Kvalitet ploda sorte jagode 'Monterey' u hidroponskom sistemu uzgoja. *Univerzitet u Zagrebu, Poljoprivredni fakultet, Svetošimunska*, 25: 10000. Disponible en:

<https://bib.irb.hr/datoteka/742756.M.Fantela> -

[Kvaliteta plodova jagode sorte Monterey.pdf](#) [última consulta: 27 de mayo de 2018].

Fuad, M. Md., Asaduzzaman, Md., Kawaguchi, M., Yano, S. (2017). Reduction of Potassium (K) Content in Strawberry Fruits through KNO₃ Management of Hydroponics. *The Horticulture Journal*, 86(1): 26-37. Disponible en: https://www.jstage.jst.go.jp/article/hortj/86/1/86_MI-113/_pdf/-char/en.

Horwitz, W. and Latimer, W. G. (2005). Official Methods of Analysis of AOAC International. 18th Edition. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/292783651_AOAC_2005.

Lado, J., Vicente E., Manzzioni A., Ghelfi B., Ares G. (2012). Evaluación de calidad de fruta y aceptabilidad de diferentes cultivares de frutilla. *Agrociencia, Uruguay*, 16(1): 51–58. Disponible en: www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2301-15482012000100007.

Lázaro, R. C., Da Silva, P. I., Toledo, C. V. A, Guimarães, F. D. M., De Souza, R. J. and Guedes, De C. J. (2013). Chemical properties and rates of external color of strawberry fruits grown using nitrogen and potassium fertigation. *IDESIA, Chile*, 31(1): 53-58. Disponible en: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/idesia/v31n1/art07.pdf>.

Martínez, B. M., Nieto, A. D., Telliz, O. D., Rodríguez, A. J., Martínez, D. M. T., Vaquera, H. H., Carrillo, M. O. (2008). Comparación cualitativa de fresas (*Fragaria x ananassa* Duch.) de cultivares mexicanos y estadounidenses. *Revista Chapingo serie horticultura*, 14(2): 113-119. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1027-152X2008000200003.

Martínez F., Palencia P., Alonso D., Oliveira J. A. 2017. Advances in the study of nitrification inhibitor DMPP in strawberry. *Scientia Horticulturae*. 226: 191-200.

McGuire, G. R. (1992). Reporting of Objective Color Measurements. *Horticultural Science*, 27: 12. Disponible en: <http://hortsci.ashspublications.org/content/27/12/1254.full.pdf+html>.

- Nestby, R., Listen, F., Pivot, D., Lacroix, C. R. and Tagliavini, M. (2005). Influence of mineral Nutrients on strawberry fruit quality and their accumulation in plant organs. A Review. *Acta Horticulturae*, 649: 201-206. Disponible en: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2004.649.37>.
- SAS Institute. (2009). SAS/STAT R 9.1. Userss Guide Release. Cary, NC: SAS Institute Inc. USA. pp. 60 Disponible en: https://support.sas.com/documentation/onlinedoc/91pdf/sasdoc_91/stat_ug_7313.pdf.
- Seyyedi, A. (2005). The effect of nutrient solution's potassium and density of cultivation on the quality and quantity of Selva Strawberry in hydroponic cultivation system. *Irinian Journal of Horticultural Sciences*, 44(4): 423-429. Disponible en: <http://www.sid.ir/En/Journal/ViewPaper.aspx?ID=496173>
- Shaw, D. V., Larson, K. D. 2009. United States Plant Patent. Patent No: US PP19, 767 P2, Strawberry plant named „Monterey“, 1-7. Disponible en: <http://www.agrif.bg.ac.rs/files/publications/293/INOVACIJE%20U%20VOCARSTVU%205-3.pdf>.
- Steiner, A. A. (1961). A universal method for preparing nutrient solutions of a certain desired composition. *Plant and Soil*, 15: 134-154. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF01347224>
- Tabatabaei, S. J., Yusefi, M., and Hajiloo J. (2008). Effects of shading and NO₃⁻:NH₄⁺ ratio on the yield, quality and N metabolism in strawberry. *Scientia Horticulturae*, 116: 264–272. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scientia.2007.12.008>.
- Taghavi, T. and Folta, M. F. (2014). A Comparison of wild and cultivated strawberries for nitrogen uptake and reduction. *Horticultre Environment and Biotechnology*, 55(3): 196-206. <https://doi.org/10.1007/s13580-014-0190-7>
- United States Department Of Agriculture. (2016). Trasns-Pacific Partnership Benefits To U.S. Agriculture.USDA. Obtenido De Foreign Agricultural Service: https://www.fas.usda.gov/Sites/Default/Files/2016-05/Tpp_Details_Fruits_Other_Fresh-05-2016.Pdf

- Valero, C. y Altisent, M. R. (1998). Equipos de medida de calidad organoléptica en frutas. *Fruticultura Profesional*, Madrid, 2: 38-45. Disponible en: <http://oa.upm.es/6393/>.
- Watson, R., Wright, C. J., McBurney, T., Taylor, A. J. and Linforth, R. S. T. (2002). Influence of harvest date and light integral on the development of strawberry flavour compounds. *Journal of Experimental Botany*, 53(377): 2121 – 2129. Disponible en: <https://doi.org/10.1093/jxb/erf088>.

VI. CONCLUSIONES GENERALES

Las diferentes concentraciones de K^+ , Ca^{2+} y NH_4^+ en la solución nutritiva no afectaron la producción por planta. La variedad Monterey y Zamorana fueron las más productivas con 1990 y 1853 gplanta⁻¹ respectivamente.

La adición de 1.5 meq L⁻¹ de NH_4^+ en la solución nutritiva redujo el tamaño y la firmeza del fruto. Sin embargo, mejoró el porcentaje de sólidos solubles totales y aumentó la relación °Brix/AT.

El incremento de 1.75 a 5.25 meq L⁻¹ de K^+ en la solución nutritiva aumentó significativamente la firmeza, el peso fresco, diámetro y longitud del fruto. Sin embargo, tuvo un efecto negativo en el porcentaje de °Brix y la relación °Brix/AT.

En el caso de Ca^{2+} se pudo observar que a medida que se incrementó la concentración de 2.25 a 6.75 meq L⁻¹ en la solución nutritiva, se afectó la calidad postcosecha del fruto. Sin embargo, los valores de firmeza se incrementaron a 7.24 N.

Las variedades extranjeras Festival y Monterey tuvieron los frutos más ácidos, bajos en °Brix, y frutos más blandos, mientras que las variedades mexicanas CP-LE-07 y Zamorana, presentaron los frutos con valores más altos en °Brix y mayor tamaño. Sin embargo, CP-LE-07 tuvo frutos menos firmes con 6.90 N.

VI. LITERATURA CITADA

Alcántar, G. G. y Trejo-Téllez, L. I. (2006). Nutrición de cultivos. Mundi-prensa. México.

Andriolo, J. L., Jänisch, D. I., Schmitt, O. J., Dal Pcio, M., Cardoso, F. L. y Erpen, L. (2010). Doses de potássio e cálcio no crescimento da planta, na produção e na qualidade de frutas do morangueiro em cultivo sem solo. *Ciência Rural*. 40(2): 267-272.

Andriolo, J. L., Jänisch, D. I., Schmitt, O. J., Braz V. M. A., Cardoso, F. L. y Erpen, L. (2009). Concentração da solução nutritiva no crescimento da planta, na produtividade e na qualidade de frutas do morangueiro. *Ciência Rural*. Santa María. 39(3): 684-690.

Antunes, L. E. C., Ristow, N. C., Krolow, A. C. R., Carpenedo, S. y Reisser, J. C. (2010). Yield and quality of strawberry cultivars. *Horticultura Brasileira* 28: 222-226.

Arshad, M., Nazari, D. M. J., Haghshenas M. and Karbalaye G. S. (2015). Antioxidative capacity and quality of strawberry fruit (*Fragaria × ananassa* Duch 'Selva') under the balance of minerals nutrition. *Biological Forum – An International Journal (Special Issue 2015)* 7(2): 91-97.

Ashraf, M., and Foolad, M. R. (2007). Roles of Glycine, Betanie and Proline in improving plant abiotic stress resistance. *Experimental Environment Botany*, 59. P: 206-260.

Berbari, S. A. G., Nogueira, J. N. y Campos, S. D. S. (1998). Efeito de diferentes tratamentos pré-congelamento sobre a qualidade do morango var. Chandler congelado. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas. 18: 82-86.

Calegario, J. M., Pezzi, E. y Bender, R. J. (2002). Utilização de atmosfera modificada na conservação de morangos em pós-colheita. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília. 37: 1-6.

Cantliffe, D. J., Catellanos, Z. J. and Paranjpe, V. A. (2007). Yield and quality of greenhouse-grown strawberries as affected by nitrogen level in coco coir and pine bark media. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society* 120: 157-161.

Caruso, G., Villari G., Melchionna C. and Conti, S. (2011). Effects of cultural cycles and nutrient solutions on plant growth, yield and fruit quality of alpine strawberry (*Fragaria vesca* L.) grown in hydroponics. *Scientia Horticulturae* 129 479–485.

Cecatto, A. P., Oliveira, C. E., Nienow, A. A., Castoldi da Costa, R., Constâncio, M. H. F. and Pazzinato, A. C. (2013). Culture systems in the production and quality of strawberry cultivars. *Acta Scientiarum. Agronomy*, vol. 35, núm. 4, pp. 471-478.

Chow, K. K., Price, T. V. and Hanger, B. C. (2004). Effect of nitrogen, potassium, calcium concentrations and solution temperatures on the growth and yield of strawberry cv. Redgauntlet in a nutrient film (NFT) hydroponic system. *Acta Hortic.* 633: 315-327.

Correia, P. J., Pestana, M., Martínez, F., Ribeiro, E., Gama, F., Aavedra, T. and Palencia, P. (2011). Relationships between strawberry fruit quality attributes and crop load. *scientia Horticulturae*, Netherlands, v.130, n.2, p.398–403.

D'Antuono, L., Fiori, R., Baruzzi, G., Faedi, W. (2000). La qualità delle fragole in tre sistemi di coltivazione. *Frutticoltura*, 12: 69 - 76.

De la Cruz, M. M. G., Avitia, E. G., Castillo, A. M. G. y Pineda, J. P. (2012). Fertilización foliar con potasio, calcio, y silicio en fresa (*fragaria x ananassa* Duch.). Tesis: Maestría en ciencias en horticultura. Chapingo, México.

Duralija, B., Maretić, M., Mešić, A., Skendrović Babojelić, M., Miličević, T. (2015). Kvalitet ploda sorte jagode 'Monterey' u hidroponskom sistemu uzgoja. Univerzitet u Zagrebu, Poljoprivredni fakultet, Svetošimunska 25, 10000 Zagreb, Hrvatska.

Favela, C. E., Preciado, R. P. y Benavides, M. A. (2006). Manual para la preparación de soluciones nutritivas. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), departamento de horticultura. pp. 15-30.

Fuad, M. Md., Asaduzzaman, Md., Kawaguchi, M., Yano, S. (2017). Reduction of Potassium (K) Content in Strawberry Fruits through KNO₃ Management of Hydroponics. The Horticulture Journal.

González, E., Alcalde, D. D., Baca, C. M. A. y Ortiz, C. J. (1991). Análisis de la dinámica de producción de materia seca y extracción de N, P, K en trigo bajo diferentes ambientes. Agrociencia Serie Agua-Suelo-Clima. 2(1): 107-131.

Horwitz, W. and Latimer, W. G. (2005). Official Methods of Analysis of AOAC International. 18th Edition. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/292783651_AOAC_2005.

Jara, E. y Suni, M. (1999). Evaluación de soluciones nutritivas para el cultivo hidropónico de fresa (*Fragaria x ananassa*). Rev. Perú. Biol. 6(1): 61-67.

Jeon, S. K., Choi, J. M., Cha, K. H., Chung, H. J., Choi, J. S. and Seo, K. S. (2001). Deficiency symptoms, growth statistics and nutrient uptake of 'Nyoho' strawberry affected by controlled calcium concentrations in fertilizer solution. Korean: Soc. Hort Sci, 42 (3): 284-288.

Kadir, S., Sidhu, G. and Al-Khatib, K. (2006). Strawberry (*Fragaria × ananassa* Duch.) Growth and Productivity as Affected by Temperature. HortScience 41(6):1423-1430.

Lázaro, R. C., Pereira da Silva, I., Amaral, V. T. C., Guimarães, D. M. F., Rovison, J. de S. and Guedes de Carvalho, J. (2013). Chemical properties and rates of external color of strawberry fruits grown using nitrogen and potassium fertigation. IDESIA, Chile. 31(1): 53-58.

Lado, J., Vicente E., Manzioni A., Ghelfi B., Ares G. (2012). Evaluación de calidad de fruta y aceptabilidad de diferentes cultivares de frutilla. *Agrociencia*, Uruguay 16(1): 51–58.

Lázaro, R. C., Pereira da Silva, I., Amaral, V. T. C., Guimarães, D. M. F., Rovison, J. de S. and Guedes de Carvalho, J. (2013). Chemical properties and rates of external color of strawberry fruits grown using nitrogen and potassium fertigation. *IDESIA (Chile)* 31(1): 53-58.

Luna-Zapién, E. A., Preciado, R., Fortis, H. P. B., Meza, V. M. B., Martínez, R. J. A. y Esparza, R. F. J. (2016). Capacidad antioxidante de fresa (*fragaria vesca*) hidropónica producida bajo diferente aportación de potasio-nitrógeno. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*. 1(2): 307-312.

Martínez, B. M., Nieto, A. D., Telliz, O. D., Rodríguez, A. J., Martínez, D. M. T., Vaquera, H. H., Carrillo, M. O. (2008). Comparación cualitativa de fresas (*Fragaria x ananassa* Duch.) de cultivares mexicanos y estadounidenses revista *Chapingo serie horticultura* 14(2): 113-119.

Martínez-Soto, G., Mercado-Flores, J., López-Orozco, M. y Prieto-Velásquez, B. Z. (2007). Propiedades fisicoquímicas de seis variedades de Fresa (*Fragaria ananassa*) que se Cultivan en Guanajuato. Instituto de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Guanajuato.

McGuire, G. R. (1992). Reporting of Objective Color Measurements. *HortScience*, Vol. 27:12.

Navarro, S. B. y Navarro, G. G. (2003). Química agrícola. El suelo y los elementos químicos esenciales para la vida vegetal. 2ª Edición. pp. 551-306.

Nestby, R., Listen, F., Pivot, D., Lacroix, C. R. and Tagliavini, M. (2005) Influence of mineral Nutrients on strawberry fruit quality and their accumulation in plant organs. A Review. *Acta Hort.* 649: 201-206.

SAS Institute. (2009). SAS/STAT R 9.2. Userss Guide Release. Cary, NC: SAS Institute Inc. USA. 60 p.

Raynal, L. C. and Carmentran, M. (2001). Fertilization of strawberry crops: yield and fruit quality. Centre Technique Interprofessionnel des Fruits et Légumes, Paris, France. In AGRIS cience.

Romero, N., Saucedo C., Sánchez, P., Rodríguez, J., González, V., Rodríguez, M. y Báez, R. (2006). Aplicación foliar de Ca (NO₃)₂: Fisiología y calidad de frutos de mango 'Haden'. Terra Latinoamericana 24(4): 521-527.

Seyyedi, A. (2005). The effect of nutrient solution's potassium and density of cultivation on the quality and quantity of Selva Strawberry in hydroponic cultivation system. M.Sc. Theses on Plant Protection, Tehran University, Iran.

Shaw, D. V., Larson, K. D. 2009. United States Plant Patent. Patent No: US PP19, 767 P2, Strawberry plant named "Monterey", 1-7.

Steiner, A. A. (1961). A universal method for preparing nutrient solutions of a certain desired composition. Plant and Soil. 15: 134-154.

Tabatabaei, S. J., Yusefi, M., and Hajiloo J. (2008). Effects of shading and NO₃⁻:NH₄⁺ ratio on the yield, quality and N metabolism in strawberry. Scientia Horticulturae 116 264–272.

Taghavi, T. and Folta, K. M. (2014). A Comparison of wild and cultivated strawberries for nitrogen uptake and reduction. Hortic. Environ. Biotechnol. 55(3): 196-206.

United States Department Of Agriculture. (2016). Trasns-Pacific Partnership Benefits To U.S. Agriculture.USDA. Obtenido De Foreign Agricultural Service: http://www.Fas.Usda.Gov/Sites/Default/Files/2016-05/Tpp_Details_Fruits_Other_Fresh-05-2016.Pdf.

Urrestarazu, G. M. (2000). Manual de cultivo sin suelo. Mundi-Prensa. 2ª edición. pp. 110-11.

Valero, C. y Altisent, M. R. (1998). Equipos de medida de calidad organoléptica en frutas. Fruticultura Profesional, Madrid. 2: 38-45.

Watson, R., Wright, C. J., McBurney, T., Taylor, A. J. and Linforth, R. S. T. (2002). Influence of harvest date and light integral on the development of strawberry flavour compounds. Journal of Experimental Botany, 53(377): 2121 – 2129.

Yoon, H. S., Hwang, Y. H., An, C. G., Shim, J. S., Hwang, H. J. and Shin, H. Y. (2009). Effect of NH_4^+ to NO_3^- ratio on growth, yield and albinism disorder of strawberry. Act Hort. 842:987-990.