

Evaluación de sustratos bajo un sistema hidropónico en un cultivo de fresa con variables de calidad

Evaluation of substrates under a hydroponic system in a strawberry crop with quality variables

Elizabeth Marcela Guerrero-Guerrero^{1*}

¹ Servicio Nacional de Aprendizaje SENA (Colombia). Correo electrónico: marcelitag2@yahoo.es
orcid: <https://orcid.org/0000-0003-3248-9456>

Recibido: 25-07-2020 Aceptado: 09-11-2020

Cómo citar: Guerrero-Guerrero, Elizabeth Marcela; (2020). Evaluación de sustratos bajo un sistema hidropónico en un cultivo de fresa con variables de calidad. *Informador Técnico*, 85(1), 52-63.
<https://doi.org/10.23850/22565035.2922>

Resumen

Este proyecto se realizó en el Centro Internacional de Producción Limpia Lope del Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, Regional Nariño, para evaluar dos tipos de sustratos como alternativas que mejoren la calidad de la fresa (*Fragaria ananassa* Duch) variedad Albión, bajo un sistema hidropónico abierto. Se utilizaron sustratos fibra de coco, cascarilla de arroz, solos y en mezcla (70 % - 30 %, 50 % - 50 %, 30 % - 70 %), comparados con un testigo en suelo, con cobertura plástica. Se evaluaron las variables físicas y químicas del fruto, como peso, diámetro, longitud, contenido de sólidos solubles, acidez titulable y firmeza. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar (BCA) con 6 tratamientos y 4 repeticiones. Las mezclas de los sustratos obtuvieron mejor respuesta para la variable firmeza que el tratamiento suelo, además, el tratamiento 100 % cascarilla de arroz obtuvo una respuesta superior en las variables grados Brix y acidez titulable, permitiendo generar una propuesta innovadora y competitiva para la producción de fresa en áreas reducidas en Nariño.

Palabras clave: calidad; grados Brix; agricultura urbana; *Fragaria ananassa* Duch.

Abstract

This project was carried out at the Centro Internacional de Producción Limpia Lope of Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, Regional Nariño, to evaluate two types of substrates as alternatives that improve the quality of the strawberry (*Fragaria ananassa* Duch) variety Albión under an open hydroponic system. Coconut fiber and rice husk substrates were used, alone and in a mixture (70 % - 30 %, 50 % - 50 %, 30 % - 70 %), compared with a control in soil with plastic cover. The physical and chemical variables of the fruit such as weight, diameter, length, soluble solids content, titratable acidity, and firmness were evaluated. A Random Complete Blocks design with 6 treatments and 4 repetitions was used. The mixtures of the substrates obtained a better response for the firmness variable than the soil treatment, also, the 100 % rice husk treatment obtained a superior response in the variables of Brix degrees and titratable acidity, allowing the generation of an innovative and competitive proposal for strawberry production in reduced areas in Nariño.

Keywords: Quality; Brix grades; urban agriculture; *Fragaria ananassa* Duch.

1. Introducción

Los principales departamentos productores de fresa en Colombia son Cundinamarca, Antioquia, Cauca, Norte de Santander, Boyacá y Nariño. El mayor productor es Cundinamarca con rendimientos de 58,14 t.ha⁻¹ y un área sembrada de 1.144 ha, en comparación con Nariño que produce 5,2 t.ha⁻¹, con un área sembrada de 70 ha (Red de Información y Comunicación del Sector Agropecuario Colombiano [AGRONET], 2017); teniendo en cuenta que la horticultura y fruticultura constituyen un fuerte renglón económico y fundamental en la producción agrícola del departamento de Nariño, es de imperiosa necesidad mejorar la manera tradicional de cultivar, mediante nuevas alternativas de producción que lo conviertan en un departamento competitivo a nivel nacional con productos de buena calidad.

Actualmente, Nariño no es competitivo en comparación con otros departamentos, razón por la cual se busca implementar tecnologías innovadoras que permitan producir en áreas reducidas. En Colombia la fresa ha tomado gran importancia debido a sus propiedades nutricionales y organolépticas, además, se considera una fruta exótica, por lo anterior, para el sector agrícola se convierte en una alternativa en el mercado nacional e internacional (Flórez; Mora, 2010). La variedad Albión se caracteriza especialmente por su alta calidad de fruto tanto en tamaño como en sabor, firmeza, muy productiva y resistente a enfermedades como antracnosis (Ávila, 2015). La firmeza es uno de los principales atributos que se debe considerar, ya que la alteración de la textura (suavizamiento excesivo) puede hacer perder su calidad.

Por lo anterior, resulta importante mejorar las condiciones de firmeza del fruto, pues según Szczesniak y Smith (1969) este es uno de los aspectos más importantes durante el manejo poscosecha de la fresa, dado que la pérdida de calidad por la alteración de su textura (suavizamiento excesivo), se debe al adelgazamiento de las paredes celulares y la degradación de las pectinas. La textura está regida por los polisacáridos estructurales (sustancias pécticas), por ello, la firmeza es el principal factor que determina la calidad de la fresa y la vida útil en poscosecha. La composición de carbohidratos, la estructura celular y las propiedades físicas del tejido es compleja por el incremento celular durante el proceso de la maduración (Montero; Mollá; Esteban; López-Andréu, 1996).

Actualmente, se busca innovar en el modo de producción para obtener alimentos más sanos que contribuyan a la seguridad alimentaria, mejorar la calidad del fruto y garantizar mayor durabilidad, por lo anterior, se evaluó el efecto de los sustratos fibra de coco, cascarilla de arroz y sus mezclas, bajo condiciones hidropónicas en un cultivo de fresa en una zona del municipio de Pasto, a través de los componentes de calidad del fruto.

2. Metodología

La investigación se realizó en el Centro Internacional de Producción Limpia Lope SENA ubicada en el oriente de la ciudad de Pasto, coordenadas N 01° 12' 48", W 0.77° 15' 12.9", a una altitud de 2.630 msnm, con una temperatura promedio de 12 °C y una precipitación de 800 mm por año. Para cultivar las fresas se construyeron soportes en forma piramidal, sobre la cual, se colocaron a cada lado 5 tubos de PVC de 4 in con un largo de 2 m cada uno, se ubicaron con una pendiente para facilitar el drenaje y se perforaron cada 20 cm, para un total de 10 plantas por cada tubo.

Se utilizaron los sustratos fibra de coco y cascarilla de arroz, los cuales fueron preparados como se describen a continuación: se obtuvo la fibra mediante un productor comercial y posteriormente fue lavada para retirar el sodio, cloruros e impurezas. Se colocó abundante agua en un recipiente, luego se extendió sobre un plástico y se tapó. Después de este procedimiento, el sustrato se sometió a solarización durante un periodo de 8 días para su desinfección y utilización, respecto a la cascarilla de arroz, para su utilización se realizó un lavado con agua para eliminar taninos y quitar algunas impurezas, con 15 días de anticipación al trasplante.

Posteriormente, se colocó la cascarilla en un recipiente donde se mantuvo húmeda, se regó con abundante agua hasta saturación y se revolvió dos veces para eliminar subproductos. Este proceso se realizó durante 10 días, luego se colocó la cascarilla al aire sobre un plástico para que se oxigenara y eliminara el agua retenida.

Los estolones se obtuvieron de plantas madre de fresa variedad Albión, que se trasplantaron de un mes y medio de edad en los tubos de PVC. Cada estolón fue desinfectado con fungicida Carbendazim (i.a Metil bencimidazol-2-ilcarbamato) en dosis 1 cc/L de agua antes de la siembra.

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar (BCA) con seis tratamientos y 4 repeticiones. En las dos estructuras se colocaron 5 tubos por cada lado y se dispuso de una cama en suelo para el tratamiento 6. Para el procesamiento de datos se utilizó el paquete estadístico Stadistical Analysis Sistem (SAS).

Modelo estadístico:

$$Y_{ij} = \mu + \beta_i + T_j + E_{ij}$$

En donde,

Y_{ij} = Variable de respuesta

μ = Media general

β_i = Efecto de los bloques

T_j = Efecto de los tratamientos

E_{ij} = Error experimental

Los tratamientos evaluados en el presente trabajo, se detallan en la Tabla 1.

Tabla 1.

Tratamientos cultivo de fresa (Fragaria ananassa Duch) bajo un sistema hidropónico

TRATAMIENTO	SUSTRATOS
T1	Cascarilla de arroz 100 %
T2	Cascarilla de arroz 70 % - Fibra de coco 30 %
T3	Cascarilla de arroz 50 % - Fibra de coco 50 %
T4	Cascarilla de arroz 30 % - Fibra de coco 70 %
T5	Fibra de coco 100 %
T6	Testigo en suelo con cobertura plástica

Fuente: elaboración propia.

En el tratamiento 6, que correspondió al testigo en suelo con cobertura plástica se ubicó junto a la estructura hidropónica, las plantas fueron sembradas en dos hileras separadas a 30 cm donde el riego se realizó con manguera de goteo. La preparación de la solución se realizó de acuerdo con el ciclo fenológico del cultivo de la fresa y a su estado de desarrollo, con sales solubles comerciales: Irricol inicio, Irricol vegetativo y Irricol producción.

Con base en la demanda nutrimental de la variedad Albión planteada por Aguilar (2011), como se presenta en la Tabla 2.

Tabla 2.

Absorción de nutrimentos fresa variedad Albión

	(g. planta ⁻¹)	(g. planta ⁻¹)	(g. planta ⁻¹)	(g. planta ⁻¹)	(mg. planta ⁻¹)
	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Calcio	Boro
30 dds	0,15	0,03	0,3	0,1	2
60 dds	0,2	0,05	0,4	0,15	4
90 dds	0,18	0,04	0,3	0,1	3
120 dds	0,3	0,09	0,5	0,13	5
150 dds	0,6	0,3	1,6	0,45	20

dds: Días después de la siembra

Fuente: Aguilar (2011).

Antes de la aplicación de cada solución, se midió, con ayuda de un multiparamétrico (*Hanna portátil HI 1288*), la conductividad, pH y temperatura. El sistema que se utilizó en este ensayo fue un sistema hidropónico abierto (Tüzeli; Tunali; Tüzeli; Öztekin, 2009; Van-Os, 2009; Massa *et al.*, 2010). Se realizó un manejo integrado de enfermedades y plagas, de acuerdo con las necesidades del cultivo, teniendo en cuenta las Buenas Prácticas Agrícolas en Colombia (Instituto Colombiano Agropecuario [ICA], 2009).

3. Resultados

A continuación, se presenta la prueba de comparación de promedios de Tukey (Tabla 3), correspondiente a las variables número de peso de fruto (PF), diámetro de fruto (DF) y longitud de fruto (LF), correspondientes a los promedios de los datos de las lecturas realizadas durante el experimento.

Tabla 3.

Prueba de Comparación de Promedios de Tukey para las variables PF, DF y LF bajo un sistema hidropónico

TRAT	Peso Fresco/fruto (g)	Diámetro/Fruto (cm)	Longitud/Fruto (cm)
T1	24,130 b	4,2400 b	3,8100 ab
T2	25,103 ab	4,3775 ab	4,0125 ab
T3	26,458 ab	4,4050 ab	4,1150 ab
T4	22,513 b	4,2025 b	3,7975 ab
T5	26,573 ab	4,3050 b	3,7275 b
T6	30,820 a	4,8125 a	4,2200 a
DMS	6,4756	0,5058	0,447

Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$). Cada valor es el promedio de xx repeticiones

C; Cascarilla de arroz, F; Fibra de coco

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo al peso del fruto, el tratamiento T4 y T1 mostraron valores inferiores con respecto al T6; según los resultados que se muestran en la Tabla 4, el valor final de C.E alcanzado en el T4 fue de $2834 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$, lo que coincide con D'Anna, Incalcaterra, Moncada y Miceli (2003), ya que el peso del fruto es afectado por conductividades eléctricas superiores a $2500 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ lo cual reduce el tamaño y peso del fruto.

Tabla 4.

Propiedades fisicoquímicas de los sustratos etapa inicial y etapa final conductividad eléctrica (CE)

TRAT	CE 1	CE 2
	($\mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$)	($\mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$)
T1	295,1	1852
T2	511,5	2278
T3	972,5	1300
T4	1387,5	2834
T5	1246	1907
T6	670,5	2010

Fuente: elaboración propia.

El diámetro es un indicador importante de la calidad de la fruta. Los tratamientos T6, T3 y T2 con diámetro de fruto de 4,8 cm, 4,4 cm y 4,3 cm, respectivamente, fueron los que obtuvieron el mayor diámetro de frutos. El T6 mostró diferencias significativas cuando se comparó con los tratamientos T4, T1 y T5 que muestran diámetro de fruto de 4,20 cm, 4,24 cm y 4,30 cm, respectivamente. La Tabla 5 muestra la calificación según el diámetro y peso del fruto de fresa Chandler, donde los valores obtenidos en este trabajo se pueden catalogar como frutos calibre A, con valores mayores a 3,4 cm y un peso promedio de 21,8 g.

Tabla 5.

Calibres de la fresa variedad Chandler

DIÁMETRO (cm)	CALIBRE	PESO PROMEDIO (g)
> 3.4	A	21.8
3.3-3.0	B	16.1
2.9-2.5	C	11.7
2.4-2.1	D	8.0
<2.0	E	5.3

Fuente: NTC 4103 (1997).

Para la variable longitud de fruto (LF), el T6 obtuvo un valor de 4,22 cm, el cual mostró diferencias significativas con respecto al T5, con un valor de 3,72 cm. Para los tratamientos T1, T2, T3 y T4, con valores promedios de 3,81 cm, 4,01 cm, 4,11 cm y 3,79 cm, respectivamente, son iguales a los tratamientos T5 y T6, con valores de 3,72 cm y 4,22 cm, respectivamente.

El peso, longitud y diámetro de los frutos cultivados en este experimento, se vieron posiblemente afectados por el contenido de sales de los sustratos, como afirman Casierra-Posada y García (2005) que el diámetro longitudinal y ecuatorial de los frutos de las plantas de fresa, se reduce al ser sometidos a salinidad por NaCl y que las plantas tratadas con concentraciones mayores de sal producen frutos de menor diámetro. También afirman que encontraron diferencias altamente significativas para las variables, diámetro longitudinal y diámetro transversal de frutos, con respecto a los factores concentración de NaCl en el sustrato. En trabajos similares, donde se evaluó longitud de fruto de fresa cultivada en suelo con tres láminas de riego diferentes (alta, media y baja), no se presentaron diferencias estadísticas, según lo reportado por Chaves y Lasso (2012). Igualmente, Delgado (2014) mostró que en la fresa variedad Camino Real, en suelo no tuvo diferencias significativas para las variables diámetro de fruto y longitud de fruto, al ser evaluado el efecto de las líneas de riego y aplicación de silicio en el cultivo.

A continuación, se presentan en la Tabla 6 los resultados para las variables grados Brix, firmeza y acidez titulable.

Para la variable grados °Bx, la Prueba de Comparación de Promedios de Tukey (Tabla 6), mostró que el tratamiento T1, con un valor de 9.51 °Bx, obtuvo un valor superior con respecto a los tratamientos T3 Y T6, lo cual indica que las propiedades físicas y químicas de la cascarilla de arroz, son favorables para el desarrollo radicular, crecimiento y calidad de fruto (Rodríguez-Delfín; Chang; Hoyos; Falcón, 2005). Por otra parte, valores inferiores fueron obtenidos por el T6 y T3, con 7.78 y 7.26 °Bx, respectivamente.

Tabla 6.

Prueba de Comparación de Promedios de Tukey para las variables BX, F y AT bajo un sistema hidropónico

TRAT	BX (°Bx)	F(Kgf.cm ²)	AT (%Ácido cítrico)
T1	9,5125 a	3,4225 a	1,29250 bc
T2	9,0975 ab	3,5325 a	1,51500 a
T3	7,2650 c	3,5300 a	1,36500 b
T4	8,2100 abc	3,9900 a	1,21750 cd
T5	8,2625 abc	3,9250 a	1,39750 ab
T6	7,7800 bc	2,2775 b	1,13500 d
DMS	1,559	1,0736	0,1326
Letras distintas indican diferencias significativas (p < 0,05), C; Cascarilla de arroz, F; Fibra de coco			

Fuente: elaboración propia.

El tratamiento T2 presentó diferencias significativas con respecto al tratamiento T3. Por otro lado, los tratamientos T2, T4, T5 y T6, con valores de 9,09, 8,21, 8,26 y 7,78 °Bx, respectivamente, son similares, del mismo modo el tratamiento T3, con un valor de 7,26 °Bx, es similar a los tratamientos T4, T5 y T6, con valores de 8,21, 8,26 y 7,78 °Bx, respectivamente.

La Norma Técnica Colombiana [NTC 4103] (1997) determinó las cantidades de los Sólidos Solubles Totales en fresa con valores mínimos inferiores a los encontrados en el presente trabajo, a excepción de los encontrados en el T3, con 7,26 °Bx.

Así mismo, los valores de °Bx obtenidos en este experimento fueron superiores a los presentados por González y Ferrucho (2013), quienes reportaron 6,7 °Bx en un experimento realizado a campo abierto utilizando la variedad Albión y Monterrey. En el presente experimento, los mayores valores fueron 9,51 y 9,09 °Bx en los sustratos con alto contenido de cascarilla de arroz y 8,26 y 8,21 °Bx para los frutos que se cultivaron en sustratos con alto contenido de fibra de coco, lo cual es comparable con lo reportado por Rivera (1993), ya que para la variedad Camarosa se presentó un valor de 9,6 °Bx, en comparación con la variedad Chandler con 9,0 °Bx.

Por otro lado, Martínez-Soto, Mercado-Flores, López-Orozco y Prieto-Velásquez (2010) compararon ocho variedades de fresa cultivadas en suelo, donde se obtuvo 10,92 °Bx, para la variedad Albión. En otros estudios, al utilizar ácido giberélico, el máximo contenido de sólidos solubles totales alcanzó 8,79 y 7,53 °Bx en diferentes años, valores superiores no afectarían el dulzor durante la maduración, ya que se encuentran en el rango (Roudeillac; Trajkovski, 2004; Pérez; Sanz, 2008). Valores similares de sólidos solubles totales fueron encontrados por Moccia; Mocano; Oberti; Chiesa (2007), en una caracterización al momento de la cosecha del cultivar Camarosa sin ningún tratamiento.

Por otro lado, Ozguven y Yilmaz (2002) encontraron valores similares al aplicar de 10 a 20 mg.L⁻¹ de ácido giberélico. Es importante tener en cuenta que Albión registra 1 °Bx más, con respecto a otros cultivares de día neutro (Ornelas-Paz *et al.*, 2013; Samykanno; Pang; Marriott, 2013). Según Pérez, Ojeda, Mogollón y Giménez (2013), los diferentes sustratos afectan el comportamiento de las variables físicas y químicas de calidad de los frutos, pero sin una tendencia definida, contrario a lo reportado por Martínez-Bolaños *et al.* (2008), quienes señalan que no existen diferencias estadísticas en las concentraciones de sólidos solubles totales (SST), entre diferentes cultivares en distintos periodos de muestreo. Por el contrario, para Palencia, Bordonaba, Martínez y Terry (2016) los azúcares no se vieron afectados significativamente por la naturaleza del sustrato. Además, posiblemente la fertirrigación en los diferentes sustratos permite que la planta tenga acceso a los elementos nutricionales de forma correcta, ya que las concentraciones y relaciones son las adecuadas para evitar fenómenos negativos, como efecto osmótico y antagonismos, que perturban la absorción de nutrientes de la planta (Cadahia, 2005), así, los fertilizantes se asimilan mejor y los frutos son de mejor sabor y calidad.

Por otro lado, los frutos producidos en sustratos con altos contenidos de cascarilla de arroz y fibra de coco presentaron mejor contenido de °Bx, lo cual puede traducirse en un mayor dulzor y calidad de la fruta, al contener una mayor cantidad de compuestos, como fructosa, glucosa y sacarosa, pues según Alavoine y Crochon (1989) y Montero *et al.* (1996), un mayor contenido de SST en frutos permite una mayor calidad. Así mismo, Perkins-Veazie (1995) menciona que los azúcares son los principales compuestos solubles en los frutos de fresa, de los cuales, fructosa, glucosa y sacarosa son los que se encuentran en mayor cantidad y determinan los grados Brix (Hidekazu, 2002; Hamano; Yamato; Yamazaki; Miura, 2002; Wrolstad; Shallenberger, 1981). El contenido de SST en los frutos varía según el cultivar (Hamano *et al.*, 2002; Hancock, 1999) y la época de cosecha (Anagnostou; Vasilakakis, 1995; Caglar; Paydas, 2002; Hakala; Tahvonen; Huopalahti; Lapveteläinen, 2002).

En el T6 y T3, posiblemente disminuyó el contenido de azúcares, por un incremento en la competencia por la distribución de fotoasimilados, lo cual puede explicar la disminución en los grados Brix en estos tratamientos. Por lo anterior, es posible que, al tener mayor cantidad de flores e inflorescencias y mayor potencial de formación de frutos, tuvo que distribuir sus fotoasimilados entre la mayor cantidad de estructuras florales que desarrolló (Taiz; Zeiger, 2006).

De igual forma, al generar mayor interés en la producción de fresas hidropónicas, se ha evaluado el efecto de la salinidad por NaCl, intentando lograr el balance del crecimiento vegetativo y reproductivo, mejorando así la calidad de fruta (Awang *et al.*, 1993a; Awang *et al.*, 1993b). Ya que el riego localizado incrementa la acumulación de sales en la zona húmeda, lo que disminuye la presión osmótica en la rizósfera, disminuyendo el crecimiento y la producción de las plantas (Casierra-Posada; García, 2005), como consecuencia de la salinidad en sustratos, se presenta un mayor contenido de sólidos solubles totales (SST) y de la acidez titulable no solo en fresa, sino también en otros frutales, como guayaba (Walker; Kriedmann; Maggs, 1979), manzana (El-Siddig; Lüdders, 1994), tomates (Mizrahi *et al.*, 1988; Adams, 1991) y pimienta dulce (Janse, 1989; Chartzoulakis, 1992).

Por otra parte, para la variable acidez titulable, según la Prueba de Comparación de Promedios de Tukey (Tabla 6), el tratamiento T2 obtuvo diferencias significativas, con un valor de 1,51 % de ácido cítrico, con respecto a los tratamientos T1, T3, T4 y T6, con valores de 1,29, 1,36, 1,21 y 1,13 % de ácido cítrico, respectivamente. Por otro lado, el T2 no presentó diferencias estadísticas significativas con el tratamiento T5, con un valor de 1,39 % de ácido cítrico. En todos los tratamientos, los valores fueron superiores a los de la NTC, ya que oscilaron entre 1,13 en T6 y 1,51 en T2.

Se debe tener en cuenta que el contenido de acidez afecta el sabor (Rivera, 1993). Para este experimento los tratamientos tienen un alto porcentaje de ácido cítrico. Sin embargo, el valor más bajo se encontró en el T6, con 1,13 %, ya que de acuerdo con los resultados obtenidos por Kader (1991), los frutos con una menor acidez titulable favorecen su consumo en fresco en mercado nacional e internacional, donde los frutos de todos los cultivares superarán la concentración máxima de acidez titulable de 0,8 % (NTC 4103, 1997) para un sabor aceptable. Por el contrario, los valores más altos de acidez titulable los obtuvieron las mezclas de los sustratos

en especial el T2, con 1,5 %, ya que, de acuerdo con Quian, Finn y Schroeder (2005) permiten obtener productos procesados de mayor calidad.

Para Martínez, Oliveira, Oliveira, Palencia (2017) la calidad de la fruta se vio afectada por el medio de crecimiento, donde la fibra de coco mostró cambios en los parámetros de calidad. Aunque esta característica depende de cada cultivar, ya que estudios similares muestran que el valor de acidez titulable es mayor en Camarosa con 1,04 que en la variable Chandler con 0,84, de igual forma, ambas presentan un sabor aceptable (Rivera, 1993). La acidez puede variar, dependiendo de la época de cosecha del fruto como lo afirman Martínez-Bolaños *et al.* (2008). De ahí que los resultados puedan ser influenciados por la fecha de cosecha (Hakala *et al.*, 2002). Por lo anterior, es posible afirmar que la calidad de fruta expresada, como peso fresco y diámetro de fruto, se disminuye por el aumento en la conductividad eléctrica, resultante de la salinidad; opuesto a lo anterior, los sólidos solubles totales y la acidez titulable tuvieron un incremento directo con respecto a la salinidad, según Casierra-Posada y García (2005).

La variable firmeza, de acuerdo con la Prueba de Comparación de Promedios de Tukey (Tabla 6), presentó valores estadísticamente superiores en los tratamientos T1, T2, T3, T4, T5, con valores de 3,42, 3,53, 3,53, 3,99 y 3,92 kgf*cm², respectivamente, con respecto al obtenido en el tratamiento T6 que presentó una firmeza de 2,27 kgf*cm². Donde los frutos de las plantas que se cultivaron en suelo, alcanzaron los menores valores de firmeza, lo cual incide en la calidad, ya que los frutos blandos son susceptibles a daños durante la selección, empaque, transporte, distribución, ataque de patógenos, menor capacidad de conservación del fruto y calidad (Maroto; López, 1988; Paraskevopoulou-Paroussi; Vassilakakis; Dogras, 1995). Por otro lado, los mayores valores de firmeza fueron obtenidos en los tratamientos cultivados en sustratos, lo que coincide con lo que afirman Buitrago, López, Coronado y Osorno, (2004), ya que la firmeza de un fruto favorece la resistencia a daños mecánicos ocasionados por la poscosecha y el embalaje, además del método de recolección y de la temperatura de almacenamiento.

Los frutos del T6 son más blandos que los cultivados en hidroponía. Son frutos más susceptibles a daños mecánicos e infección de enfermedades, deteriorándose más rápidamente la calidad del fruto, lo que coincide con Fabela, Hernández, Vázquez y Lozano (2002), quienes afirman que un producto hortícola se daña por la infección causada por varios hongos, ya que la piel del producto y sus capas se rasgan, incrementando el ingreso de bacterias. Durante este proceso se originan actividades fisiológicas en los tejidos, lo que altera el proceso de maduración. Además, se exponen los tejidos al contacto directo con el aire, lo que hace que se acelere la oxidación y se oscurezca rápidamente la piel del fruto, permitiendo la presencia de patógenos saprofitos facultativos con enzimas de tipo pectolítico e hidrolítico que favorecen la descomposición, acelerando la pudrición con un oscurecimiento enzimático, similar a un tejido dañado como lo que sucede con manzanas, peras, duraznos y cerezas. De igual forma, la respiración se hace más intensa, incrementando el consumo de oxígeno (Giörgy, 1986). También los azúcares y otros productos de almacenamiento de las frutas, se consumen y contribuyen a la pérdida del valor alimenticio y de las reservas, afectando el sabor del fruto (Crisosto; Garner; Doyle; Day, 1993).

Según Szczesniak y Smith (1969) las fresas presentan células grandes y muy separadas unas de otras, lo que hace que sea un tejido muy suave y, en consecuencia, susceptible al daño mecánico (Burkhart, 1943), ya que se suaviza la pared celular por los cambios que sufren las pectinas (Montero *et al.*, 1996) y la degradación de los materiales pécticos en la lámina media, lo que hace perder el poder cementante de la pared (Perkins-Veazie, 1995).

4. Conclusión

Los cultivos hidropónicos se presentan como una alternativa innovadora y competitiva para la producción de fresa en Nariño, ya que permite tener un buen número de plantas en áreas reducidas, obtener frutos más firmes y de buena calidad. Además, la implementación de esta herramienta en el departamento, brindará una oportunidad rentable y tecnológica al productor con suelos no aptos para agricultura y que se ajusta a las necesidades de la zona. De acuerdo con los resultados obtenidos en algunas variables de calidad, como firmeza, los frutos tendrán mayor resistencia, lo que le permitirá al productor tener una ventaja a la hora de realizar manipulación de fruta en poscosecha. Además, cabe resaltar que productores y técnicos del área permanentemente buscan información sobre el tema y realizar la comparación con las ventajas que el sistema presenta, con respecto al cultivo en suelo, razón por la cual esta investigación permitirá documentarse sobre el tema, ya que el éxito de la técnica dependerá del control de las condiciones y de los parámetros para asegurar la calidad y eficiencia en campo como se muestra en este artículo.

Referencias

- Adams, P. (1991). Effect of increasing the salinity of nutrient solution with major nutrients or sodium chloride on yield, quality and composition of tomatoes grown in rockwool. *Journal of Horticultural Science*, 66(6), 201-207.
- Aguilar, Martin (2011). *Demanda nutricional de cuatro variedades de fresa (Fragaria annanasa Duch), cultivadas en la región de Zamora Michoacan* (tesis de maestría). Colegio de Postgraduados, Montecillo, México.
- Alavoine, F.; Crochon, M. (1989). Taste quality of strawberry. *Acta Horticulturae*, 265, 449-452.
<https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1989.265.68>
- Anagnostou, K.; Vasilakakis, M. (1995). Effect of substrate and cultivar on earliness, plant productivity, and fruit quality of strawberry. *Acta Horticulturae*, 379, 267-274.
<https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1995.379.33>
- Ávila, Eliana (2015). *Manual de Fresa*. Cámara de Comercio de Bogotá. Vicepresidencia de fortalecimiento empresarial. Bogotá, Colombia: Cámara de Comercio de Bogotá.
- Awang, Y. B.; Atherton, J. G.; Taylor, A. J. (1993a). Salinity effects on strawberry plants grown in rockwool. I. Growth and leaf relations. *Journal of Horticultural Science*, 68(5), 783-790.
<https://doi.org/10.1080/00221589.1993.11516413>
- Awang, Y. B.; Atherton, J. G.; Taylor, A. J. (1993b). *Salinity effects on strawberry plants grown in rockwool. Part II. Fruit quality*. *Journal of Horticultural Science*, 68(5), 791-795.
<https://doi.org/10.1080/00221589.1993.11516414>
- Buitrago, Germán; López, Alonso; Coronado, Alfonso; Osorno, Fernando (2004). Determination of physical characteristics and mechanical properties of potatoes cultivated in Colombia. *Rev. bras. eng. agric. ambient.* 8(1), 102-110
<https://doi.org/10.1590/S1415-43662004000100015>
- Burkhart, Leland (1943). Firmness of strawberries as measured by a penetrometer. *Plant Physiol.*, 18(4). 693-698.
<https://doi.org/10.1104/pp.18.4.693>
- Cadahia, Carlos (2005). *Fertirrigacion. Cultivos hortícolas, frutales y ornamentales*. Madrid, España: Mundi-Prensa.
- Caglar, H.; Paydas, S. (2002). Changes of quality characteristics and aroma compounds of hybrids and some strawberry cultivars during harvest periods. *Acta Horticulturae*, 567, 203-206.
<https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2002.567.40>

- Casierra-Posada, Fánor; García, Nehidy (2005). Crecimiento y distribución de materia seca en cultivares de fresa (*Fragaria* sp.) bajo estrés salino. *Agronomía Colombiana*, 23(1), 83-90.
<https://revistas.unal.edu.co/index.php/agrocol/article/view/19909>
- Chartzoulakis, K. (1992). Effects of NaCl salinity on germination, growth, and yield of greenhouse cucumber. *Journal of Horticultural Science*, 67, 115-119.
<https://doi.org/10.1080/00221589.1992.11516227>
- Chaves, Ángela; Lasso, Zahara (2012). *Efecto de dos coberturas plásticas y tres láminas de agua bajo un sistema de riego por goteo en un cultivo de fresa (Fragaria sp.)* (tesis de pregrado). Universidad de Nariño, Pasto, Colombia.
- Crisosto, C.; Garnes, D.; Doyle, J.; Day, K. (1993). Relationship between fruit respiration, bruising susceptibility, and temperature in sweet cherries. *HortScience*, 28(2), 132-135.
- D'anna, F.; Incalcaterra, G.; Moncada, A.; Miceli, A. (2003). Effects of different electrical conductivity on strawberry grown in soilless culture. *Acta Horticulturae*, 609; 355-360.
<https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2003.609.53>
- Delgado, Ana (2014). *Efecto de las líneas de riego por goteo y la aplicación del silicio en un cultivo de fresa (Fragaria sp.) bajo cubierta* (tesis de pregrado). Universidad de Nariño, Pasto, Colombia.
- El-Siddig, K.; Lüdders, P. (1994). Interactive effects of nitrogen nutrition and salinity on reproductive growth of apples trees. *Gartenbauwissenschaft*, 59(2), 58-61.
- Fabela, Manuel; Hernández, José; Vázquez, David; Lozano, Alejandro (2002). Vibración durante el transporte y su efecto en percederos. Enfoque introductorio. *Publicación Técnica*, 188. 5-45.
- Flórez, Rafael; Mora, Ruth (2010). *Fresa (Fragaria ananassa Duch) producción y manejo poscosecha*. 1ª Edición. Bogotá, Colombia: Corredor Tecnológico Agroindustrial, Cámara de Comercio de Bogotá.
- Giörgy, Sitkei (1986). *Mechanics of Agricultural Materials*. Budapest, Hungary: Elsevier Science Publisher.
- González, Diana; Ferrucho, Ana (2013). *Evaluación y comparación del comportamiento agronómico de dos cultivares de fresa ('Albion' y 'Monterey') sembrados a libre exposición y bajo macrotúnel en la sabana de Bogotá (Colombia)* (tesis de pregrado). Universidad Militar "Nueva Granada", Cajicá, Colombia.
- Hakala, R.; Tahvonen, R.; Huopalahti, R.; Lapveteläinen, A. (2002). Quality factors of finnish strawberries. *Acta Horticulturae*, 567, 727-729.
<https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2002.567.159>
- Hamano, M.; Yamato, Y.; Yamazaki, H.; Miura, H. (2002). Change in sugar contents and composition of strawberry fruit during development. *Acta Horticulturae*, 567, 369-372.
<https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2002.567.80>
- Hancock, James (1999). *Strawberries*. New York, USA: CAB International Publishing.
- Hidekazu, Ito (2002). Potential of near infrared spectroscopy for nondestructive determination of °Brix in strawberries. *Acta Horticulturae*, 567, 751-754.
<https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2002.567.165>
- Instituto Colombiano Agropecuario (2009). *Mis Buenas Prácticas Agrícolas "Guía para agroempresarios"*. Bogotá, Colombia: ICA.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación ICONTEC (1997). Norma Técnica Colombiana NTC 4103, Bogotá, Colombia.

- Janse, J. (1989). Effects of humidity, temperature, and concentration of the nutrient solution on firmness, shelflife and flavor of sweet pepper fruits (*Capsicumannuum* L.). *Acta Horticulturae*, 244, 123-132.
<https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1989.244.12>
- Kader, A. (1991). Quality and its maintenance in relation to the postharvest physiology of strawberry. In: J.J. Luby; A. Dale (Eds.). *The strawberry into the 21st Century* (pp. 145–151). Portland, Oregon, USA: Timber Press.
- Maroto, José; López, S. (1988). *Producción de fresas y fresones*. Madrid, España: Mundi-Prensa.
- Martínez, Fátima; Oliveira, José; Oliveira, Eunice; Palencia, Pedro (2017). Influence of growth medium on yield, quality indexes and SPAD values in strawberry plants. *Scientia Horticulturae*, 217, 17-27.
<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.01.024>
- Martínez-Bolaños, M.; Nieto-Angel, D.; Téliz-Ortiz, D.; Rodríguez-Alcazar, J.; Martínez-Damián, T.; Vaquera-Huerta, H.; Carrillo, O. (2008). Comparación cualitativa de fresas (*Fragaria x ananassa* Duch.) de cultivares mexicanos y estadounidenses. *Revista Chapingo. Serie horticultur*, 14(2), 113-119.
- Martínez-Soto, G.; Mercado-Flores, J.; López-Orozco, M.; Prieto-Velásquez, B. (2010). *Propiedades fisicoquímicas de seis variedades de fresa (Fragaria ananassa) que se cultivan en Guanajuato* (tesis de pregrado). Universidad de Guanajuato, Guanajuato, México.
- Massa, D.; Incrocci, L.; Maggini, R.; Carmassi, G.; Campiotti, C.; Pardossi, A. (2010). Strategies to decrease water drainage and nitrate emission from soilless culture of greenhouse tomato. *Agriculture Water Management*, 97(7), 971-980.
<https://doi.org/10.1016/j.agwat.2010.01.029>
- Mizrahi, Y.; Taleisnik, E.; Kagan-Zur, V.; Zohar, Y.; Offenbach, R.; Matan, E.; Golan, R. (1988). A saline irrigation regime for improving tomato fruit quality without reducing yield. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 113(2), 202-205.
- Moccia, Silvia; Mocano, Edgardo; Oberti, Adriana; Chiesa, Ángel (2007). Evaluación comparativa de índices de calidad a cosecha en seis variedades de frutilla (*Fragaria annanassa* Duch. In: *V Congreso Iberoamericano de Tecnología Poscosecha y Agroexportaciones* (pp. 433-441). Cartagena, España.
- Montero, Teresa; Mollá, Esperanza; Esteban, Rosa; López-Andréu, Francisco (1996). Quality attributes of strawberry during ripening. *Scientia Horticulturae*, 65(4), 239–250.
[https://doi.org/10.1016/0304-4238\(96\)00892-8](https://doi.org/10.1016/0304-4238(96)00892-8)
- Ornelas-Paz, José; Yahia, Elhadi; Ramírez-Bustamante, Nidia; Pérez-Martínez, Jaime; Escalante-Minakata, María; Ibarra-Junquera, Vrani; Acosta-Muñiz, Carlos; Guerrero-Prieto, Víctor; Ochoa-Reyes, Emilio (2013). Physical attributes and chemical composition of organic strawberry fruit (*Fragaria x ananassa* Duch, Cv. Albion) at six stages of ripening. *Food Chemistry*, 138(1), 372-381.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.11.006>
- Ozguven, A.; Yilmaz, C. (2002). The effects of the gibberelle acid treatments on the yield and fruit quality in strawberry (*Fragaria annanassa*) CV. Camarosa. *Acta horticulturae*, 567, 277-279.
<https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2002.567.57>
- Palencia, Pedro; Bordonaba, Jordi; Martínez, Fátima; Terry, León (2016). Investigating the effect of different soilless substrates on strawberry productivity and fruit composition. *Scientia Horticulturae*, 203, 12-19.
<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.03.005>
- Paraskevopoulou-Paroussi, G.; Vassilakakis, M.; Dogras, C. (1995). Effects of temperature, duration of cold storage and package on postharvest quality of strawberry fruit. *Acta Horticulturae*, 379, 337–344.
<https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1995.379.42>

- Pérez, Ana; Sanz, Carlos (2008). Técnicas de poscosecha, manejo, almacenamiento y transporte de frutos. En: Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca (Eds.), *La fresa Huelva* (pp. 273-276). Madrid, España: Viceconsejería. Servicio de Publicaciones y Divulgación.
- Pérez, María; Ojeda, Maritza; Mogollón, Norca; Giménez, Aracelis (2013). Efecto sobre los sustratos y ácido giberélico sobre el crecimiento, producción y calidad de fresa *Fragaria ananassa* Duch cv Camarosa. Venezuela. *Revista Bioagro*, 25, 31-38.
- Perkins-Weazie, P. (1995). Growth and ripening of strawberry fruit. *Horticultural Reviews*, 17, 267–297.
<https://doi.org/10.1002/9780470650585.ch8>
- Quian, M.; Finn, C.; Schroeder, J. (2005). *Objective flavor comparison of Oregon strawberries and those from other climatic conditions*. Oregon Strawberry Commission, USA: Progress report.
- Red de Información y Comunicación del Sector Agropecuario Colombiano [AGRONET], (2017). *Sistema de reportes y estadísticas*. Recuperado de:
https://www.agronet.gov.co/Documents/34-FRESA_2017.pdf
- Rivera, Álvaro (1993). *Commercial Postharvest handling of Strawberries (Fragaria spp)*. Minneapolis, EEUU: Minnesota Extension Service, University of Minnesota.
- Rodríguez-Delfín, A.; Chang, M.; Hoyos, M.; Falcón, F. (2010). Rendimiento de cebolla bajo cultivo hidropónico. *Red Hidroponía, Boletín*, 46.
- Roudeillac, P.; Trajkovski, K. (2004). Breeding for fruit quality and nutrition in strawberries. *Acta Horticulturae*, 842, 737-740.
<https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2004.649.7>
- Samykanno, Kavitha; Pang, Edwin; Marriott, Philip (2013). Genotypic and environmental effects on flavor attributes of ‘Albion’ and ‘Juliette’ strawberry fruits. *Scientia Horticulturae*, 164, 633-642.
<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2013.09.001>
- Szczesniak, Alina; Smith, Bertha (1969). Observations on Strawberry Texture, a three-pronged approach. *Journal of Texture Studies*, 1(1), 65-89.
<https://doi.org/10.1111/j.1745-4603.1969.tb00957.x>
- Taiz, Lincoln; Zeiger, Eduardo (2006). *Plant Physiology*. (4th edition). Sunderland, Massachusetts: Sinauer Associates Inc. Publishers.
- Tüzel, I.; Tunali, U.; Tüzel, Y.; Öztekin, G. (2009). Effects of salinity on tomato in a closed system. *Acta Horticulturae*, 807, 457-462.
<https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2009.807.65>
- Van-Os, E. (2009). Comparison of some chemical and non-chemical treatments to disinfect a recirculating nutrient solution. *Acta Horticulturae*. 843, 229-234.
<https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2009.843.29>
- Walker, R. R.; Kriedmann, P. E.; Maggs, D. H. (1979). Growth, leaf physiology and fruit development in salt-stressed guavas. *Australian Journal of Agricultural Research*, 30(3), 477-488.
- Wrolstad, Ronald; Shallenberger, Robert (1981). Free sugars and sorbitol in fruits – a compilation from the literature. *Journal of the Association of Official Analytical Chemist*, 64(1), 91–103.
<https://doi.org/10.1093/jaoac/64.1.91>