

**Influencia del nivel de fertirriego y sustrato en la calidad
comercial de la fresa Chandler (*Fragaria x ananassa*)**

**Influence of fertigation and substrate levels on the commercial quality of
Chandler strawberries (*Fragaria x ananassa*)**

Agustín Julián Portuguese Mautua¹

Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho
<https://orcid.org/0000-0001-6376-1534>
agustin.portuguez@unsch.edu.pe

Saul Ricardo Chuqui Diestra²

Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho
<https://orcid.org/0000-0003-2582-2716>
saul.chuqui@unsch.edu.pe

Jack Edson Hernández Mavila³

Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho
<https://orcid.org/0000-0002-3639-0018>
jack.hernandez@unsch.edu.pe

Fredy Rober Pariona Escalante⁴

Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho
<https://orcid.org/0000-0003-1067-1046>
fredy.pariona@unsch.edu.pe

Isabel Gonzales Quispe⁵

Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho
<https://orcid.org/0000-0003-2689-4818>
isabel.gonzales@unsch.edu.pe

Virgilio Valderrama Pacho⁶

Universidad Nacional de Huancavelica, Huancavelica
<https://orcid.org/0000-0002-8948-0383>
virgilio.valderrama@unh.edu.pe

Instituto de instigación: Unidad de investigación e Innovación de la
Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia, Grupo de investigación:
Paradigmas de la investigación.

1 Doctor en Ciencias de los alimentos, docente del área académica de producción y evaluación de productos agroindustriales, departamento académico de Ingeniería química.

2 Doctor en Ingeniería Agroindustrial, docente del área académica de producción y evaluación de productos agroindustriales, departamento académico de Ingeniería química.

3 Maestro en Docencia Universitaria y Gestión Educativa, docente del área académica de producción y evaluación de productos agroindustriales, departamento académico de Ingeniería química.

4 Maestro en Gestión Empresarial, docente del área académica de producción y evaluación de productos agroindustriales, departamento académico de Ingeniería química.

5 Magister Scientiae en Agronegocios, docente del área académica de producción y evaluación de productos agroindustriales, departamento académico de Ingeniería química.

6 Maestro en Ciencias de Ingeniería, docente del área académica de Ingeniería y Tecnología Agroindustrial, departamento académico de Ingeniería Agroindustrial.

Área de investigación: Producción y evaluación de productos agroindustriales, Línea de Investigación: Propiedades físicas y funcionales de los materiales agroindustriales.

Resumen

Se evaluó la influencia de niveles de fertirriego (20%, 40% y 60%) y tipos de sustrato (tierra y arena) en la calidad comercial de la fresa Chandler, con un diseño factorial 2K con 8 tratamientos. Según los resultados el fertirriego y tipo de sustrato influyeron significativamente en las características físicas de las fresas, con diferencias estadísticas significativas ($p < 0.05$), color, peso, diámetro longitudinal y diámetro transversal, cuyos valores oscilaron ($L^* = 37.18$ a 42.05), ($a^* = 47.52$ a 60.27), ($b^* = 19.59$ a 26.11), 6.99 a 12.92 g, 2.23 a 3.04 cm y 2.66 a 3.45 cm respectivamente. Las características fisicoquímicas tuvieron diferencias significativas ($p < 0.05$), pH, acidez, sólidos solubles, vitamina C, azúcares reductores, estos valores oscilaron 3.28 a 4.30, 0.84 a 1.21%, 8.37 a 11.73, 18.43 a 26.65 mg/100 g y 1.44 a 1.94 mg/g respectivamente. Los polifenoles totales y capacidad antioxidante fueron afectados por el nivel de fertirriego y sustrato mostrando diferencias estadísticas significativas ($p < 0.05$) sus valores oscilan entre 68.26 a 123.97 mg EAG/100 g y 121.17 a 174.34 $\mu\text{mol equiv. Trolox/100 g}$ respectivamente. El tratamiento óptimo es el de fertirriego al 60% en sustrato de arena, el cual mejora significativamente la calidad de la fresa en comparación con los demás tratamientos.

Palabras claves: Fertirriego, sustrato, diseño factorial 2k, características funcionales.

Abstract

The influence of fertigation levels (20%, 40% and 60%) and substrate types (soil and sand) on the commercial quality of Chandler strawberries was evaluated with a 2K factorial design with 8 treatments. According to the results, fertigation and substrate type significantly influenced the physical characteristics of strawberries, with significant statistical differences ($p < 0.05$), color, weight, longitudinal diameter and transverse diameter, whose values ranged ($L^* = 37.18$ to 42.05), ($a^* = 47.52$ to 60.27), ($b^* = 19.59$ to 26.11), 6.99 to 12.92 g, 2.23 to 3.04 cm and 2.66 to 3.45 cm respectively. The physicochemical characteristics had significant differences ($p < 0.05$), pH, acidity, soluble solids, vitamin C, reducing sugars, these values ranged from 3.28 to 4.30, 0.84 to 1.21%, 8.37 to 11.73, 18.43 to 26.65 mg / 100 g and 1.44 to 1.94 mg / g respectively. Total polyphenols and antioxidant capacity were affected by the level of fertigation and substrate showing significant statistical differences ($p < 0.05$) their values ranged from 68.26 to 123.97 mg EAG / 100 g and 121.17 to 174.34 $\mu\text{mol equiv. Trolox / 100 g}$ respectively. The optimal treatment is 60% fertigation in a sand substrate, which significantly improves strawberry quality compared to other treatments.

Keywords: Fertigation, substrate, 2k factorial design, functional characteristics

I. Introducción

Las fresas son frutos sumamente apreciados en todo el mundo por su exquisito sabor, aroma y versatilidad culinaria. Su demanda creciente ha motivado la investigación para mejorar sus características organolépticas, aumentar su rendimiento y optimizar sus atributos nutricionales. Este trabajo se

embarca en un viaje hacia la comprensión profunda de los factores que influyen en la calidad de las fresas, con el objetivo principal de perfeccionar sus características y optimizar sus atributos para satisfacer las expectativas cada vez más exigentes de los consumidores y las demandas del mercado.

Se sugiere consumir más de 500 g de

frutas y verduras al día para proporcionar al organismo una dieta rica en antioxidantes, como una estrategia preventiva contra ciertas enfermedades. Este enfoque ha generado un creciente interés en la comunidad científica por investigar la relación entre el consumo de vitaminas, antioxidantes y los niveles de estrés oxidativo, con el objetivo de prevenir la aparición de enfermedades crónicas no transmisibles. (OMS, 2019).

A lo largo de los años, la industria de la fresa ha experimentado una expansión significativa, impulsada por la creciente conciencia de los beneficios para la salud asociados con el consumo de estas bayas ricas en antioxidantes. Sin embargo, para mantener la competitividad en este mercado en constante evolución, es esencial abordar desafíos como la variabilidad en la calidad del cultivo, los factores ambientales cambiantes y las expectativas cambiantes de los consumidores.

Esta investigación se sumerge en un enfoque multidisciplinario que abarca aspectos agronómicos y tecnológicos para abordar estas cuestiones de manera integral. A través de técnicas avanzadas de mejoramiento de prácticas agrícolas sostenibles y tecnologías de procesamiento innovadoras.

El presente trabajo no solo aspira a contribuir al conocimiento científico en el campo de la horticultura, sino también a ofrecer soluciones prácticas y aplicables para los productores, agricultores y la industria alimentaria en general.

Con este propósito, la investigación se estructura en capítulos que exploran desde la base genética de las fresas hasta las técnicas de cultivo más eficientes, abordando así los desafíos específicos que enfrenta esta fruta en su camino hacia la perfección y la optimización de sus características distintivas.

Se estableció el siguiente objetivo principal: Evaluar la influencia del nivel de fertirriego y sustrato en la calidad comercial de la fresa Chandler (*Fragaria x ananassa*), de la misma manera, se determinará las propiedades físicas, fisicoquímicas y funcionales de la fresa.

II. Materiales y métodos

La investigación se realizó en el Laboratorio de Biotecnología Industrial de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, así como en el centro poblado de Chahuaybamba, localizado en el distrito y provincia de Cangallo. Se utilizó la fresa Chandler (*Fragaria x ananassa*) madura que fue cosechada del cultivo de las parcelas de los distintos sustratos y los diferentes niveles de fertirriego fueron evaluados para determinar su influencia en la calidad comercial. Los análisis realizados fueron: Físicos, fisicoquímicos y funcionales.

Análisis físicos de la fresa

Peso

Se utilizó una balanza analítica, con el objetivo de medir la masa de las fresas y calcular los promedios correspondientes, para posteriormente compararlos con los de otros grupos de tratamiento experimentales (Amézquita, 2018).

Diámetro longitudinal

Se midió el diámetro longitudinal (cm) de la fresa, para lo cual se tomó cada fruto desde la parte lateral hasta la otra parte lateral del fruto (pericarpio). El instrumento para este fin es un micrómetro Vernier (Amézquita, 2018).

Diámetro transversal

Se midió diámetro transversal (cm) en la fresa, desde la base del fruto hasta la otra punta opuesta, abarcando la mayor sección transversal. El instrumento para esta determinación es un micrómetro Vernier (Amézquita, 2018).

Color CIElab

El análisis se realizó mediante mediciones en la parte central del fruto. Para ello, se utilizó un lector de color portátil, aplicando el espacio de color CIE Lab*, en el cual L* representa la luminosidad, a* corresponde al eje de color que va del verde (valores negativos) al rojo (valores positivos), y b* al eje que va del azul (-) al amarillo (+). Este espacio de color es uno de los más uniformes utilizados actualmente

para evaluar el color de un producto o objeto, siendo los parámetros de medida L, a y b los más relevantes (Gennadios et al., 1996).

Análisis fisicoquímicos de la fresa

pH

El pH se midió utilizando un pHmetro digital con una escala de 0,00 a 14,0, mediante un mecanismo de celda electroquímica que permite determinar la concentración de iones H^+ en la solución, este utiliza un electrodo de referencia y otro de medición, sensible a los analitos, se realizó la medición sobre una suspensión 1:1 de una muestra acuosa de fresa (10 mL) en agua diluida (Martinez-Bolanos et al., 2008).

Sólidos Solubles

Se utilizó un refractómetro de mano, se extrajeron directamente unas gotas de jugo de fresa de cada muestra, y se colocaron en el refractómetro de mano para realizar la lectura. Los resultados se expresaron en °Brix (Hancock, 2022).

Acidez Titulable

Esta determinación se realizó mediante volumetría, siguiendo el método propuesto por Tovar (2018). Se colocaron 20 mL de jugo de fresa en un vaso precipitado, y se añadió lentamente una solución de NaOH a 0.1N usando una bureta hasta alcanzar un pH de 7.00. Luego, se midió el volumen de NaOH utilizado, y el porcentaje de acidez se expresó en términos de ácido cítrico.

$$Acidez\ total\left(\frac{g}{L}\right)=\frac{N_B * V_B * M_{EQ}}{V_V}$$

Donde:

N_B : Es la normalidad del NaOH

V_B : Es el volumen gastado de NaOH

M_{EQ} : Es la masa equivalente del ácido cítrico (64 g/eq).

V_V : Es el volumen de muestra utilizada

Vitamina C

Para la determinación de la vitamina C, se empleó el método espectrofotométrico propuesto por el departamento de Agricultura de Canadá, basado en la reducción del colorante 2-6 Diclorofenolindofenol por efecto de la solución del ácido ascórbico en ácido oxálico. (Nielsen, 2008)

Azúcares reductores

Para esta determinación, se utilizó el método DNS (Ácido 3,5 dinitrosalícilico) descrito por (Miller, 1959) citado en Diaz (2020).

Análisis funcionales de la fresa

Polifenoles totales

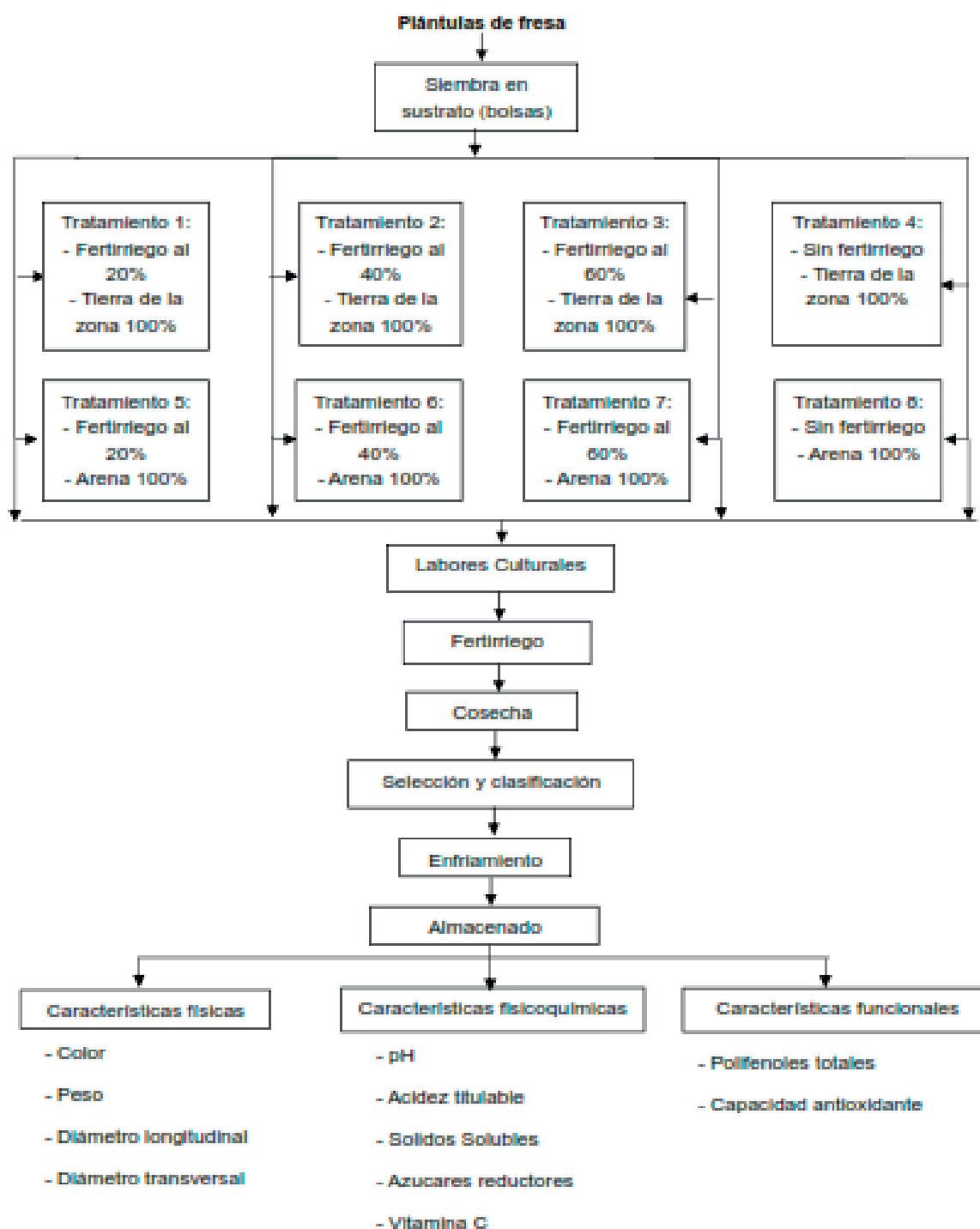
Se empleó el método de Folin-Ciocalteu descrito por Singleton y Rossi (1965), citado en Jurado et al. (2016).

Capacidad antioxidante

Se evaluó mediante la capacidad de captación del radical DPPH (1,1-difenil-2-picrilhidrazil), utilizando la metodología de Rojano et al. (2008), citada en Palomino et al. (2009).

Diseño experimental

El diseño experimental diseñado en la investigación siguió los siguientes pasos como se muestra en la figura 1.

Figura 1*Diseño experimental*

Fase productiva. - En parcela demostrativa en el centro poblado de Chahuaybamba, Provincia Cangallo, Región Ayacucho, se evaluó la influencia del nivel de fertirriego y sustrato en la calidad comercial de la fresa Chandler (*Fragaria x ananassa*).

Plántulas de fresa. - Estas deben ser de la variedad Chandler las cuales deben de tener un buen vigor, limpias y desinfectadas.

Siembra. - Es de forma manual en bolsas negras con un distanciamiento promedio de 0.3 m entre fresas y 0.4 m entre hileras estas

estarán contenidas en 2 distintos sustratos (tierra de la zona, arena). Con el fin de obtener producciones más precoces que tengan un valor económico mayor, la fecha de siembra comenzó a fines del mes de febrero del presente año.

Labores culturales. – Se llevo a cabo tareas culturales, que comprenden actividades de mantenimiento y cuidado durante todo el ciclo productivo de las fresas. Para prevenir la aparición insectos como la araña roja en las plantas de fresa, se seleccionaron exclusivamente plantones saludables y se eliminaron las malas hierbas, así como las ramas que no generaron frutos mediante la poda.

Fertirriego (Abonamiento). – Se realizó la formulación de acuerdo con el diseño planteado, con tres concentraciones diferentes de abono en los sustratos elegidos. Para el tema del riego, este fue por goteo la cual hizo tres veces por semana con el propósito de mantener los sustratos húmedos.

El % del nivel de concentración de abono utilizado, se realizó fraccionando en % de acuerdo al límite máximo permitido de nutrientes por fertirriego para el cultivo

de fresas descrita por Hidroponía Mexicana (2022).

Para el **Fertirriego al: 20%**

ELEMENTO	CANTIDAD
Nitrógeno (N)	60 = mg/L
Fosforo (P)	120 = mg/L
Potasio (K)	80 = mg/L
Calcio (Ca)	80 = mg/L
Magnesio (Mg)	15 = mg/L

Cálculo de minerales de Ca^{2+} y Mg^{2+} en ppm presentes en el agua a utilizar para fertirriego. Se realizó la conversión de meq-g a ppm(mg/L) con la siguiente formula:

$$\frac{\text{meq}}{L} * \frac{PM(i)}{\text{Valencia}} = \text{mg} / L$$

Sabiendo la cantidad de nutrientes en estado iónico de cantidad necesitada y la presente en el agua, se realiza la operación de resta entre los ppm (recomendados) y los ppm (presentes en el agua), para poder así saber la cantidad de nutrientes necesarios que se debe utilizar.

Elemento	ppm(recomendado)	ppm (presente en el agua de riego)	ppm (a utilizar)
Nitrógeno(N)	60 = mg/L	0 = mg/L	60 = mg/L
Fosforo (P)	120 = mg/L	0 = mg/L	120 = mg/L
Potasio (K)	80 = mg/L	0 = mg/L	80 = mg/L
Calcio (Ca)	80 = mg/L	11.62 = mg/L	68.38 = mg/L
Magnesio (Mg)	15 = mg/L	5.59 = mg/L	9.41 = mg/L

Cantidad de Nitrato de Potasio (13-0-46) a utilizar

Cantidad de abono necesario de Potasio(K)

$$\begin{aligned}
 80 \text{ g K} &\rightarrow X \text{ g abono} \\
 38.18 \text{ g K} &\rightarrow 100 \text{ g abono} \\
 X &= \frac{12.40 \text{ g K} * 100 \text{ g abono}}{80 \text{ g K}} \\
 X &= 209.53 \text{ g de abono}
 \end{aligned}$$

Cantidad de nitrógeno(N) acompañado en el abono

$$\begin{aligned}
 209.53 \text{ g abono} &\rightarrow X \text{ g N} \\
 100 \text{ g abono} &\rightarrow 13 \text{ g N} \\
 X &= \frac{209.53 \text{ g abono} * 13 \text{ g N}}{100 \text{ g abono}} \\
 X &= 27.24 \text{ g N}
 \end{aligned}$$

Cantidad de Nitrado de amonio (34-0-0) a utilizar

Se debe de saber la cantidad de nitrógeno necesario como también la cantidad de nitrógeno que está siendo aportado en los fertilizantes utilizados.

- Cantidad de nitrógeno(N) necesario: 60 g
- Cantidad de nitrógeno(N) aportado por

nitrato de calcio: 21.77 g

- Cantidad de nitrógeno(N) aportado por nitrato de potasio: 27.24 g
- Cantidad restante que se necesita para dosificar: 10.99 g
- Cantidad de abono necesario de Nitrógeno(N)

Elemento	Cantidad de nutriente por g/1000 L	Cantidad de nutriente por g/20 L
Nitrato de amonio	32.33	0.65
Ácido fosfórico	447.09	8.94
Nitrato de potasio	209.53	4.19
Nitrato de calcio	290.22	5.80
Sulfato de magnesio	97.50	1.95

Para el Fertirriego al: 40%

ELEMENTO	CANTIDAD
Nitrógeno (N)	120 = mg/L
Fosforo (P)	240 = mg/L
Potasio (K)	160 = mg/L
Calcio (Ca)	160 = mg/L
Magnesio (Mg)	30 = mg/L

Cálculo de minerales de Ca^{2+} y Mg^{2+} en ppm presentes en el agua a utilizar para fertirriego.

Primero se realiza la conversión de meq-g a ppm (mg/L)

Se aplica la siguiente formula:

$$\frac{\text{meq}}{L} * \frac{PM(i)}{\text{Valencia}} = \text{mg} / L$$

Para el $\text{Ca}^{2+} = 0.58 \text{ meq/L}$

$$\frac{\text{meq}}{L} * \frac{PM(i)}{\text{Valencia}} = \frac{\text{mg}}{L}$$

$$0.58 * \frac{40.08}{2} = \text{mg} / L$$

$$11.62 = \text{mg} / L$$

Para el $\text{Mg}^{2+} = 0.46 \text{ meq/L}$

$$\frac{\text{meq}}{L} * \frac{PM(i)}{\text{Valencia}} = \frac{\text{mg}}{L}$$

$$0.46 * \frac{24.32}{2} = \text{mg} / L$$

$$5.59 = \text{mg} / L$$

Sabiendo la cantidad de nutrientes en estado iónico de cantidad necesitada y la presente en el agua, se realiza la operación de resta entre

los ppm (recomendados) y los ppm (presentes en el agua), para poder así saber la cantidad de nutrientes necesarios que se debe utilizar.

Elemento	ppm(recomendado)	ppm (presente en el agua de riego)	ppm (a utilizar)
Nitrógeno(N)	120 = mg/L	0 = mg/L	60 = mg/L
Fosforo (P)	240 = mg/L	0 = mg/L	120 = mg/L
Potasio (K)	160 = mg/L	0 = mg/L	80 = mg/L
Calcio (Ca)	160 = mg/L	11.62 = mg/L	68.38 = mg/L
Magnesio (Mg)	30 = mg/L	5.59 = mg/L	9.41 = mg/L

Composición de nutrientes presentes en abonos comerciales para fertirriego

	N%	P ₂ O ₅ %	K ₂ O%	CaO%	MgO%
Nitrato de potasio	13 -	0 -	46 -	0 -	0
Nitrato de calcio	7.5 -	0 -	0 -	33 -	0
Nitrato de amonio	34 -	0 -	0 -	0 -	0
Sulfato de magnesio	0 -	0 -	0 -	0 -	16
Ácido fosfórico	0 -	61 -	0 -	0 -	0

Utilizamos factores de conversión de unidades agrícola para llevar de la forma de los abonos comerciales a la forma de nutrientes de iones recomendados calculados.

Conversión de abonos comerciales(g) para fertirriego en nutrientes iónicas(g)

	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	Valor	NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
Nitrato de potasio	13	0	46	0	0	0.83	13	0	38.18	0	0
Nitrato de calcio	7.5	0	0	33	0	0.71	7.5	0	0	23.56	0
Nitrato de amonio	34	0	0	0	0	1	34	0	0	0	0
Sulfato de magnesio	0	0	0	0	16	0.60	0	0	0	0	9.65
Ácido fosfórico	0	61	0	0	0	0.44	0	26.84	0	0	0
Amonio	34	0	0	0	0	1	34	0	0	0	0

Ya teniendo las cantidades en forma iónica(g) podemos realizar las operaciones necesarias para saber la cantidad de nutriente(g) que se requiere.

Ya teniendo todas las cantidades necesarias de nutrientes que están

estandarizadas para un tanque de 1000 L o 1m³ de agua se realiza la conversión para poder dosificar para un recipiente de 20 L o 0.02m³ ya que es la cantidad que necesita la planta.

Elemento	Cantidad de nutriente para g/1000L	Cantidad de nutriente para g/20L
Nitrato de amonio	53.79	1.1
Ácido fosfórico	894.19	17.9
Nitrato de potasio	419.07	8.4
Nitrato de calcio	629.78	12.6
Sulfato de magnesio	252.97	5.1

Para el Fertirriego al 60%

ELEMENTO	CANTIDAD
Nitrógeno (N)	
Fosforo (P)	
Potasio (K)	
Calcio (Ca)	
Magnesio (Mg)	

Cálculo de minerales de Ca²⁺ y Mg²⁺ en ppm presentes en el agua a utilizar para fertirriego, de acuerdo al análisis fisicoquímico.

Primero se realiza la conversión de meq-g a

ppm(mg/L)

Se aplica la siguiente formula

$$\frac{meq}{L} * \frac{PM(i)}{Valencia} = mg/L$$

Para el Ca²⁺ = 0.58 meq/L

$$\frac{meq}{L} * \frac{PM(i)}{Valencia} = mg/L$$

$$0.58 * \frac{40.08}{2} = mg/L$$

$$11.62 = mg/L$$

Para el $Mg^{2+} = 0.46 \text{ meq/L}$

$$\frac{\text{meq}}{L} * \frac{PM(i)}{\text{Valencia}} = \text{mg/L}$$

$$0.46 * \frac{24.32}{2} = \text{mg/L}$$

$$5.59 = \text{mg/L}$$

Sabiendo la cantidad de nutrientes en estado iónico de cantidad necesitada y la presente en el agua, se realiza la operación de resta entre los ppm (recomendados) y los ppm (presentes en el agua), para poder así saber la cantidad de nutrientes necesarios que se debe utilizar.

Elemento	ppm(recomendado)	ppm (presente en el agua de riego)	ppm (a utilizar)
Nitrógeno(N)	180 = mg/L	0 = mg/L	180 = mg/L
Fosforo (P)	360 = mg/L	0 = mg/L	360 = mg/L
Potasio (K)	240 = mg/L	0 = mg/L	240 = mg/L
Calcio (Ca)	240 = mg/L	11.62 = mg/L	228.37 = mg/L
Magnesio (Mg)	45 = mg/L	5.59 = mg/L	39.41 = mg/L

Resumen de nutrientes necesarios para los tratamientos por fertirriego

Tabla 1

Tabla resumen de nutrientes necesarios por fertirriego

ELEMENTO	FERTIRRIEGO 20%(g)	FERTIRRIEGO 40%(g)	FERTIRRIEGO 60%(g)
Nitrato de amonio	0.65	1.1	1.5
Ácido fosfórico	8.94	17.9	26.8
Nitrato de potasio	4.19	8.4	12.6
Nitrato de calcio	5.80	12.6	19.4
Sulfato de magnesio	1.95	5.1	8.2

Cosecha. - En estado maduro en tapers de tamaño pequeño. Los frutos fueron cosechados, determinando su grado de madurez mediante la observación del color rojo en la superficie de las fresas. O cuando tiene más de la mitad o las tres cuartas partes de la superficie de color rojo (Dell, 2006). El cultivo de fresa tuvo una duración de 150 días.

Selección y clasificación. - Se llevó a cabo una selección de las frutas aptas para los análisis de laboratorio, eliminando aquellas que no cumplían con los requisitos necesarios. Las frutas fueron clasificadas según su nivel de madurez y se hizo este proceso de manera manual, utilizando guantes para garantizar las condiciones adecuadas.

Enfriamiento: Después de la cosecha, las frutas fueron enfriadas a temperatura

ambiente y protegidas del sol antes de ser colocadas en un cooler para su transporte al laboratorio. Una vez allí, se introdujeron en un refrigerador con temperaturas entre 0 y 2°C durante aproximadamente 1 hora. (Borja, 2010).

Almacenamiento: Los frutos de fresa fueron almacenados para la investigación a una temperatura entre 0 y 2°C durante un periodo de 0 a 7 días, según lo indicado por Borja (2010). Sin embargo, en este estudio se optó por almacenarlos a 0 ° y 2°C por dos días para evitar posibles cambios en la epidermis que pudieran influir en los resultados de los análisis de las características físicas y fisicoquímicas de la fresa en fresco. Para evaluar las características funcionales, los frutos fueron secados en un deshidratados a 60 °C durante

24 horas, luego pulverizados y envasados en bolsas herméticas, antes de llevar a cabo los análisis posteriores pertinentes.

III. Resultados y discusión

Caracterización física de la fresa

Color de la Fresa

En la tabla 1, se muestran los resultados del análisis físico de color en la fresa.

Tabla 1

Resultados de análisis de color en la fresa.

Nivel	Tipo de sustrato	Color		
		L*	a*	b*
20%	Tierra de la zona	39.31±0.74	53.23±0.69	26.11±0.41
40%	Tierra de la zona	40.89±0.81	50.37±1.17	22.47±0.63
60%	Tierra de la zona	35.08±0.91	55.11±0.51	20.82±0.92
Control	Tierra de la zona	37.18±0.3	49.16±0.64	21.19±0.65
20%	Arena	41.73±0.79	48.38±0.85	20.42±0.88
40%	Arena	42.05±0.59	59.89±1.38	19.68±0.99
60%	Arena	37.04±0.5	60.27±0.93	18.59±0.97
Control	Arena	42.29±1.19	47.52±1.01	23.5±0.98

De la tabla 1 se puede apreciar que para el parámetro (L*=luminosidad) tiende a aumentar en dosis pequeñas de fertirriego, parámetro (a*=rojo a verde) tiende a aumentar en mayores dosis de fertirriego y para el parámetro (b*=amarillo a azul) tiende a aumentar en pequeñas dosis de fertirriego, esto acontece por que los nutrientes contribuyen en el desarrollo de pigmentos de la fresa. Las diferencias entre los resultados entrados se pueden deber a las diferentes proporciones utilizadas de nutriente para la fresa como también el sustrato.

El mejor tratamiento para caso del parámetro (L*) es el nivel al 20% en un sustrato arena, para el parámetro (a*) es el nivel al 60% utilizando sustrato de arena y para el caso de parámetro (b*) es el nivel al 20% utilizando sustrato tierra. Esta ponderación de mejor color se atribuye a una mayor cantidad de nutrientes suministrados eficientemente en un sustrato adecuado como el de arena, lo cual fue confirmado por la investigación realizada. Estos resultados son consistentes con estudios previos. Solórzano et al. (2006) reportaron valores de 33.9, 47.6 y 60.2 para la tonalidad de rojo a verde (a*) y 20.0, 27.0 y 34.5 para la tonalidad de amarillo a azul (b*), que están en el rango de los valores

encontrados en esta investigación. Además, en cuanto a la luminosidad, Martínez et al. (2016) reportaron una tonalidad L* de 36.4, mientras que Kader et al. (1999) encontraron valores entre 35 y 38, resultados que son muy similares a los obtenidos en este estudio. No obstante, Alcántara (2009) reportó valores de luminosidad L* (31.40 y 31.13), a* (30.17 y 25.54) y b* (28.49 y 16.09) en fresas recolectadas, que son inferiores a los encontrados en esta investigación. Esto sugiere que la valoración del color en las fresas cultivadas con diferentes niveles de fertirriego y sustratos ofrece datos relevantes sobre su coloración. La coloración es un aspecto clave de la calidad de la fruta, ya que está correlacionada con la madurez y las características del fruto (Ojeda et al., 2017). Además, los pigmentos responsables del color rojo en las fresas, como las antocianinas, son importantes indicadores naturales de la maduración de las frutas (González, 2018).

Peso, diámetro longitudinal y transversal de la fresa

En la tabla 2 se muestra los resultados obtenidos de los análisis físicos promedio de peso, diámetro longitudinal y diámetro transversal de la fresa.

Tabla 2*Características físicas de la fresa*

Nivel	Tipo de sustrato	Peso (g)	Diámetro longitudinal (cm)	Diámetro transversal (cm)
20%	Tierra de la zona	8.73±0.74	2.49±0.07	2.75±0.08
40%	Tierra de la zona	9.33±0.87	2.56±0.11	2.76±0.12
60%	Tierra de la zona	10.45±0.56	2.52±0.17	2.99±0.17
Control	Tierra de la zona	7.34±0.79	2.38±0.1	2.68±0.05
20%	Arena	9.2±0.86	2.45±0.04	2.83±0.17
40%	Arena	10.26±0.99	2.56±0.02	3.28±0.17
60%	Arena	12.92±0.64	3.04±0.18	3.45±0.07
Control	Arena	6.99±0.92	2.23±0.04	2.66±0.18

De la tabla 2 se deduce el peso, diámetro longitudinal y transversal aumentan progresivamente en la fresa conforme aumenta el % de dosis por fertirriego, esto acontece por que los nutrientes contribuyen en el desarrollo de peso y tamaño en la fresa. Las diferencias entre los resultados pueden deberse a las diferentes proporciones utilizadas de nutriente para la fresa.

El tratamiento con el mejor valor de peso promedio 12.92 g, corresponde al nivel de fertirriego del 60% utilizando sustrato de arena. Este aumento en el peso se atribuye a una mayor cantidad de nutrientes suministrados en un sustrato adecuado como el de arena, lo cual fue confirmado por la investigación

realizada. Los resultados obtenidos son relativamente similares a los reportados por Huerta (2015), quien determino que los frutos de fresa cultivados con soluciones nutritivas orgánicas tenían un peso promedio de (7.07 g). En otro reporte Yandún (2019) encontró que los frutos de fresa cultivados con una combinación de 50% fertilización orgánica y 50% fertilización química alcanzaron un peso de (34.028 g). Nestby et al. (2006) señalan que la sobredosis de nitrógeno en las plantas de fresa tiende a aumentar el tamaño de los frutos.

Caracterización fisicoquímica de la fresa

En la tabla 3 se muestra los resultados de los análisis fisicoquímicos de la fresa.

Tabla 3*Características fisicoquímicas de la fresa*

Nivel	Tipo de sustrato	pH	Acidez titulable(%)	Sólidos solubles (°Brix)	Vitamina C (mg/100g)	Azúcares reductores (mg/100g)
20%	Tierra de la zona	3.37±0.08	0.88±0.03	9.77±0.35	21.52±0.04	1.45±0.01
40%	Tierra de la zona	3.46±0.09	0.95±0.13	9.7±0.2	21.75±0.12	1.47±0.01
60%	Tierra de la zona	3.57±0.14	1.07±0.15	10.03±0.64	24.24±0.07	1.55±0.01
Control	Tierra de la zona	3.29±0.06	1.22±0.1	9.23±0.81	20.84±0.1	1.44±0.02
20%	Arena	3.56±0.14	1.15±0.05	9.87±0.32	22.2±0.12	1.49±0.01
40%	Arena	3.75±0.22	1.02±0.11	10.4±0.26	24.46±0.09	1.78±0.01
60%	Arena	4.3±0.07	0.84±0.06	11.73±0.31	26.65±0.06	1.94±0.01
Control	Arena	3.33±0.06	1.19±0.04	8.37±0.55	18.43±0.08	1.44±0.01

Evaluación estadística del pH en la fresa

En la tabla 4 se muestra el análisis de varianza (ANOVA) del pH en la fresa.

Tabla 4

Análisis de varianza (ANOVA) del pH en la fresa

FV	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F Cal	Pr > F
Fertirriego	3	1.69343446	0.56447815	44.85	<.0001
Sustrato	1	0.34488038	0.34488038	27.40	<.0001
fert*sust	3	0.20501779	0.06833926	5.43	0.0005
Error	16	0.20137933	0.01258621		
Total corregido	23	2.44471196			

De la tabla 4, se infiere que hay diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) entre los tratamientos, indicando que al menos uno de ellos se distingue de los demás. Esto sugiere que el nivel de fertirriego y tipo de sustrato influyeron en la variación del pH. Por lo tanto, se realizó la prueba de comparación de medias de Tukey para determinar las diferencias específicas entre los tratamientos. Los valores de pH estuvieron entre 3.29 y 4.7 valores semejantes (3.51) plantaciones en verano (3.60) en de invierno y en fresas encontrados por Kader (1991). Las diferenciaciones en

el pH de la fresa estarían involucradas con factores de pre y postcosecha que influyen en la composición y calidad de fresa, ambientales, prácticas culturales y genéticos, Kader (1991). Kluepfel (2016) indica que los suelos con un pH muy alto o muy bajo pueden limitar la disponibilidad de nutrientes esenciales, lo que a su vez puede influir en la acidez y el sabor del fruto.

Evaluación estadística de la acidez en la fresa

En la tabla 5 se muestra el análisis de varianza (ANOVA) de la acidez en la fresa.

Tabla 5

Análisis de varianza (ANOVA) de la acidez en la fresa

FV	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F Cal	Pr > F
Fert	3	0.81837917	0.27279306	322.51	<.0001
Sust	1	0.09753750	0.09753750	115.32	<.0001
fert*sust	3	0.05201250	0.01733750	20.50	<.0001
Error	16	0.01353333	0.00084583		
Total corregido	23	0.98146250			

De la tabla 5, se observa que hay diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) entre los tratamientos, indicando que al menos uno de ellos se distingue de los demás. Esto sugiere que el nivel de fertirriego y tipo de sustrato influyeron en la variación de la acidez. Por lo tanto, se prosiguió a realizar la prueba de comparación de medias de Tukey para

determinar las diferencias específicas entre los tratamientos. El mejor tratamiento con valor de acidez promedio 1.22%, corresponde al control (testigo) en un sustrato de tierra. Este aumento puede atribuirse que estos cultivos al no recibir fertilización, los frutos de fresa pueden presentar una acidez natural que puede ser más pronunciada si la planta no

tiene acceso a nutrientes suficientes para su desarrollo óptimo. La generación de acidez inicia en la fase de desarrollo y previo a la maduración, es cuando los ácidos orgánicos y más importante el ácido cítrico presenta una máxima concentración de valores hasta 5.50% (Lopez et al., 2018). Pullchs (2023) encontró resultados en rango de 1.99 a 2.70% en fresas

hidropónicas, la cual difieren con nuestros valores, aunque Kader (1991) encontró valores promedio entre 0.50 a 1.87%.

Evaluación estadística de los sólidos solubles en la fresa

En la tabla 6 se muestra el análisis de varianza (ANOVA) de sólidos solubles en la fresa.

Tabla 6

Análisis de varianza (ANOVA) de los sólidos solubles en la fresa

FV	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado de lamedia	F Cal	Pr > F
Fertirriego	3	13.23458333	4.41152778	19.61	<.0001
Sustrato	1	1.00041667	1.00041667	4.45	0.0061
fert*sust	3	5.21125000	1.73708333	7.72	0.0021
Error	16	3.60000000	0.22500000		
Total corregido	23	23.04625000			

De la tabla 6, se observa que hay diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) entre los tratamientos, indicando que al menos uno de ellos se distingue de los demás. Esto sugiere que el nivel de fertirriego y tipo de sustrato influyeron en la variación de sólidos solubles. Por lo tanto, se prosiguió a realizar la prueba de comparación de medias de Tukey para determinar las diferencias específicas entre los tratamientos. El tratamiento con mejor valor de sólidos solubles promedios 11.73, corresponde tratamiento con un nivel de fertirriego del 60% en un sustrato de arena. Este resultado sugiere que un alto nivel de fertirriego en un adecuado sustrato con el de arena podría aumentar la concentración de azúcares en las fresas, independiente de factores como el clima y el suelo, que también influyen durante la maduración de la fruta. En investigaciones previas, se han reportado contenidos de sólidos solubles de 10,86% en frutos de la variedad Chandler con aplicaciones de biol y bioestimulantes (Benavides, 2001) y de 11,10% en frutos de la variedad Oso Grande con distintos niveles de abonamiento potásico (Puma, 2005).

Evaluación estadística de la vitamina C en la fresa

En la tabla 7 se muestra el análisis de varianza (ANOVA) de vitamina C en la fresa. Se

infiere que hay diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) entre los tratamientos, indicando que al menos uno de ellos se distingue de los demás. Esto sugiere que el nivel de fertirriego y tipo de sustrato influyeron en la variación de Vitamina C. Por lo tanto, se prosiguió a realizar la prueba de comparación de medias de Tukey para determinar las diferencias específicas entre los tratamientos.

El tratamiento con mejor valor de Vitamina C promedio 26.65 mg/100 g, corresponde al nivel de Fertirriego del 60% en un sustrato de Arena esto se pudo comprobar en esta investigación. Los niveles de vitamina C encontrados en esta investigación se sitúan dentro del rango descrito por Moor et al. (2004), que varía entre 7.1 y 20.0 mg/100 g. Estos resultados difieren de los reportados por Pérez y Sanz (2008), quienes indicaron valores entre 25 y 120 mg/100 g de fresa. Reganold et al. (2010) descubrieron que el contenido de vitamina C en las fresas cultivadas con abonamiento orgánico es significativamente mayor en comparación con el de las fresas cultivadas de manera convencional.

Tabla 7*Análisis de varianza (ANOVA) de la vitamina C en la fresa*

FV	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F Cal	Pr > F
Fertirriego	3	105.8469792	35.2823264	4485.04	<.0001
Sustrato	1	4.3265042	4.3265042	549.98	<.0001
fert*sust	3	24.8279125	8.2759708	1052.03	<.0001
Error	16	0.1258667	0.0078667		
Total corregido	23	135.1272625			

Evaluación estadística de azúcares reductores en la fresa

En la tabla 8 se muestra el análisis de varianza (ANOVA) de azúcares reductores en la fresa.

Tabla 8*Análisis de varianza (ANOVA) de azúcares reductores en la fresa*

FV	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F Cal	Pr > F
Modelo	7	0.74617600	0.10659657	807.80	<.0001
Fertirriego	3	0.34489433	0.11496478	871.22	<.0001
Sustrato	1	0.20498017	0.20498017	1553.37	<.0001
Fert*Sust	3	0.19630150	0.06543383	495.87	<.0001
Total corregido	23	0.74828733			

De la tabla 8, se observa que hay diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) entre los tratamientos, indicando que al menos uno de ellos se distingue de los demás. Esto sugiere que el nivel de fertirriego y tipo de sustrato influyeron en la variación de Azúcares Reductores. Por lo tanto, se realizó la prueba de comparación de medias de Tukey para determinar las diferencias específicas entre los tratamientos.

El tratamiento con mejor valor de azúcares reductores promedios 1.94 mg/g, corresponde al nivel de Fertirriego del 60% en un sustrato de Arena, esto se pudo comprobar en esta investigación. En otros estudios, Panigrahi et al (2020) reportaron valores promedio de 5.01 mg/g en fresa con condiciones protegidas, de la misma manera, Saima et al

(2014) reportaron valores promedio de 4.08 mg/g en fresa tratadas con bio reguladores vegetales. Dicyt (2020) indica que a medida que las fresas maduran, la conversión de almidones en azúcares simples aumenta, lo que resulta en un mayor contenido de azúcares reductores. Este proceso es esencial para el desarrollo del sabor dulce característico de la fruta. Borja (2010) menciona que los azúcares reductores en las fresas, como la glucosa y la fructosa, se originan principalmente a través de la fotosíntesis y el metabolismo de los carbohidratos en la planta durante el proceso de maduración.

Caracterización funcional de la fresa

En la tabla 9 se muestra los resultados de los análisis funcionales de la fresa.

Tabla 9*Características funcionales de la fresa*

Nivel	Tipo de sustrato	Fenoles totales (mg EAG/100 g)	Capacidad antioxidante (μmolequiv. TROLOX/ 100 g)
20%	Tierra de la zona	76.21±0.1	135.27±0.07
40%	Tierra de la zona	78.45±0.09	139.47±0.05
60%	Tierra de la zona	84.38±0.09	145.72±0.08
Control	Tierra de la zona	70.84±0.08	128.23±0.08
20%	Arena	81.24±0.08	141.27±0.08
40%	Arena	91.16±0.07	148.1±0.1
60%	Arena	123.97±0.1	174.34±0.07
Control	Arena	68.26±0.09	121.17±0.09

De la tabla 9 se llega a deducir que los polifenoles totales y la capacidad antioxidante aumentan en la fresa. Estas variaciones de pueden deberse en su mayoría a la composición o nivel de nutriente de fertilización que se le aplique al suelo en términos de nutrientes como nitrógeno, fosforo y potasio, juntos con los factores ambientales de temperatura, clima

y humedad del suelo.

Evaluación estadística de los polifenoles totales en la fresa

En la tabla 10 se muestra el análisis de varianza (ANOVA) de los polifenoles totales de la fresa.

Tabla 10*Análisis de varianza (ANOVA) de los polifenoles totales de la fresa*

FV	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F Cal	Pr > F
Fertirriego	3	3863.100617	1287.700206	170087	<.0001
Sustrato	1	1124.222817	1124.222817	148494	<.0001
fert*sust	3	1516.978883	505.659628	66790.5	<.0001
Error	16	0.121133	0.007571		
Total corregido	23	6504.423450			

De la tabla 10, se observa que hay diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) entre los tratamientos, indicando que al menos uno de ellos se distingue de los demás. Esto sugiere que el nivel de fertirriego y tipo de sustrato influyeron en la variación de Polifenoles totales. Por lo tanto, se prosiguió a realizar la prueba de comparación de medias de Tukey para determinar las diferencias específicas entre los tratamientos.

El mejor tratamiento con valor de polifenoles totales promedio 123.97 mg EAG/100 g, corresponde al nivel de fertirriego al 60% en un sustrato arena. Este aumento en

polifenoles totales en fresas puede atribuirse a un nivel de dosificación de nutrición adecuada como también estar influenciado por factor extrínsecos de intensidad de luz, condiciones ambientales y la salud del suelo. Los resultados obtenidos son superiores a los reportados por Navarro et al. (2019), quienes encontraron niveles de polifenoles totales entre 69.5 y 101.6 mg GAE/100 g en fresas cultivadas con aplicación de nitrógeno. Sin embargo, Carbajal et al. (2012) informaron que las fresas alcanzaron hasta 605.5 mg GAE/100 g de polifenoles totales cuando se aplicaron diferentes dosis de nutrición vegetal en la variedad Oso Grande. Por lo

que Cardeñosa et al. (2015) indican que las diferencias en la concentración de polifenoles durante los distintos periodos de cosecha se deben probablemente a las condiciones ambientales durante el desarrollo del fruto.

Tabla 11

Análisis de varianza (ANOVA) de la capacidad antioxidante de la fresa

FV	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado de lamedia	F Cal	Pr > F
Fertirriego	3	3846.128883	1282.042961	214418	<.0001
Sustrato	1	491.596017	491.596017	82218.1	<.0001
fert*sust	3	978.215883	326.071961	54534.7	<.0001
Error	16	0.095667	0.005979		
Total corregido	23	5316.036450			

De la tabla 11, se observa que hay diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) entre los tratamientos, indicando que al menos uno de ellos se distingue de los demás. Esto sugiere que el nivel de fertirriego y tipo de sustrato influyeron en la variación de Polifenoles totales. Por lo tanto, se realizó la prueba de comparación de medias de Tukey para determinar las diferencias específicas entre los tratamientos.

El tratamiento con mejor valor de capacidad antioxidante promedio 174.34 $\mu\text{mol equiv. de Trolox}/100\text{ g}$, corresponde al nivel de fertirriego al 60% en un sustrato arena. Las frutas, especialmente los frutos rojos como las fresas, tienen una notable capacidad antioxidante debido a los compuestos químicos que pueden neutralizar los radicales libres y reducir los efectos dañinos en el organismo, contribuyendo al control de ciertas enfermedades Garate (2017). Carvajal et al. (2012) obtuvieron valores de 263 $\mu\text{mol equiv. de Trolox}/100\text{ g}$ en fresas sometidas a distintos nutrientes vegetales, mientras que Romero et al. (2012) reportaron 345 $\mu\text{mol equivalentes de Trolox}/100\text{ g}$ en fresas cultivadas orgánicamente. Los resultados obtenidos en este estudio difieren de los de Carvajal et al. (2012), quienes encontraron que las variaciones en las dosis de potasio y nitrógeno en un sistema agrícola tradicional (en suelo a campo abierto) no afectaron la capacidad antioxidante de las fresas.

Evaluación estadística de capacidad antioxidante de la fresa

En la tabla 11 se muestra el análisis de varianza (ANOVA) de los valores de capacidad antioxidante de la fresa.

IV. Conclusiones

Las características físicas de la fresa cultivados en diferentes niveles de fertirriego y tipos de sustrato utilizados indican que el tratamiento con un nivel de fertirriego del 60% en sustrato de arena logró una coloración roja destacada ($a^* = 60.27 \pm 0.93$) y una mayor luminosidad ($L^* = 37.04 \pm 0.50$) en comparación con las muestras control que no recibieron fertirriego. En términos de peso, las fresas cultivadas con fertirriego al 60% y al 40% en sustrato de arena mostraron los mayores incrementos, con valores de $12.92 \pm 0.64\text{ g}$ y $10.26 \pm 0.99\text{ g}$, respectivamente. Además, el diámetro longitudinal también fue mayor en las fresas cultivadas con el nivel más alto de fertirriego (60%) en sustrato de arena, alcanzando un promedio de $3.04 \pm 0.18\text{ cm}$. Estos resultados sugieren que tanto el nivel de fertirriego como el tipo de sustrato influyen en las características físicas de la fresa.

En cuanto a las características fisicoquímicas de la fresa, se observó que el pH (3.29 ± 0.06) y la acidez ($1.22 \pm 0.10\%$) fueron más altos en el control (sin fertirriego) en sustrato de tierra. Por otro lado, el nivel de fertirriego al 60% en sustrato de arena mostró una mayor cantidad de sólidos solubles (11.73 ± 0.31), vitamina C ($26.65 \pm 0.06\text{ mg}/100\text{ g}$) y azúcares reductores ($1.94 \pm 0.01\text{ mg/g}$). Estos resultados indican que un mayor nivel de fertirriego contribuyó significativamente al incremento del dulzor y al contenido de

vitamina C en las fresas.

Las características funcionales de las fresas mostraron diferencias significativas ($p < 0.05$) en cuanto a su contenido de polifenoles totales y capacidad antioxidante. Los valores observados variaron entre 123.97 ± 0.10 mg GAE/g para los polifenoles totales y 174.34 ± 0.07 μ mol equiv. Trolox/100 g para la capacidad antioxidante en el tratamiento con un nivel de fertirriego del 60% en sustrato de arena. Estos resultados indican que este tratamiento específico no solo mejoró la calidad de los polifenoles totales, sino que también aumentó significativamente la capacidad antioxidante de las fresas.

VI. Contribuciones de los autores

Autores

Dr. Agustín Julián Portuguese Maurtua

(Colaboradores: Mg. Fredy Rober Pariona Escalante y Mg. Virgilio Valderrama Pacho).

Dr. Saúl Ricardo Chuqui Diestra

(Colaboradores: Mg. Isabel Gonzales Quispe y Mg. Virgilio Valderrama Pacho).

Mg. Jack Edson Hernández Mavila

(Colaboradores: Mg. Isabel Gonzales Quispe y Mg. Fredy Rober Pariona Escalante)

Contribución

Determinación de la metodología del diseño experimental, redacción del informe final y artículo científico.

Arqueo bibliográfico y preparación de materiales.

Experimentación de la metodología del diseño experimental, interpretación y discusión de resultados.

VII. Referencias

Alvarado, et al. (2021). Calidad fisicoquímica y sensorial de frutos de fresas obtenidos en dos sistemas de cultivo. *Scielo*. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-97532020000200002

Amezquita, M. (2018). Niveles de “Bocashi” y “microorganismos eficaces” en el rendimiento de fresa (*Fragaria x ananassa Duch*) CV. Selva en condiciones de zonas áridas – irrigación Majes. Repositorio UNSA. Retrieved February 21, 2024, from <https://repositorio.unsa.edu.pe/server/api/core/bitstreams/8e5609de-a15f-4005-9e03-dbd95ff7ec31/content>

Cherlinka, V. (2021, Mayo 05). Fertirrigación: Tecnología Agrícola Avanzada. EOS Data analytics. <https://eos.com/es/blog/fertirrigacion/> Cordero, J. (2023, noviembre 07). Los desafíos de la fresa peruana: Mejorar producción y aumentar volúmenes. *PortalFruticola.com*. <https://www.portalfruticola.com/noticias/2023/11/07/los-desafios-de-la-fresa-peruana-mejorar-produccion-y-aumentar-volumenes/>

Domínguez, A. (2021, abril 15). Optimización de la fertirrigación en el cultivo de fresa en invernadero. *VidaRural*. https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_Vrural/Vrural_2011_327_28_32.pdf

- FEN. (2018). *Fresa(Strawberry)*. Fundación Española de la Nutrición. Retrieved February 21, 2024, from <https://www.fen.org.es/MercadoAlimentosFEN/pdfs/fresa.pdf>
- Fragaria. (2022, January 6). *Frutilla/fresa en sustrato: 5 Aspectos clave en el establecimiento de tu proyecto - GRUPOFRAGARIA*. Grupo Fragaria. Retrieved February 22, 2024, from <https://grupofragaria.com/articulos/frutilla-fresa-en-sustrato/>
- Frecuencia y tiempos de riego para los cultivos agrícolas. (2020, September 3). PROAIN. Retrieved February 21, 2024, from <https://proain.com/blogs/notas-tecnicas/frecuencia-y-tiempos-de-riego-para-los-cultivos-agricolas>
- Fresh Fruit. (2023, noviembre 20). Perú exportó 24.284 toneladas de fresas por US\$ 41 millones entre enero y octubre del 2023. *Agraria.pe*. [https://agraria.pe/index.php/noticias/peru-exporto-24-284-toneladas-de-fresas-por-us-41-millones-e-33883#:~:text=\(Agraria.pe\)%20En%20el,repertidas%20en%20la%20sierra%20peruana](https://agraria.pe/index.php/noticias/peru-exporto-24-284-toneladas-de-fresas-por-us-41-millones-e-33883#:~:text=(Agraria.pe)%20En%20el,repertidas%20en%20la%20sierra%20peruana)
- García, G. (2019). Fenología, calidad y rendimiento de fruto de fresa variedad 'El dorado' con fertilización química y orgánica. Repositorio Institucional BUAP. Retrieved February 21, 2024, from <https://repositorioinstitucional.buap.mx/server/api/core/bitstreams/0108c85b-6b80-40a6-9deb-70ba1972ae3e/content>
- Haifa. (2021). Guía de cultivos de fresa - para un mejor uso de su fertilizante de fresa. *Haifa Pioneering the future*. <https://www.haifa-group.com/es/abono-fertilizante-para-fresas>
- Hernández, et al. (2006). Propuesta para la formulación de soluciones nutritivas en estudios de nutrición vegetal. *Interciencia*. 246-253 p.
- ICL. (2023). *Fertilizantes para Fresas Consejos de nutrición para cultivos*. ICL. <https://icl-growingsolutions.com/es-mx/agriculture/crops/strawberry/>
- INIA. (2022). *Manual de Fresa.CDR*. Repositorio INIA. Retrieved February 21, 2024, from https://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/20.500.12955/752/1/Olivera-Cultivo_de_Fresa.pdf
- Las exportaciones de fresa siguen creciendo gracias al mercado norteamericano. (2022, 09 09). *Fresh Fruit*. <https://freshfruit.pe/2022/10/09/las-exportaciones-de-fresa-siguen-creciendo-gracias-al-mercado-norteamericano/>
- Luque, S. (2020, July 30). *¿Qué es el sustrato de cultivo?* Suministros Agrícolas Luque. Retrieved February 22, 2024, from <https://www.suministrosagricolasluque.com/que-es-el-sustrato-de-cultivo/>
- Media, S. (2024). Fresa, Fragaria Vesca var. Hortensis / Rosaceae. *Frutas y Hortalizas*. <https://www.frutas-hortalizas.com/Frutas/Presentacion-Fresa.html>
- Medina, J. (2016). Efecto de sustratos orgánicos en plantas de fresa (*Fragaria* sp.) cv 'Albion' bajo condiciones de campo. *Dialnet*, 12(2), 19-28. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5711998>
- Midagri. (2018). Estudio de la fresa en el Perú y el Mundo. Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego - MIDAGRI. Retrieved February 21, 2024, from https://www.midagri.gob.pe/portal/download/pdf/herramientas/boletines/estudio_fresa.pdf
- Moreiras, et al. (2013). Tablas de composición de alimentos. *SOCIEDAD ESPAÑOLA DE NUTRICIÓN*. <https://www.sennutricion.org/es/2013/05/14/tablas-de-composicin-de-alimentos-moreiras-et-al>
- Olivera, M. (2022, Febrero). *Cultivo de Fresa (Fragaria x ananassa Duch.)*. Repositorio INIA. Retrieved February 22, 2024, from <https://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/20.500.12955/752/1/>

Olivera-Cultivo_de_Fresa.pdf

Producción de fresa, requerimientos de clima y suelo. (2020). *PROAIN*. <https://proain.com/blogs/notas-tecnicas/produccion-de-fresa-requerimientos-de-clima-y-suelo>

Romero, C. (2012). Fertilización orgánica - mineral y orgánica en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananasa Duch.*) bajo condiciones de invernadero. Redalyc. Retrieved February 21, 2024, from <https://www.redalyc.org/pdf/461/46125176004.pdf>

Staudt, G. 1999. Systematics and Geographic Distribution of the American Strawberry Species. Taxonomic Studies in the Genus *Fragaria* (Rosaceae: Potentilleae), California, University of California Press. 174 p.

Tagliavinia, et al. (2005, Julio). Dinámica de la absorción de nutrientes por plantas de fresa (*Fragaria × Ananassa Dutch.*) cultivadas en suelo y en cultivo sin suelo. *Revista europea de agronomía*. 10.1016/j.eja.2004.09.002

Zaragoza, R. D. (2023). “*Evaluación de Técnicas Hidropónicas de Producción en el Cultivo de Fresa (Fragaria x ananassa) Bajo Invernadero*”. Repositorio CIQA. Retrieved February 21, 2024, from <https://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1025/67/1/Tesis%20MAP%20Ramon%20Donovan%20Zaragoza%20Nieto%20Dic%2018%202013.pdf>

