

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN
CRISTÓBAL DE HUAMANGA**
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y METALURGIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
AGROINDUSTRIAL



TESIS:

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

Para optar el título profesional de:

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

PRESENTADO POR:

Bach. Alex Antony APAICO HUAMANI

ASESOR:

Mg. Fredy Rober PARIONA ESCALANTE

AYACUCHO - PERÚ

2024

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres, Elizabeth Huamaní Anancusi y Juan Apaico Córdova, cuyo amor, apoyo incondicional y sacrificios han sido la fuerza motriz detrás de cada logro en mi vida.

Agradezco a mis profesores y asesor, especialmente al Ing. Fredy Rober Pariona Escalante, por su orientación experta, paciencia y valiosos consejos a lo largo de este viaje académico. Su mentoría ha sido fundamental para mi desarrollo como investigador.

AGRADECIMIENTO

- *Agradezco profundamente a la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga por brindarme la invaluable oportunidad de emprender este viaje académico. Esta institución no solo me ha proporcionado los recursos y el ambiente propicio para la investigación, sino que también ha sido el escenario donde he cultivado conocimientos, habilidades y amistades que atesoro.*
- *Al Ing. Fredy Rober Pariona Escalante asesor de mi tesis por su invaluable colaboración que ha sido fundamental para llevar a cabo este proyecto hasta su conclusión.*
- *Expresar mi profundo agradecimiento a mis queridos hermanos, Banessa, Ray, Dionela y a mi amiga Yoseline, por ser mi constante fuente de apoyo y aliento a lo largo de este desafiante pero gratificante viaje académico.*

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar la influencia de diferentes niveles de fertirriego y tipos de sustrato en la calidad comercial de la fresa Chandler (Fragaria x ananassa). Se estudiaron tres niveles de fertirriego (20%, 40% y 60%) en dos tipos de sustrato (tierra y arena), utilizando un diseño factorial 2K con 8 tratamientos replicados por triplicado. Se evaluaron características físicas (color, peso, diámetro longitudinal y diámetro transversal), fisicoquímicas (pH, acidez, sólidos solubles, vitamina C y azúcares reductores) y funcionales (polifenoles totales y capacidad antioxidante). Los resultados mostraron que tanto el fertirriego como el 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, los resultados óptimos fueron $L^ = 41.73$, $a^* = 60.27$, $b^* = 20.42$, 12.92 g, 3.04 cm y 3.45 cm respectivamente para un nivel de fertirriego al 60% y en un sustrato arena. En cuanto a las características fisicoquímicas, igualmente se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$), pH, acidez, sólidos solubles, vitamina C, azúcares reductores, los resultados óptimos fueron 4.30, 1.21%, 11.73, 26.65 mg/100 g y 1.94 mg/g respectivamente para un nivel de fertirriego al 60% en un sustrato arena. El contenido de polifenoles totales y capacidad antioxidante de la misma forma se vieron afectados por el nivel de fertirriego y sustrato mostrando diferencias estadísticas significativas ($p < 0.05$) los mejores resultados obtenidos fueron 123.97 mg EAG/100 g y 174.34 $\mu\text{mol equiv. trolox/100 g}$ respectivamente para un nivel de fertirriego al 60% y en un sustrato arena. Los resultados indican que el tratamiento óptimo es el de un nivel de fertirriego al 60% en sustrato de arena, el cual mejora de manera significativa la calidad de la fresa en comparación con los demás tratamientos experimentales.*

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

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the influence of different fertigation levels and substrate types on the commercial quality of Chandler strawberry (*Fragaria x ananassa*). Three fertigation levels (20%, 40% and 60%) were studied in two types of substrate (soil and sand), using a 2K factorial design with 8 treatments replicated in triplicate. Physical (color, weight, longitudinal diameter and transverse diameter), physicochemical (pH, acidity, soluble solids, vitamin C and reducing sugars) and functional (total polyphenols and antioxidant capacity) characteristics were evaluated. The results showed that both 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, the optimum results were $L^* = 41.73$, $a^* = 60.27$, $b^* = 20.42$, 12.92 g, 3.04 cm and 3.45 cm respectively for a 60% fertigation level and in a sand substrate. As for the physicochemical characteristics, significant differences were also found ($p < 0.05$), pH, acidity, soluble solids, vitamin C, reducing sugars, the optimum results were 4.30, 1.21%, 11.73, 26.65 mg/100 g and 1.94 mg/g respectively for a fertigation level of 60% in a sand substrate. The total polyphenol content and antioxidant capacity were also affected by the fertigation level and substrate showing significant statistical differences ($p < 0.05$), the best results obtained were 123.97 mg EAG/100 g and 174.34 $\mu\text{mol equiv. trolox/100 g}$ respectively for a 60% fertigation level and in a sand substrate. The results indicate that the optimum treatment is the 60% fertigation level in sand substrate, which significantly improves strawberry quality compared to the other experimental treatments.

Key words: Fertigation, substrate, 2k factorial design, functional characteristics.

ÍNDICE

RESUMEN	iv
ABSTRACT	v
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I : PROBLEMÁTICA DE LA INVESTIGACIÓN	2
1.1 Planteamiento del problema	2
1.2 Formulación del problema	3
1.3 Objetivos de la investigación	3
1.4 Hipótesis.....	4
1.5 Justificación.....	4
CAPITULO II : MARCO TEORICO	6
2.1 Antecedentes.....	6
2.2.1 Generalidades.....	8
2.2.1 Fruto	9
2.2.2 Taxonomía.....	10
2.2.3 Variedades de la fresa	10
2.2.4 Composición química de la fresa	11
2.3 Fertirriego.....	12
2.3.1 Los Macronutrientes	13
2.3.2 Los Micronutrientes.....	14
2.3.3 Sustrato	15
2.4 Deficiencia de nutrientes en fresa	15
2.5 Producción peruana de fresa.....	16
2.6 Características físicas de la fresa.....	17
2.7 Características fisicoquímicas de la fresa	18
2.8 Características funcionales de la fresa	19
CAPITULO III : MATERIALES Y METODOS	21
3.1 MATERIALES.....	21
3.1.1 Materia prima y otros	21
3.1.2 Reactivos	21
3.1.3 Materiales de laboratorio	21
3.2 EQUIPOS E INSTRUMENTOS	22
3.3 MÉTODOS DE ANÁLISIS.....	22

3.3.1	Análisis físicos de la fresa.....	22
3.3.2	Análisis fisicoquímicos de la fresa.....	23
3.3.3	Análisis funcionales de la fresa	24
3.4	Diseño experimental	24
3.5	Diseño estadístico.....	38
CAPITULO IV : RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		40
4.1	Caracterización física de la fresa.....	40
4.1.1	Color de la Fresa	40
4.1.2	Peso, diámetro longitudinal y transversal de la fresa	44
4.2	Caracterización fisicoquímica de la fresa	50
4.3	Caracterización funcional de la fresa	60
V CONCLUSIONES		65
VI RECOMENDACIONES.....		66
VII REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		67
VIII ANEXOS.....		73

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Fresa Chandler (fragaria x ananasa).....	8
Figura 2 Fruta de la fresa Chandler (Fragaria x ananassa)	9
Figura 3 Planta de la fresa con Fertirriego.....	13
Figura 4 Diseño experimental del presente estudio.....	24
Figura 5 Representación gráfica de los valores de color evaluados de la fresa.....	40
Figura 6 Pruebas de Tukey para el parámetro (L^*) de color de la fresa	42
Figura 7 Pruebas de Tukey para el parámetro (a^*) de color de la fresa	43
Figura 8 Pruebas de Tukey para el parámetro (a^*) de color de la fresa	43
Figura 9 Representación gráfica de los valores de peso, diámetro longitudinal y transversal evaluados de la fresa.....	45
Figura 10 Prueba de Tukey para el peso de la fresa.....	46
Figura 11 Prueba de Tukey para el diámetro longitudinal de la fresa	48
Figura 12 Prueba de Tukey para el diámetro transversal de la fresa.....	49
Figura 13 Representación gráfica de los valores fisicoquímicos evaluados de la fresa	51
Figura 14 Prueba de Tukey para el pH de la fresa	52
Figura 15 Prueba de Tukey para la acidez de la fresa	54
Figura 16 Prueba de Tukey para la solidos solubles de la fresa	56
Figura 17 Prueba de Tukey para la vitamina C de la fresa.....	58
Figura 18 Prueba de Tukey para azucares reductores de la fresa	59
Figura 19 Representación gráfica de los valores de polifenoles totales y capacidad antioxidante de la fresa.....	61
Figura 20 Prueba de Tukey para los polifenoles totales de la fresa.....	62
Figura 21 Prueba de Tukey para la capacidad antioxidante de la fresa	63

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Variedades de la fresa cultivadas en Perú	10
Tabla 2 Composición nutricional del fruto de la fresa	12
Tabla 3 Tabla de deficiencia de nutrientes en la fresa	16
Tabla 4 Conversión de abonos comerciales para fertirriego en nutrientes iónicas	28
Tabla 5 Tabla resumen de nutrientes necesarios por fertirriego	37
Tabla 6 Diseño de investigación empleado	39
Tabla 7 Resultados de análisis de color en la fresa	40
Tabla 8 Análisis de varianza (ANOVA) de parámetro (L^*) en el color de la fresa	41
Tabla 9 Análisis de varianza (ANOVA) de parámetro (a^*) en el color de la fresa	41
Tabla 10 Análisis de varianza (ANOVA) de parámetro (b^*) en el color de la fresa	42
Tabla 11 Características físicas de la fresa	44
Tabla 12 Análisis de varianza (ANOVA) del peso en la fresa	45
Tabla 13 Análisis de varianza (ANOVA) de diámetro longitudinal en la fresa	47
Tabla 14 Análisis de varianza (ANOVA) de diámetro transversal en la fresa	49
Tabla 15 Características fisicoquímicas de la fresa	50
Tabla 16 Análisis de varianza (ANOVA) del pH en la fresa	52
Tabla 17 Análisis de varianza (ANOVA) de la acidez en la fresa	53
Tabla 18 Análisis de varianza (ANOVA) de los sólidos solubles en la fresa	55
Tabla 19 Análisis de varianza (ANOVA) de la vitamina C en la fresa	57
Tabla 20 Análisis de varianza (ANOVA) de azúcares reductores en la fresa	59
Tabla 21 Características funcionales de la fresa	60
Tabla 22 Análisis de varianza (ANOVA) de los polifenoles totales de la fresa	61
Tabla 23 Análisis de varianza (ANOVA) de la capacidad antioxidante de la fresa	63

ANEXOS

Anexo 1	Tabla de rangos de nutrientes aceptables para el fertirriego de la fresa	73
Anexo 2	Factores de conversión de fertilizantes	73
Anexo 3	Análisis fisicoquímicos de agua en Chahuaybamba	74
Anexo 4	Norma Técnica peruana 203.110.....	75
Anexo 5	Sustrato arena para cultivo de fresa.....	76
Anexo 6	Planta de la fresa variedad Chandler (Fragaria x ananassa).....	76
Anexo 7	Fertiirrigación de las plantas de fresa.....	77
Anexo 8	Desarrollo del cultivo de fresa mediante distintos niveles de fertirriego y sustrato	77
Anexo 9	Desarrollo y crecimiento de la fresa chandler(Fragaria x ananassa).....	78
Anexo 10	Estado optimo de maduración de la fresa chandler(Fragaria x ananassa) ..	78
Anexo 11	Determinación del peso de la fresa.....	79
Anexo 12	Determinación del diámetro longitudinal de la fresa	79
Anexo 13	Determinación del pH de la fresa.....	80
Anexo 14	Medición de color de la fruta mediante el uso de un colorímetro	80
Anexo 15	Determinación de solidos solubles de la fresa	81
Anexo 16	Determinación de la acidez titulable de la fresa	81
Anexo 17	Deshidratado del fruto la fresa.....	82
Anexo 18	Muestras de estudio en forma deshidratada para posterior ser analizados sus propiedades funcionales	82
Anexo 19	Pulverizado del fruto de la fresa previo deshidratado	83
Anexo 20	Esquema utilizado para la dosificación de nutrientes	83
Anexo 21	Prueba de supuestos para los distintos parámetros de respuesta.....	84

INTRODUCCIÓN

La OMS 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)

Las fresas son frutos sumamente apreciados en todo el mundo por su exquisito sabor, aroma y los más importante por su poder antioxidante. Su demanda creciente ha motivado la investigación continua para mejorar sus características, aumentar su rendimiento y optimizar sus atributos nutricionales. Esta tesis 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 mejorar sus características, en especial el funcional que es de gran importancia además de mejorar sus características para satisfacer las expectativas cada vez más exigentes de los consumidores y las demandas del mercado.

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.

El presente trabajo no solo aspira a contribuir al consumo de alimentos benéficos para el cuerpo humano si no también dar conocimientos en el campo de la horticultura, como también a ofrecer soluciones prácticas y aplicables para los productores, agricultores y la agroindustria en general.

Por lo tanto, se establecerá 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.

CAPITULO I

PROBLEMÁTICA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 Planteamiento del problema

Al presente, la tendencia es producir productos que sean nutritivos, saludables, y sabrosos, con el propósito de nutrir o mejorar condiciones favorables del cuerpo, elevar la calidad de vida, la mejora de salud y reducir el riesgo de enfermedades no transmisibles.

Además, el interés por los productos no procesados y naturales está en aumento, siempre que cumplan con las demandas y expectativas de los consumidores. Esto conlleva la necesidad de producir alimentos más seguros como también que sean saludables, que mantengan o resalten las propiedades nutricionales de los suministros convencionales (OMS, 2019). Incrementar la ingesta de alimentos ricos y elevados en nutrientes que puedan contribuir a reducir el riesgo de enfermedades no transmisibles. Los productos vegetales, especialmente aquellos con alto contenido de macro y micronutrientes y compuestos funcionales, como la fresa, ofrecen beneficios significativos.

Por otro lado, la variabilidad natural de las precipitaciones, temperaturas y otros factores climáticos son los principales factores que explican el alto riesgo y la variabilidad en la producción agrícola en las zonas altoandinas del país. Además, el uso de semillas de baja calidad, cultivos tradicionales con largos periodos vegetativos y vulnerables a plagas y enfermedades, así como la escasez de agua de riego, contribuyen a importantes pérdidas económicas para los agricultores. Esta problemática causa una inestabilidad en la producción y, en consecuencia, una inestabilidad económica para los agricultores. (Yauricasa, 2019).

El desarrollo de las personas requiere una adecuada nutrición, destacando así la relevancia de la conexión entre la dieta y la salud. Esta conciencia ha impulsado cambios en los hábitos alimenticios, llevando a las personas a optar por alimentos que no solo sean nutritivos, sino también agradables al gusto. En respuesta a esta situación, surge la necesidad de crear productos como la fresa con un contenido funcional significativo, uno de los objetivos de este estudio. En el marco de la investigación, se examinará la influencia del nivel de fertiirrigación y la

elección del sustrato apropiado con el fin de mejorar la calidad comercial de las fresas.

Los frutos de fresa cultivados en suelo al aire libre pueden experimentar el desafío de acumular pesticidas en su estructura. Por otro lado, la producción en invernaderos ofrece la oportunidad de reducir notablemente la necesidad de pesticidas, ya que se puede tener un mayor control sobre las plagas y enfermedades al mantener cerradas las entradas del invernadero y aplicar medidas preventivas adecuadas. (Zaragoza, 2023).

La producción de fresas en Perú experimentó una disminución significativa, pasando de 3,800 hectáreas en 2022 a 3,500 hectáreas en 2023 a nivel nacional. Este descenso se atribuyó a los efectos climáticos derivados del ciclón del Yacu y su impacto en las áreas productoras de fresas. La transición del Fenómeno del Niño durante los primeros cuatro meses ocasionó temperaturas elevadas que resultaron en una mortalidad de hasta el 60% en los campos sembrados, particularmente entre finales de marzo y mayo. (Bustos, 2023).

1.2 Formulación del problema

Problema general

- ¿Cómo influirá el nivel de fertirriego y sustrato en la calidad comercial de la fresa Chandler (Fragaria x ananassa)?

Problema específico

- ¿De qué manera influye el nivel de fertirriego y sustrato en las características físicas de la fresa Chandler (Fragaria x ananassa)?
- ¿De qué manera influye el nivel de fertirriego y sustrato en las características fisicoquímicas de la fresa Chandler (Fragaria x ananassa)?
- ¿Como influye el nivel de fertirriego y sustrato en las características funcionales de la fresa Chandler (Fragaria x ananassa)?

1.3 Objetivos de la investigación

Objetivo general

- Evaluar la influencia del nivel de fertirriego y sustrato en la calidad comercial de la fresa Chandler (Fragaria x ananassa).

Objetivos específicos

- Determinar la influencia del nivel de fertirriego y sustrato en las características físicas de la fresa Chandler (Fragaria x ananassa)
- Determinar la influencia del nivel de fertirriego y sustrato en las características fisicoquímicas de la fresa Chandler (Fragaria x ananassa).
- Determinar la influencia del nivel de fertirriego y sustrato en las características funcionales de la fresa Chandler (Fragaria x ananassa).

1.4 Hipótesis

Hipótesis general

- El nivel de fertirriego y sustrato influyen favorablemente en la calidad comercial de la fresa Chandler (Fragaria x ananassa).

Hipótesis específicas

- El nivel de fertirriego y sustrato influyen favorablemente en las características físicas de la fresa Chandler (Fragaria x ananassa).
- El nivel de fertirriego y sustrato influyen favorablemente en las características fisicoquímicas de la fresa Chandler (Fragaria x ananassa).
- El nivel de fertirriego y sustrato influyen favorablemente en las características funcionales de la fresa Chandler (Fragaria x ananassa).

1.5 Justificación

Actualmente, hay una creciente tendencia entre la población a consumir productos saludables que proporcionen nutrientes y compuestos bioactivos con el fin de prevenir enfermedades como la obesidad y la diabetes. En estos días, los demandantes buscan alimentos que ofrezcan más que un simple valor nutricional, estos le sean saludables y beneficiosos para su salud por tal razón, se pretende realizar este estudio, con la finalidad de evaluar la influencia del nivel de fertirriego y sustrato en la calidad comercial de la fresa Chandler (Fragaria x ananassa). La calidad comercial está íntimamente relacionada con la preferencia en el mercado por parte de los consumidores dinamizando la economía familiar de los productores y mejorando su calidad de vida.

Medina (2016) Menciona que el cultivo de fresas se posiciona como una opción productiva destacada, especialmente para los agricultores. La tendencia en

aumento hacia una horticultura más orientada al comercio global implica que las actividades agrícolas a nivel nacional deben ser cada vez más competitivas, respaldadas por tecnologías de producción más avanzadas. Entre estas tecnologías, se destaca el empleo de diversos sustratos para abordar desafíos como la acidez, la erosión elevada o problemas fitosanitarios que obstaculizan la siembra directa en el suelo.

El cultivo de fresas se muestra como una opción viable en la mayoría de las áreas agrícolas costeras y de la sierra en nuestro país, ya que hay variedades adaptadas a diversas condiciones agroclimáticas. Además, en muchos mercados locales, la demanda de fresas cultivadas a nivel local supera la oferta disponible. Por lo tanto, los pequeños productores de fresas tienen la oportunidad de mejorar sus ingresos económicos, incluso superando las ganancias que podrían obtener con otros cultivos. Esto se debe a que las fresas cultivadas de forma orgánica pueden comercializarse a un precio más alto en comparación con las producidas de manera convencional. (Amezquita, 2018).

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1 Antecedentes

Pullchs (2023), **“en su investigación efecto del compost de orujo de uva variedad borgoña sobre las características físicas, químicas y funcionales de la fresa (fragaria x ananassa) en postcosecha”** concluyó lo siguiente:

Evaluó el efecto del compost elaborado a partir de orujo de uva sobre las características de la fresa, utilizando microorganismos eficientes autóctonos. Aplico tres proporciones de compost (30%, 40%, 50%) en un cultivo hidropónico de fresa y se compararon con un control en suelo agrícola. Los resultados mostraron que el compost al 50% mejoró características físicas, mantuvo el pH y acidez similares al control, y aumentó la concentración de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante. Concluye que el compost de orujo de uva puede mejorar la calidad de la fresa y su dulzor durante la maduración.

Galarraga (2018), **“en su investigación evaluación de diferentes proporciones de fertilización orgánica con humus de lombriz en el cultivo de fresa”**. Concluyo lo siguiente:

En su aplicación de cuatro tratamientos: Testigo (T1) sin fertilización orgánica, (T2) con 41 g/planta, (T3) con 52 g/planta y (T4) con 61 g/planta. Se evaluaron tres variables: peso total de los frutos, longitud de los frutos y diámetro de los frutos. Los resultados indicaron que el tratamiento (T4) produjo los frutos con mayor peso, alcanzando 5.77 g, mientras que el tratamiento (T3) mostró mejores resultados en cuanto a longitud y diámetro de los frutos.

Alvarado, et al., (2021), **“en la investigación Calidad fisicoquímica y sensorial de frutos de fresas obtenidos en dos sistemas de cultivo”** concluyeron:

Evaluar el impacto de diversos sistemas de producción en la calidad de las fresas, considerando cuatro tratamientos: Campo abierto con acolchado blanco (CAB), Campo abierto con acolchado negro (CAN), Malla sombra con acolchado blanco (MAB) y Malla sombra con acolchado negro (MAN). Las mediciones fisicoquímicas y sensoriales se realizaron 225 días después del trasplante. Los sistemas que involucraron malla sombra y acolchado negro presentaron frutos

más firmes y con un color rojo más intenso, mientras que el acolchado blanco condujo a fresas con mayores niveles de sólidos solubles totales. Se observaron diferencias significativas en la apariencia y el aroma entre los tratamientos, pero todos fueron bien evaluados por jueces no entrenados, indicando una buena aprobación. Recomienda la implementación de malla sombra y acolchado negro en el cultivo de fresas, ya que resguarda su calidad fisicoquímica de los frutos.

De manera similar, García (2019) **“en la investigación Fenología, calidad y rendimiento de fruto de fresa variedad “el dorado” con fertilización química y orgánica”** concluyó lo siguiente:

Evalúo la nutrición del suelo mediante métodos orgánicos y químicos. Se establecieron cuatro tratamientos: Tratamiento 1 (control), Tratamiento 2 (4 g de fórmula 18-9-18 mensualmente), Tratamiento 3 (12 mL por planta cada 7 días con lixiviado de lombriz) y Tratamiento 4 (12 mL cada 14 días con lixiviado). Se observaron diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0.05$) en el peso de fruto, el que tuvo mayor peso se registró con la fertilización química, mientras que el contenido promedio más alto de °Brix se obtuvo con la dosificación de lixiviado cada 7 días. En base a estos resultados, concluye que la incorporación de lixiviados al suelo en el cultivo de fresas constituye una alternativa que influye positivamente tanto en el rendimiento como en la calidad de la fruta.

Romero (2012), **“en la investigación Fertilización orgánica - mineral y orgánica en el cultivo de fresa (fragaria x ananasa duch.) bajo condiciones de invernadero”** concluyó lo siguiente:

Llevó a cabo una evaluación sobre el impacto de la fertilización orgánica y orgánico-mineral en el cultivo de fresas de la variedad Festival en condiciones de invernadero. Se emplearon una formulación comercial de nutrientes ($N-P_2O_3-K_2O$), un nutriente orgánico comercial, un regulador de crecimiento comercial (compuesto por extractos vegetales, fitohormonas y microelementos) y vermicomposta de estiércol de vacuno. Aunque no se observaron diferencias significativas en el número de frutos semanales, por periodo y frutos totales, se notó una tendencia hacia valores más altos con el tratamiento orgánico-mineral, según los resultados proporcionados por el autor.

2.2 La Fresa (Fragaria)

2.2.1 Generalidades

La fresa silvestre tiene su origen en Europa, específicamente en la región de los Alpes. Se cree que su cultivo comenzó en Francia durante el siglo XV y se extendió a España en el siglo XVIII. Los españoles, junto con los portugueses e ingleses, difundieron la fresa por toda América, Europa y algunas partes de Asia. En la antigüedad, los europeos estaban acostumbrados con la especie *Fragaria vesca*, pero durante la colonización, los españoles encontraron en Chile la especie *Fragaria chilonensis*. A partir de estas dos especies se desarrolló una variedad mejorada, el fresón, que es más sabroso y resistente. (Moreiras et al, 2013)

Figura 1 Fresa Chandler (*fragaria x ananasa*)



Nota: Estado maduro en sistema fertirriego de la fresa Chandler (fragaria x ananasa) por PROAIN (2020)

La fresa se adapta bien en suelos de textura franco-arenosa con un buen sistema de drenaje, preferiblemente con una profundidad superior a los 20 centímetros. En terrenos livianos o arenosos, donde la temperatura tiende a elevarse con facilidad, se observa una anticipación en la producción de frutas. En contraste, en suelos arcillosos con menor contenido de aire, la temperatura es más baja, lo que resulta en una fructificación más tardía. (PROAIN, 2020).

Las fresas prosperan mejor en terrenos que son planos o tienen lomajes suaves, siendo ideal la exposición norte-oriental. Se prefieren suelos con niveles de fertilidad de moderados a altos y un contenido de materia orgánica que oscile entre el 3% y el 7%. Se aconseja la utilización de camellones elevados,

construidos con enmiendas orgánicas como compost y humus, con el fin de mejorar la retención de humedad, la estructura del suelo y su fertilidad. Esta práctica ayuda a prevenir problemas en el sistema radicular derivados de un mal drenaje del suelo. (García, 2019).

Midagri (2018) recomienda especialmente el uso de suelos franco-arenosos debido a su mejor capacidad de filtración en comparación con los suelos arcillosos; un drenaje eficiente contribuye al control de enfermedades fungosas en las raíces y la corona de la planta. Aunque la fresa puede adaptarse a diversas condiciones de temperatura, muestra preferencia por climas templados con temperaturas que oscilan entre 18 y 22 °C durante la fructificación y de 23 a 28 °C para un óptimo crecimiento vegetativo, especialmente en cultivares de día corto.

2.2.1 Fruto

La fresa, de forma cónica o casi redonda, presenta dimensiones variables dependiendo de la especie, con un diámetro que oscila entre 15 y 22 mm. Esta fruta está coronada por sépalos verdes, exhibe un atractivo color rojo y su sabor puede variar desde ácido hasta muy dulce. Su característica más distintiva es su intenso aroma. Aunque comúnmente se la considera un fruto, en realidad, es un engrosamiento del receptáculo floral, una modificación carnosa del tallo que tiene la función de albergar los auténticos frutos de la planta: las pepitas (aquenios) que se encuentran sobre esta estructura floral. Cada fresa contiene entre 150 y 200 aquenios. (FEN, 2018).

Figura 2

Fruta de la fresa Chandler (Fragaria x ananassa)



Nota: Fresa de la variedad Chandler (Fragaria x ananassa) en estado maduro por Media (2024).

Estacionalidad

FEN (2018) Afirma que, según las distintas variedades, los fresales presentan floración desde finales del invierno hasta principios del verano, lo que permite que los frutos maduren a lo largo de la primavera y parte del verano, específicamente desde marzo hasta julio. Durante este período, las fresas emiten un distintivo aroma que las hace fácilmente identificables incluso a cierta distancia cuando alcanzan su punto óptimo de consumo.

2.2.2 Taxonomía

Clasificación taxonómica

La clasifica botánicamente de la fresa es la siguiente:

Reino	:Plantae
División	:Magnoliophyta
Clase	:Magnoliopsida
Subclase	:Rosidae
Orden	:Rosales
Familia	:Rosaceae
Subfamilia	:Rosoideae
Tribu	:Potentilleae
Subtribu	:Fragariinae
Género	:Fragaria
Especie	: <i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i>

2.2.3 Variedades de la fresa

En Perú, se cultivan diversas variedades de fresas, cada una con características particulares. Entre las variedades más populares se encuentran:

Tabla 1

Variedades de la fresa cultivadas en Perú

Variedad	Características
Chandler	Frutos de consistencia firme, alcanzando una maduración uniforme y presentando un tono rojo oscuro tanto en su interior como en su exterior.

	Destaca por su tamaño grande y mantiene su calidad a lo largo de todo el período de producción, lo que facilita la eficiencia en la cosecha.
Camarosa	Presenta un fruto de considerable tamaño, con una firmeza destacada y un color rojo oscuro tanto en la piel como en la pulpa. Se clasifica como una variedad de día corto y se caracteriza por su vigor elevado.
Oso Grande	La planta es robusta con hojas de tonalidad oscura, que muestra una adaptación óptima a climas templados. Su fruto, de considerable tamaño y tonalidad rojo-anaranjada, esta variedad se clasifica como de día corto y exhibe una resistencia notable al transporte.
Cartuno	La planta exhibe una vigorosa salud, especialmente notable en su exuberante floración. El fruto tiene un diámetro uniforme, un intenso color rojo y un sabor dulce. Además, madura ligeramente antes que la variedad Oso Grande.
Carisma	La planta demuestra una notable capacidad de adaptación a diversos tipos de suelos y condiciones climáticas. Es extremadamente vigorosa y posee características rústicas. El fruto, generalmente de forma cónica, presenta un tamaño considerable y exhibe un color rojo suave.

Nota: Variedades de fresa y las características distintivas de cada uno por InfoAgro (2023)

2.2.4 Composición química de la fresa

La fresa, aparte de ser un fruto delicioso, ofrece beneficios nutricionales significativos. Es una excelente fuente de vitamina C, potasio y también contiene betacaroteno y fibra dietética. Además, carece de colesterol y grasas saturadas, haciéndola una opción saludable. Cada 100 gramos de fruto comestible de fresa proporcionan entre 60 y 90 mg de vitamina C en forma de ácido ascórbico. Es interesante notar que ocho fresas medianas contienen más vitamina C que una naranja. (INIA,2022).

Moreiras, et al.(2013), obtuvo los siguientes resultados en cuanto a la composición de la fresa.

Tabla 2*Composición nutricional del fruto de la fresa*

	Por 100 g de porción comestible	Recomendaciones día=Hombres	Recomendaciones día=Mujeres
Energía (kcal)	40	3000	2300
Proteínas(g)	0.7	54	41
Lípidos totales (g)	0.5	100-117	77-89
Hidratos de carbono (g)	7	375-413	288-316
Fibra (g)	2.2	>35	>25
Agua (g)	89.6	2500	2000
Calcio (mg)	25	1000	1000
Hierro (mg)	0.8	10	18
Yodo (ug)	8	140	110
Magnesio (mg)	12	350	330
Zinc (mg)	0.1	15	15
Sodio	2	<2000	<2000
Potasio	190	3500	3500
Fosforo	26	700	700

Nota: Tabla de composición nutricional de la fresa por porción comestible de 100g por Moreiras, et al.(2013).

2.3 Fertirriego

Domínguez (2021) La fertirrigación implica la aplicación de fertilizantes a través del agua de riego, lo que presenta diversas ventajas, incluyendo la capacidad de ajustar continuamente la dosificación de acuerdo con las necesidades del cultivo, el sustrato, el agua de riego y las condiciones ambientales. De esta manera, una gestión adecuada de la fertirrigación permite alcanzar un estado nutricional óptimo del cultivo, favoreciendo tanto la máxima productividad como la calidad, al tiempo que minimiza las pérdidas de fertilizantes, que suelen ocurrir principalmente por lixiviación.

En la actualidad, la fertirrigación se posiciona como una actividad fundamental en el cultivo de fresas en España, siendo uno de los factores clave para la productividad y calidad de la cosecha. Por esta razón, resulta crucial diseñar adecuadamente los programas de fertirrigación y ajustarlos durante el ciclo productivo para adaptarlos a las circunstancias específicas de cada explotación, con el objetivo de optimizar este proceso. (Dominguez, 2021).

La planificación de la fertirrigación se ajusta a las demandas del cultivo dentro de los plazos necesarios y puede llevarse a cabo de manera diaria o semanal, siguiendo el plan de gestión de nutrientes establecido. Además, en situaciones como la fertirrigación mediante goteo, la falta de perturbación mecánica del suelo durante la aplicación de fertilizantes previene la compactación del terreno. (Cherlinka, 2021).

Figura 3

Planta de la fresa con Fertirriego



Nota: Fertirriego de la fresa en bolsas negras acolchada Domínguez (2021)

Programación De Fertirrigación

Las plantas en distintas fases de crecimiento demandan cantidades diversas de nutrientes durante el proceso de fertirrigación. La aplicación anticipada o tardía conlleva prácticamente un desperdicio, ya que puede resultar en escorrentías. (Cherlinka, 2021).

2.3.1 Los Macronutrientes

Nitrógeno (N)

El nitrógeno desempeña un papel crucial en la síntesis de la clorofila y, al formar parte de esta molécula, juega un papel fundamental en el proceso de fotosíntesis. La ausencia de nitrógeno y clorofila impide que la planta utilice eficientemente la luz solar como fuente de energía para realizar funciones vitales, como la absorción de nutrientes. (INIA, 2022). Además, el nitrógeno es un componente esencial de las vitaminas y sistemas de energía de la planta. Las plantas que carecen de nitrógeno tienden a mostrar síntomas como el enanismo, un

crecimiento lento, una producción reducida de brotes y un menor número de hojas, lo que puede llevar a la madurez prematura. (INIA, 2022).

Fosforo (P)

La presencia de fósforo resulta esencial para las plantas, ya que desempeña un papel activo en todos los procesos relacionados con su desarrollo, crecimiento y reproducción. Algunos efectos destacados asociados al fósforo incluyen la promoción de un temprano desarrollo de las raíces y el crecimiento general de la planta, el fomento de un crecimiento rápido en las plantas jóvenes, así como el fortalecimiento de la resistencia de las plantas frente a condiciones adversas como también acelerar la floración y la fructificación. (INIA, 2022).

Potasio (K)

Desempeña funciones vitales en la fisiología de las plantas, interviniendo en la fotosíntesis, la síntesis de proteínas y la activación de enzimas esenciales para diversas funciones bioquímicas. Además, una adecuada nutrición con potasio mejora la resistencia de las plantas frente a condiciones adversas, como sequías o la presencia de enfermedades. (INIA, 2022).

2.3.2 Los Micronutrientes

Calcio (Ca)

Se encuentra de manera constante almacenado en el organismo vegetal y desempeña un papel fundamental como elemento constituyente en la formación de tejidos leñosos y raíces. En su ausencia, las plantas pueden experimentar deficiencias de calcio, especialmente en suelos ácidos con tendencia a la saturación de agua y falta de aireación, en cuyo caso se recomienda la aplicación de cal para corregir la carencia y, si es necesario, mejorar el drenaje y la estructura del suelo mediante labores de remoción. (INIA, 2022).

Magnesio (Mg)

Es crucial para la síntesis de clorofila, y aunque el suelo suele contener reservas adecuadas de este elemento, su deficiencia suele manifestarse cuando hay un exceso de calcio en el suelo. La presencia excesiva de calcio puede interferir con la absorción efectiva de magnesio por parte de las plantas, y este déficit se evidencia en las hojas mediante síntomas como la clorosis. (INIA, 2022).

2.3.3 Sustrato

El sustrato se define como el material o estructura física utilizada para mantener y proporcionar una base para el desarrollo de las plantas. Es importante distinguir este término del suelo, que se refiere a la capa superficial de la tierra con propiedades variables según las características geológicas y ecológicas de la región. El sustrato sirve como soporte para las plantas y constituye el medio para el desarrollo de las raíces, creando condiciones propicias para la absorción adecuada de nutrientes. La participación directa del sustrato en el proceso de nutrición del cultivo puede variar; es decir, la composición del sustrato puede o no contribuir a proporcionar nutrientes a la planta, dependiendo de su origen y composición. (Luque, 2020).

Además, el uso de sustratos crea un entorno propicio para el desarrollo de raíces, manteniendo una temperatura óptima para su crecimiento. También contribuye a reducir las pérdidas de agua y fertilizantes por percolación, al tiempo que retiene la humedad y los nutrientes aplicados a través del sistema de fertirrigación, facilitando su aprovechamiento por parte de las raíces de las plantas.

2.4 Deficiencia de nutrientes en fresa

La planta de fresa requiere varios nutrientes para su crecimiento y desarrollo adecuado. A partir de la información proporcionada, se pueden identificar los siguientes nutrientes importantes para la planta de fresa:

Tabla 3

Tabla de deficiencia de nutrientes en la fresa

Nutriente	Descripción
Nitrógeno	Limita el crecimiento y producción de frutas. Las hojas se vuelven amarillentas o verde claro, mientras que las más jóvenes permanecen verdes al recibir nitrógeno de las hojas viejas.
Fósforo	Provoca raíces débiles y hojas pequeñas, de verde oscuro a amarronado. La producción de frutas es limitada, y la deficiencia es común en suelos con pH alto (superior a 7.0).
Potasio	Las hojas viejas presentan quemaduras en los bordes, oscurecimiento y decoloración. El pecíolo y la base de los folíolos también se vuelven necróticos.
Calcio	Las hojas jóvenes se curvan y presentan bordes quemados, con necrosis en puntos de crecimiento y reducción del crecimiento de raíces. Las frutas son pequeñas y duras.
Magnesio	Las hojas viejas muestran amarillamiento entre las venas, y las frutas tienen un color pálido y textura blanda. La deficiencia también reduce el rendimiento de las plantas.

Nota: Esta tabla muestra que deficiencias presenta la fresa en ausencia de los macronutrientes y micronutrientes elaborado por ICL (2023)

2.5 Producción peruana de fresa

Agraria (2023) Menciona que la producción de fresas en Perú experimentó una disminución, pasando de 3 800 hectáreas en 2022 a 3 500 hectáreas en 2023 a nivel nacional. Esta disminución del -7.9% en la superficie cultivada se atribuye a los efectos climáticos ocasionados por el ciclón del Yacu, que impactó las zonas productoras de fresas, así como a la transición del Fenómeno del Niño durante los primeros cuatro meses, con temperaturas elevadas que provocaron una mortandad de hasta el 60% en los campos sembrados entre finales de marzo y mayo.

Tras un 2022 marcado por desafíos significativos, como el aumento de la oferta a nivel internacional, el incremento en los costos de las materias primas esenciales para el cultivo de fresas y la disminución de los precios, especialmente

hacia finales de año, el sector experimenta una recuperación notable en 2023. Durante el período de enero a octubre de dicho año, las exportaciones de fresas desde Perú alcanzaron las 24,284 toneladas, con un valor de US\$ 41 millones, representando un incremento de +30% en volumen y de +17% en valor (Agraria, 2023). Estos resultados positivos son destacables considerando el contexto desfavorable que ha caracterizado al sector agroexportador a lo largo de 2023.

2.6 Características físicas de la fresa

Peso

Por diversos factores es influenciado significativamente el peso de los frutos, entre los cuales la nutrición vegetal desempeña un papel crucial en su aumento. El potasio desempeña un papel crucial en el desarrollo y el peso del fruto, junto con el nitrógeno, especialmente durante su crecimiento y maduración. Sin embargo, un exceso de nitrógeno en etapas avanzadas del ciclo puede limitar el tamaño y la calidad del fruto, lo que subraya la importancia de aplicar fertilizantes de manera equilibrada. Además, tanto el fósforo como el calcio han demostrado promover el crecimiento del fruto (Yara, 2024).

Diámetro

El diámetro del fruto es un factor fundamental en los cultivos y clasificaciones de fresa, ya que influye directamente en la atracción visual para el consumidor. Esta característica, según Hancock et al. (2008), es heredable y cuantitativa. El tamaño del fruto de la fresa está estrechamente relacionado con la cantidad de achenios por fruto, que se determina durante fluorescencia. Además, el tamaño del fruto está influenciado por el número y la dimensión de las células, aspectos que varían según el cultivar. (Interiano et al., 2014).

Color

El color se define como la percepción visual generada en el cerebro humano y animales al descifrar las señales nerviosas enviadas por los fotorreceptores en la retina de la vista, Parramón (2013). Para el caso de la fresa, el cambio de color en la piel de la fruta durante la maduración es un indicador crucial, Thompson (1996). Por lo tanto, el índice de madurez en la fresa se basa principalmente en

su pigmentación rojiza de su superficie, según lo mencionado por Mitcham et al. (1998). Se considera que una fresa está madura cuando más de la mitad o por lo menos tres cuartas partes de su superficie presenten el color característico rojo (Dell, 2006).

2.7 Características fisicoquímicas de la fresa

pH

El pH es una medida que indica la acidez o alcalinidad de una disolución y representa la concentración de H^+ presentes en esa disolución. La sigla pH indica potencial de hidrogeniones (López, 2013). En una disolución acuosa, la escala de pH típicamente varía de 0 a 14. Las soluciones con un pH menor que 7 se consideran ácidas, lo que indica una mayor concentración de iones de hidrógeno en la solución (Norby, 2000).

Acidez Titulable

En el contexto de los alimentos, el nivel de acidez se refiere a la cantidad de ácidos libres presentes, y esto se considera un indicador importante de la calidad. Usualmente, la acidez se evalúa mediante una técnica de valoración, como la volumetría, utilizando un reactivo básico. El resultado se expresa como el porcentaje de ácido predominante para el caso de fresas es el ácido cítrico. (Rodríguez y Becerra, 2018).

Sólidos Solubles

Los °Brix representan el porcentaje de sólidos solubles que están presentes en una sustancia. Para el caso específico de las frutas, este valor indica la cantidad de azúcar que el fruto tiene presente, lo cual es fundamental tanto para mejorar su sabor cuando se consume fresco como para cumplir con regulaciones que exigen ciertos niveles de sólidos de azúcar para la elaboración de productos. La medición de los °Brix se realiza mediante el uso de un refractómetro o un brixómetro de mano.

Vitamina C

El ácido ascórbico (vitamina C), vital para la salud humana y prevención del escorbuto, se encuentra abundantemente en frutas y hortalizas, siendo

particularmente alto en las fresas, alcanzando hasta 500 mg kg⁻¹. Sin embargo, la cantidad puede variar según la variedad, madurez y condiciones de cultivo. Debido a su naturaleza lábil, es crucial un manejo adecuado en la etapa postcosecha para evitar la rápida disminución de sus niveles. (Valdés, 2006)

Azúcares reductores

En fresas maduras, los azúcares constituyen entre el 80% y el 90% de los sólidos solubles, siendo la glucosa, la fructosa y la sacarosa las principales formas presentes. Se han identificado formas de invertasa tanto solubles como unidas a la pared celular en las fresas. La mayor actividad enzimática se encuentra en la fracción soluble de la invertasa. Se ha observado que tanto la invertasa soluble como una de las formas unidas a la pared muestran una alta actividad enzimática en un rango de temperaturas entre 40°C y 60°C, siendo el máximo de actividad a 50°C. Por lo tanto, es plausible sugerir que una mayor actividad de la invertasa a las temperaturas de tratamiento podría incrementar el contenido de azúcares reductores. (Mitchell, 2000)

2.8 Características funcionales de la fresa

Fenoles totales

Se trata de productos que se caracterizan por contener un grupo fenol, que consiste en un anillo aromático con al menos un radical hidroxilo. Este grupo químico es muy diverso, compuesto por cerca de 10,000 compuestos diferentes, que pueden ser solubles en agua, en solventes orgánicos o insolubles cuando forman polímeros de gran tamaño. Estos compuestos desempeñan una variedad de funciones en la planta, que incluyen la defensa contra herbívoros o patógenos, el soporte mecánico, la atracción de polinizadores y dispersores de frutos, la absorción de radiaciones ultravioletas y la reducción del crecimiento de plantas competidoras Taiz et al. (2006).

Los compuestos fenólicos han sido objeto de numerosos estudios debido a su importancia en la dieta humana y al considerable interés generado por sus propiedades antioxidantes. Estas propiedades son beneficiosas para prevenir el

daño tisular causado por radicales libres, ya que ayudan a evitar su formación, a eliminarlos y a promover su descomposición (Peña et al. (2017).

Capacidad Antioxidante

La capacidad antioxidante es crucial en la prevención y tratamiento de enfermedades crónicas causadas por el daño oxidativo. El consumo de frutas y vegetales está relacionado con un menor riesgo de desarrollar enfermedades degenerativas, cardiovasculares y cáncer, como indican Quiñones et al. (2012). Las fresas destacan por sus elevados niveles de capacidad antioxidante, atribuibles a su contenido en compuestos fenólicos, incluidos ácidos fenólicos y flavonoides, según López (2017).

En la actualidad, se han desarrollado metodologías espectrofotométricas para medir la capacidad antioxidante en muestras biológicas, extractos vegetales y alimentos. Los ensayos in vitro para evaluar esta capacidad suelen utilizar un receptor de radicales libres y son relativamente sencillos de realizar. (Alam et al, 2012)

CAPITULO III

MATERIALES Y METODOS

El estudio actual se realizó en el Laboratorio de Biotecnología Agroindustrial 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 la provincia de Cangallo.

3.1 MATERIALES

3.1.1 Materia prima y otros

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 que son de estudio de esta investigación.

3.1.2 Reactivos

- Hidróxido de sodio
- Fenolftaleína
- 2,6 Diclorofenolindofenol
- Ácido clorhídrico
- Agua destilada

3.1.3 Materiales de laboratorio

- Fiolas de 25 mL, 50 mL, 100 mL y 1 L.
- Matraz de 100 y 500 mL
- Probetas de 100 y 250 mL.
- Vasos de precipitado 50mL y 100 mL.
- Bureta de 250 mL
- Pipetas de vidria de 5 y 10 mL.
- Pinzas, papel filtro
- Cuchillos
- Espátulas
- Papel toalla
- Utensilios de cocina
- Mortero
- Otros

3.1.4 Materiales de Campo

- Mangueras de 3"
- Cintas de goteo con agujeros cada 30 cm
- Válvulas de compuerta
- Tanque o recipiente de 20 L
- Chupones, llaves de paso, tapones, etc.
- Fertilizantes

3.2 EQUIPOS E INSTRUMENTOS

Los equipos e instrumentos utilizados para los diferentes análisis son:

- Balanza analítica Marca AND HR 200
- Brixometro
- Colorímetro CIE L*A*B
- Deshidratador
- Molino pulverizador
- Espectrofotómetro

3.3 MÉTODOS DE ANÁLISIS

3.3.1 Análisis físicos de la fresa

Peso

Los valores de peso se obtuvieron utilizando 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

El tamaño longitudinal se realizó midiendo el diámetro longitudinal (cm) en la fresa, para lo cual se toma 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

El tamaño transversal se realizó midiendo el diámetro transversal (cm) en la fresa, para lo cual se toma el fruto desde la base donde se pedúnculo hasta la otra

punta opuesta, abarcando la mayor sección transversal. El instrumento para esta determinación es un micrómetro Vernier (Amezquita, 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).

3.3.2 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 (Martínez-Bolanos et al., 2008).

Sólidos Solubles

Se determinó con la utilización de 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).

3.3.3 Análisis funcionales de la fresa

Polifenoles totales

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

Capacidad antioxidante

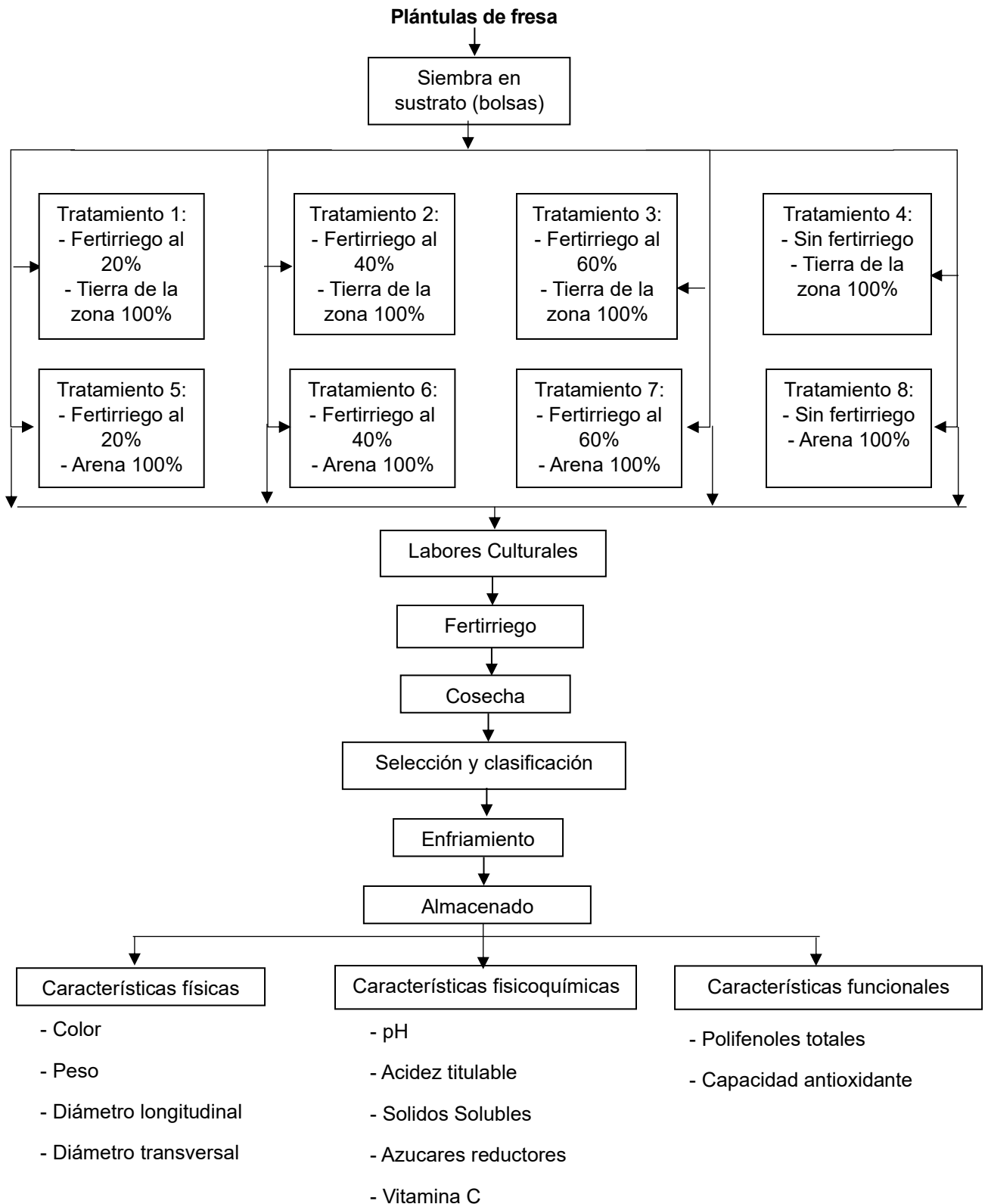
Se evaluó mediante la capacidad de captación del radical DPPH (1,1-difenil-2-picrilhidrazil), utilizando la metodología de Rojano et al. (2008), citada en Palomino et al. (2009).

3.4 Diseño experimental

El diseño experimental diseñado en la investigación siguió los siguientes pasos como se muestra posteriormente en la figura 4:

Figura 4

Diseño experimental del presente estudio



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 arañita 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 a el diseño planteado, con tres tipos distintos de concentraciones 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 HidroponiaMexicana(2022) adjuntado en el (Anexo 1)

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, de acuerdo al análisis fisicoquímico mostrado (Anexo 3)

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 $\text{Ca}^{2+} = 0.58 \text{ meq/L}$ (Anexo 3)

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

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

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

Para el $\text{Mg}^{2+} = 0.46 \text{ meq/L}$ (Anexo 3)

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

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

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

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)	$60 = \text{mg/L}$	$0 = \text{mg/L}$	$60 = \text{mg/L}$
Fosforo (P)	$120 = \text{mg/L}$	$0 = \text{mg/L}$	$120 = \text{mg/L}$
Potasio (K)	$80 = \text{mg/L}$	$0 = \text{mg/L}$	$80 = \text{mg/L}$
Calcio (Ca)	$80 = \text{mg/L}$	$11.62 = \text{mg/L}$	$68.38 = \text{mg/L}$
Magnesio (Mg)	$15 = \text{mg/L}$	$5.59 = \text{mg/L}$	$9.41 = \text{mg/L}$

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 (Anexo 2) para llevar de la forma de los abonos comerciales a la forma de nutrientes de iones recomendados calculados.

Tabla 4

Conversión de abonos comerciales para fertirriego en nutrientes iónicas

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

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

Cantidad de Nitrato de Calcio (7.5-0-0+33Ca) a utilizar

Cantidad de abono necesario de Calcio (Ca)

$$68.38 \text{ g Ca} \rightarrow X \text{ g abono}$$

$$23.56 \text{ g Ca} \rightarrow 100 \text{ g abono}$$

$$X = \frac{68.38 \text{ g Ca} * 100 \text{ g abono}}{23.56 \text{ g Ca}}$$

$$X = 290.22 \text{ g de abono}$$

Cantidad de nitrógeno(N) acompañado en el abono

$$290.22 \text{ g abono} \rightarrow X \text{ g N}$$

$$100 \text{ g abono} \rightarrow 7.5 \text{ g N}$$

$$X = \frac{290.22 \text{ g abono} * 7.5 \text{ g N}}{100 \text{ g abono}}$$

$$X = 21.77 \text{ g N}$$

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

Cantidad de abono necesario de Potasio(K)

$$80 \text{ g K} \rightarrow X \text{ g abono}$$

$$38.18 \text{ g K} \rightarrow 100 \text{ g abono}$$

$$X = \frac{12.40 \text{ g K} * 100 \text{ g abono}}{80 \text{ g K}}$$

$$X = 209.53 \text{ g de abono}$$

Cantidad de nitrógeno(N) acompañado en el abono

$$209.53 \text{ g abono} \rightarrow X \text{ g N}$$

$$100 \text{ g abono} \rightarrow 13 \text{ g N}$$

$$X = \frac{209.53 \text{ g abono} * 13 \text{ g N}}{100 \text{ g abono}}$$

$$X = 27.24 \text{ g N}$$

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)

$$10.99 \text{ g N} \rightarrow X \text{ g abono}$$

$$34 \text{ g N} \rightarrow 100 \text{ g abono}$$

$$X = \frac{10.99 \text{ g N} * 100 \text{ g abono}}{34 \text{ g N}}$$

$$X = 32.33 \text{ g de abono}$$

Cantidad de sulfato de magnesio (0-0-0+16Mg) a utilizar

Cantidad de abono necesario de Magnesio (Mg)

$$9.41 \text{ g Mg} \rightarrow X \text{ g abono}$$

$$9.65 \text{ g Mg} \rightarrow 100 \text{ g abono}$$

$$X = \frac{9.41 \text{ g Mg} * 100 \text{ g abono}}{9.65 \text{ g Mg}}$$

$$X = 97.50 \text{ g de abono}$$

Cantidad de ácido fosfórico (0-61-0) a utilizar

Cantidad de abono necesario de Fosforo(P)

$$\begin{aligned}120 \text{ g P} &\rightarrow X \text{ g abono} \\26.84 \text{ g P} &\rightarrow 100 \text{ g abono} \\X &= \frac{120 \text{ g P} * 100 \text{ g abono}}{26.84 \text{ g P}} \\X &= 447.09 \text{ g de abono}\end{aligned}$$

Ya teniendo todas las cantidades necesarias de nutrientes que están estandarizadas para un tanque de 1000L o 1m³ de agua se realiza la conversión para poder dosificar para un recipiente de 20L o 0.02m³ ya que es la cantidad que necesita las plantas en experimentación.

Elemento	Cantidad de nutriente por g/1000L	Cantidad de nutriente por g/20L
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 Ca²⁺ y Mg²⁺ en ppm presentes en el agua a utilizar para fertirriego, de acuerdo al análisis fisicoquímico mostrado (Anexo 3).

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 $\text{Ca}^{2+} = 0.58 \text{ meq/L}$ (Anexo 3)

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

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

$$11.62 = mg/L$$

Para el $\text{Mg}^{2+} = 0.46 \text{ meq/L}$ (Anexo 3)

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

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

$$5.59 = mg/L$$

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 (Anexo 2) 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.

Cantidad de Nitrato de Calcio (7.5-0-0+33Ca) a utilizar

Cantidad de abono necesario de Calcio (Ca)

$$148.38 \text{ g Ca} \rightarrow X \text{ g abono}$$

$$23.56 \text{ g Ca} \rightarrow 100 \text{ g abono}$$

$$X = \frac{148.38 \text{ g Ca} * 100 \text{ g abono}}{23.56 \text{ g Ca}}$$

$$X = 629.78 \text{ g de abono}$$

Cantidad de nitrógeno(N) acompañado en el abono

$$629.78 \text{ g abono} \rightarrow X \text{ g N}$$

$$100 \text{ g abono} \rightarrow 7.5 \text{ g N}$$

$$X = \frac{629.78 \text{ g abono} * 7.5 \text{ g N}}{100 \text{ g abono}}$$

$$X = 47.23 \text{ g N}$$

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

Cantidad de abono necesario de Potasio(K)

$$160 \text{ g K} \rightarrow X \text{ g abono}$$

$$38.18 \text{ g K} \rightarrow 100 \text{ g abono}$$

$$X = \frac{160 \text{ g K} * 100 \text{ g abono}}{38.18 \text{ g K}}$$

$$X = 419.07 \text{ g de abono}$$

Cantidad de nitrógeno(N) acompañado en el abono

$$419.07 \text{ g abono} \rightarrow X \text{ g N}$$

$$100 \text{ g abono} \rightarrow 13 \text{ g N}$$

$$X = \frac{419.07 \text{ g abono} * 13 \text{ g N}}{100 \text{ g abono}}$$

$$X = 54.48 \text{ g N}$$

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: 120 g

Cantidad de nitrógeno(N) aportado por nitrato de calcio: 47.23 g

Cantidad de nitrógeno(N) aportado por nitrato de potasio: 54.48 g

Cantidad restante que se necesita para dosificar: 18.29 g

Cantidad de abono necesario de Nitrógeno(N)

$18.29 \text{ g N} \rightarrow X \text{ g abono}$

$34 \text{ g N} \rightarrow 100 \text{ g abono}$

$$X = \frac{18.29 \text{ g N} * 100 \text{ g abono}}{34 \text{ g N}}$$

$X = 53.79 \text{ g de abono}$

Cantidad de sulfato de magnesio (0-0-0+16Mg) a utilizar

Cantidad de abono necesario de Magnesio (Mg)

$24.41 \text{ g Mg} \rightarrow X \text{ g abono}$

$9.65 \text{ g Mg} \rightarrow 100 \text{ g abono}$

$$X = \frac{24.41 \text{ g Mg} * 100 \text{ g abono}}{9.65 \text{ g Mg}}$$

$X = 252.97 \text{ g de abono}$

Cantidad de ácido fosfórico (0-61-0) a utilizar

Cantidad de abono necesario de Fosforo(P)

$240 \text{ g P} \rightarrow X \text{ g abono}$

$26.84 \text{ g P} \rightarrow 100 \text{ g abono}$

$$X = \frac{240 \text{ g P} * 100 \text{ g abono}}{26.84 \text{ g P}}$$

$X = 894.19 \text{ g de abono}$

Ya teniendo todas las cantidades necesarias de nutrientes que están estandarizadas para un tanque de 1000L o 1m³ de agua se realiza la conversión para poder dosificar para un recipiente de 20L 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)	180 = mg/L
Fosforo (P)	360 = mg/L
Potasio (K)	240 = mg/L
Calcio (Ca)	240 = mg/L
Magnesio (Mg)	45 = mg/L

Cálculo de minerales de Ca^{2+} y Mg^{2+} en ppm presentes en el agua a utilizar para fertirriego, de acuerdo al análisis fisicoquímico mostrado (Anexo 3).

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 $\text{Ca}^{2+} = 0.58 \text{ meq/L}$ (Anexo 3)

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

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

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

Para el $\text{Mg}^{2+} = 0.46 \text{ meq/L}$ (Anexo 3)

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

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

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

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)	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

La composición de los nutrientes en abono comercial utilizados para el fertirriego de fresas.

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 (Anexo 2) 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.

Cantidad de Nitrato de Calcio (7.5-0-0+33Ca) a utilizar

Cantidad de abono necesario de Calcio (Ca)

$$229.38 \text{ g Ca} \rightarrow X \text{ g abono}$$

$$23.56 \text{ g Ca} \rightarrow 100 \text{ g abono}$$

$$X = \frac{229.38 \text{ g Ca} * 100 \text{ g abono}}{23.56 \text{ g Ca}}$$

$$X = 969.34 \text{ g de abono}$$

Cantidad de nitrógeno(N) acompañado en el abono

$$969.34 \text{ g abono} \rightarrow X \text{ g N}$$

$$100 \text{ g abono} \rightarrow 7.5 \text{ g N}$$

$$X = \frac{969.34 \text{ g abono} * 7.5 \text{ g N}}{100 \text{ g abono}}$$

$$X = 72.70 \text{ g N}$$

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

Cantidad de abono necesario de
Potasio(K)

$$240 \text{ g K} \rightarrow X \text{ g abono}$$

$$38.18 \text{ g K} \rightarrow 100 \text{ g abono}$$

$$X = \frac{240 \text{ g K} * 100 \text{ g abono}}{38.18 \text{ g K}}$$

$$X = 628.60 \text{ g de abono}$$

Cantidad de nitrógeno(N) acompañado
en el abono

$$628.60 \text{ g abono} \rightarrow X \text{ g N}$$

$$100 \text{ g abono} \rightarrow 13 \text{ g N}$$

$$X = \frac{628.60 \text{ g abono} * 13 \text{ g N}}{100 \text{ g abono}}$$

$$X = 81.72 \text{ g N}$$

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: 180 g

Cantidad de nitrógeno(N) aportado por nitrato de calcio: 72.70 g

Cantidad de nitrógeno(N) aportado por nitrato de potasio: 81.72 g

Cantidad restante que se necesita para dosificar: 25.58 g

Cantidad de abono necesario de Nitrógeno(N)

$$25.58 \text{ g N} \rightarrow X \text{ g abono}$$

$$34 \text{ g N} \rightarrow 100 \text{ g abono}$$

$$X = \frac{25.58 \text{ g N} * 100 \text{ g abono}}{34 \text{ g N}}$$

$$X = 75.24 \text{ g de abono}$$

Cantidad de sulfato de magnesio (0-0-0+16Mg) a utilizar

Cantidad de abono necesario de Magnesio (Mg)

$$39.41 \text{ g Mg} \rightarrow X \text{ g abono}$$

$$9.65 \text{ g Mg} \rightarrow 100 \text{ g abono}$$

$$X = \frac{39.41 \text{ g Mg} * 100 \text{ g abono}}{9.65 \text{ g Mg}}$$

$$X = 408.44 \text{ g de abono}$$

Cantidad de ácido fosfórico (0-61-0) a utilizar

Cantidad de abono necesario de Fosforo(P)

$$360 \text{ g P} \rightarrow X \text{ g abono}$$

$$26.84 \text{ g P} \rightarrow 100 \text{ g abono}$$

$$X = \frac{360 \text{ g P} * 100 \text{ g abono}}{26.84 \text{ g P}}$$

$$X = 1341.28 \text{ g de abono}$$

Ya teniendo todas las cantidades necesarias de nutrientes que están estandarizadas para un tanque de 1000L o 1m³ de agua se realiza la conversión para poder dosificar para un recipiente de 20L o 0.02m³ ya que es la cantidad que necesita la planta.

Elemento	Cantidad de nutriente por g/1000L	Cantidad de nutriente por g/20L
Nitrato de amonio	75.24	1.5
Ácido fosfórico	1341.28	26.8
Nitrato de potasio	628.60	12.6
Nitrato de calcio	969.34	19.4
Sulfato de magnesio	408.44	8.2

RESUMEN DE NUTRIENTES NECESARIOS PARA LOS TRATAMIENTOS POR FERTIRRIEGO

Tabla 5

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.

Clasificación y selección: Se llevó a cabo una selección de las frutas aptas para los análisis de laboratorio, eliminando aquellas que no cumplieran 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 deshidratador a 60 °C durante 24 horas, luego pulverizados y envasados en bolsas herméticas, antes de llevar a cabo los análisis posteriores pertinentes.

3.5 Diseño estadístico

Para evaluar los datos del estudio y sus repercusiones, se utilizó un diseño factorial 2k y se realizó el análisis de varianza (ANOVA), cuyas fuentes de variación fueron: Niveles de fertirriego (20, 40 y 60%) y el control, como también el sustrato (tierra de la zona y arena), con repeticiones por triplicado. El análisis estadístico se llevó a cabo utilizando el software SAS.

Se muestra a continuación el diseño de investigación planteado para cada tratamiento y su respectiva variable de respuesta de acuerdo con las características a estudio físicas, fisicoquímicas y funcionales de la fresa.

Tabla 6*Diseño de investigación empleado*

Variable Independiente		Variable Dependiente
Nivel de fertirriego	Sustratos	Parámetros a evaluar
20%	Tierra de la zona	Características físicas: Color, peso, diámetro longitudinal y diámetro transversal.
40%	Tierra de la zona	
60%	Tierra de la zona	
Control	Tierra de la zona	Características fisicoquímicas: Acidez, pH Sólidos solubles, Vitamina C y Azúcares reductores.
20%	Arena	
40%	Arena	
60%	Arena	Características funcionales: Polifenoles totales y capacidad antioxidante.
Control	Arena	

Los datos se analizaron estadísticamente utilizando el método especificado. Se llevó a cabo un ANOVA con un valor de ($p < 0,05$), con el objetivo de determinar la existencia de diferencias significativas. En caso de encontrar significancia, se procedió a realizar una prueba de comparación de medias utilizando la prueba de Tukey.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Caracterización física de la fresa

4.1.1 Color de la Fresa

En la tabla 7 se muestran los resultados del análisis físico de color en la fresa.

Tabla 7

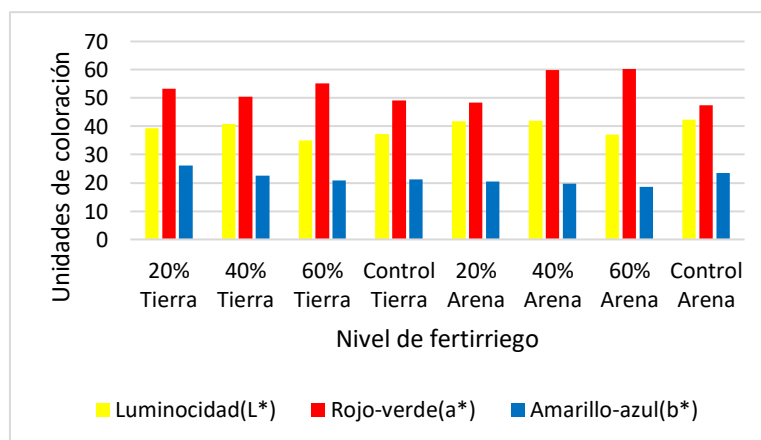
Resultados de análisis de color en la fresa.

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 7 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.

Figura 5

Representación gráfica de los valores de color evaluados de la fresa



Se llevó a cabo un análisis de varianza (ANOVA) sobre las características fresa de las fresas siguiendo el diseño propuesto, con el objetivo de verificar si hay diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos ($p < 0.05$).

En el caso donde se encontró diferencias de significancia, se aplicó la prueba de comparación de medias de Tukey para identificar el tratamiento más efectivo.

Evaluación estadística del color en la fresa

En la tabla 8, 9 y 10 se presenta el análisis de varianza (ANOVA) de color en la fresa.

Tabla 8

Análisis de varianza (ANOVA) de parámetro (L^) en el color de la fresa*

FV	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F Cal	Pr > F
Fertirriego	3	15.10201250	5.03400417	8.78	0.0011
Sustrato	1	41.00320417	41.00320417	71.48	<.0001
fert*sust	3	97.65124583	32.55041528	56.74	<.0001
Error	16	9.1783333	0.5736458		
Total corregido	23	162.9347958			

Tabla 9

Análisis de varianza (ANOVA) de parámetro (a^) en el color de la fresa*

FV	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F Cal	Pr > F
Fertirriego	3	312.9481000	104.3160333	118.90	<.0001
Sustrato	1	25.1330667	25.1330667	28.65	<.0001
fert*sust	3	195.6045667	65.2015222	74.32	<.0001
Error	16	14.0374667	0.8773417		
Total corregido	23	547.7232000			

Tabla 10

Análisis de varianza (ANOVA) de parámetro (b) en el color de la fresa*

FV	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F Cal	Pr > F
Fertirriego	3	37.82808333	12.60936111	18.38	<.0001
Sustrato	1	26.37606667	26.37606667	38.45	<.0001
fert*sust	3	54.59383333	18.19794444	26.53	<.0001
Error	16	10.9754000	0.6859625		
Total corregido	23	129.7733833			

De la tabla 8, 9 y 10. Se aprecia que existen 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 el color. Por lo tanto, se prosiguió a realizar la prueba de comparación de medias de Tukey para determinar las diferencias específicas entre los tratamientos.

En la figura 6 se muestra la prueba de Tukey para la variación de color en la fresa.

Figura 6

Pruebas de Tukey para el parámetro (L^) de color de la fresa*

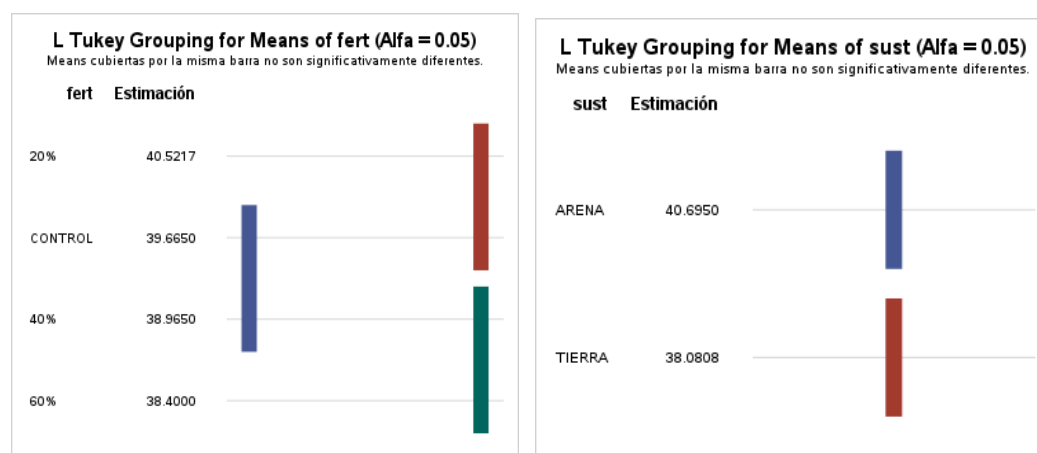


Figura 7

Pruebas de Tukey para el parámetro (a) de color de la fresa*

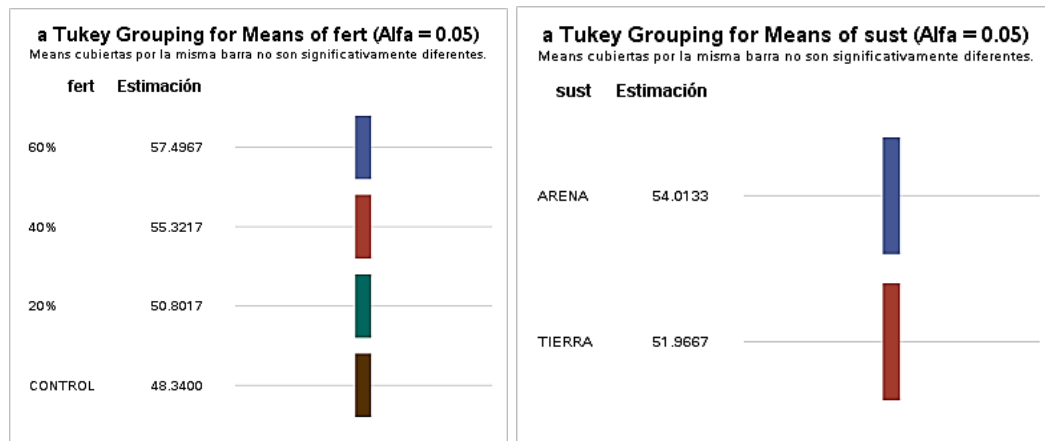
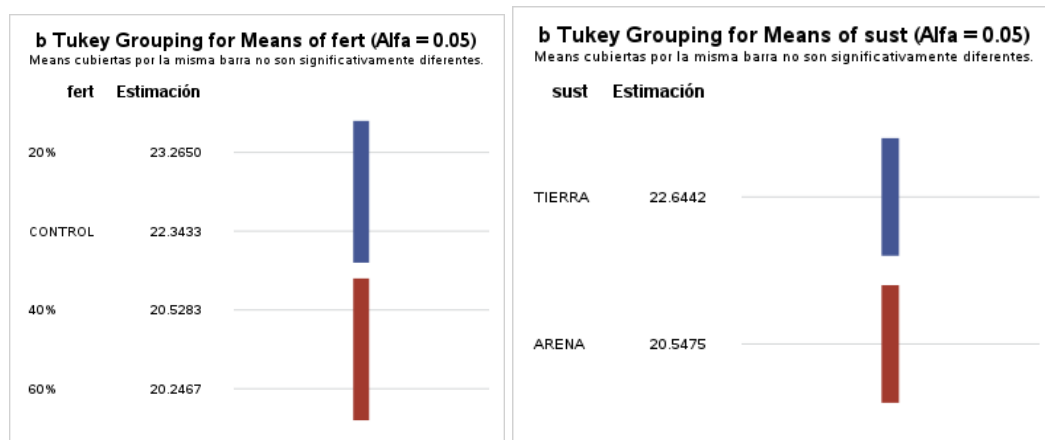


Figura 8

Pruebas de Tukey para el parámetro (b) de color de la fresa*



De la figura 6, 7 y 8 se infiere que el tratamiento con el mejor promedio estadístico, es decir, el mejor tratamiento con valor de color, 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).

4.1.2 Peso, diámetro longitudinal y transversal de la fresa

En la tabla 11 se muestra los resultados obtenidos de los análisis físicos promedio de peso, diámetro longitudinal y diámetro transversal de la fresa.

Tabla 11

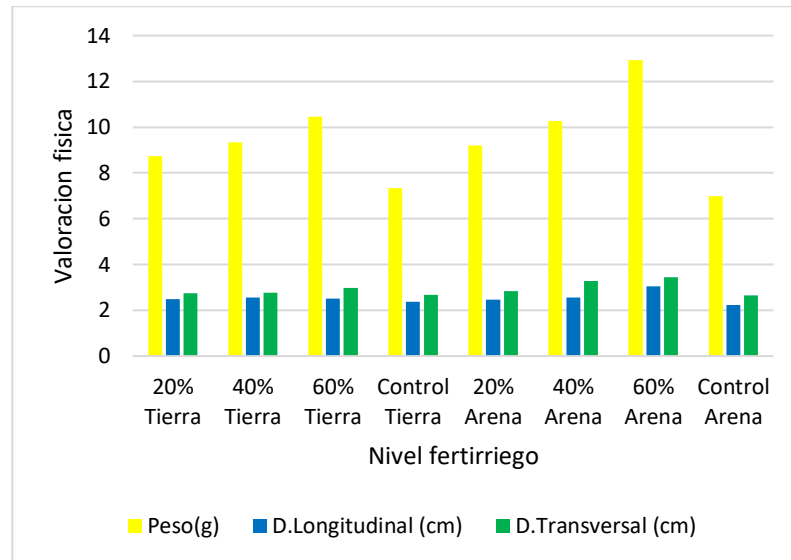
Características físicas de la fresa

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 11 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.

Figura 9

Representación gráfica de los valores de peso, diámetro longitudinal y transversal evaluados de la fresa



Se llevó a cabo un análisis de varianza (ANOVA) sobre las características físicas de las fresas siguiendo el diseño propuesto, con el objetivo de verificar si hay diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos ($p < 0.05$).

En el caso donde se encontró diferencias de significancia, se aplicó la prueba de comparación de medias de Tukey para identificar el tratamiento más efectivo.

Evaluación estadística del peso de la fresa

En la tabla 12 se muestra el análisis de varianza (ANOVA) del peso de la fresa.

Tabla 12

Análisis de varianza (ANOVA) del peso en la fresa

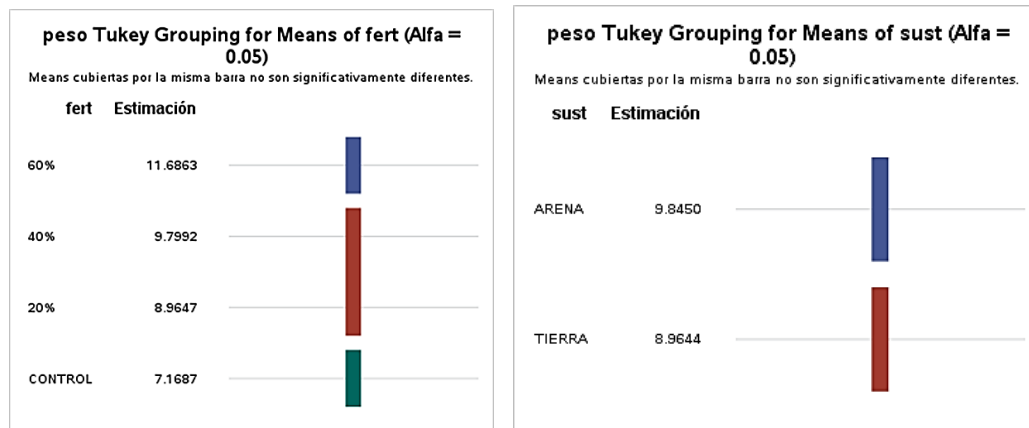
FV	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F Cal	Pr > F
Fertirriego	3	63.32769730	21.10923243	32.36	<.0001
Sustrato	1	4.65335460	4.65335460	7.13	0.0167
fert*sust	3	6.35057230	2.11685743	3.25	0.0497
Total corregido	23	84.76836293			

De la tabla 12, 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 el peso. Por lo tanto, se prosiguió a realizar la prueba de comparación de medias de Tukey para determinar las diferencias específicas entre los tratamientos.

En la figura 10 se muestra la prueba de Tukey para la variación de peso en la fresa.

Figura 10

Prueba de Tukey para el peso de la fresa



De la figura 10 se infiere que el tratamiento con el mejor promedio estadístico, es decir, 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 determinó 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, mientras que en condiciones de

insuficiencia los frutos son más pequeños corrobora (López, 2008) mencionando que la variabilidad puede atribuirse a la diversidad de programas de fertilización en el cultivo de fresa, ya que la cantidad de nutrientes necesarios depende de factores como estado y el tipo de suelo, el contenido de materia, el sistema de riego, la calidad del agua, el clima, entre otros. InfoAgro (2023) que las fresas prefieren suelos o sustratos, preferiblemente arenosos o franco-arenosos, con contengan capacidades buenas de aireación y un adecuado drenaje.

Evaluación estadística del diámetro longitudinal en la fresa

En la tabla 13 se muestra el análisis de varianza (ANOVA) de diámetro longitudinal en la fresa.

Tabla 13

Análisis de varianza (ANOVA) de diámetro longitudinal en la fresa

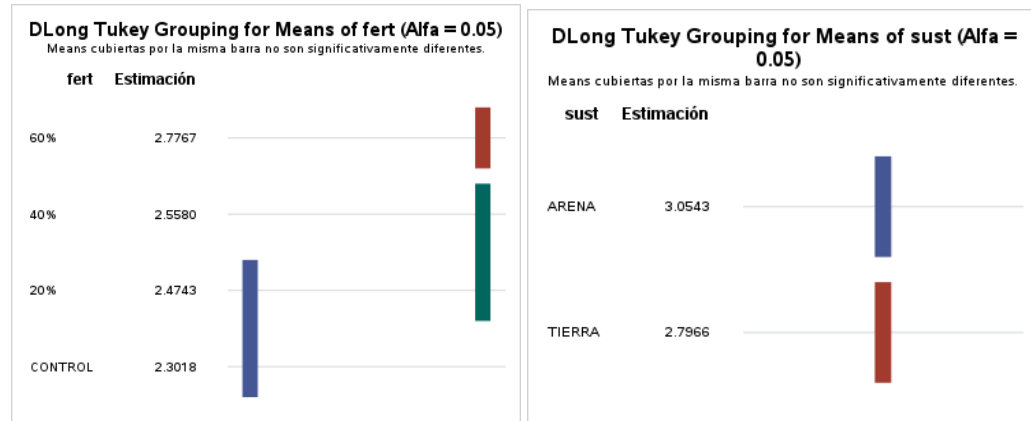
FV	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F Cal	Pr > F
Fertirriego	3	0.70059746	0.23353249	20.60	<.0001
Sustrato	1	0.04059037	0.04059037	3.58	0.0067
fert*sust	3	0.39975979	0.13325326	11.75	0.0003
Error	16	0.18140733	0.01133796		
Total corregido	23	1.32235496			

De la tabla 13, 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 diámetro longitudinal. Por lo tanto, se prosiguió a realizar la prueba de comparación de medias de Tukey para determinar las diferencias específicas entre los tratamientos.

En la figura 11 se muestra la prueba de Tukey para la variación de diámetro longitudinal en la fresa.

Figura 11

Prueba de Tukey para el diámetro longitudinal de la fresa



De la figura 11, se infiere que el tratamiento con el mejor promedio estadístico, es decir, el mejor tratamiento con valor de diámetro longitudinal promedio de 3.04 cm, corresponde al nivel de fertirriego del 60% utilizando sustrato de arena. Este aumento en el diámetro longitud se atribuye a una dosificación de nutrición adecuada, manejo eficiente del riego, genética de la variedad, prácticas agrícolas apropiadas y la salud del suelo.

Los resultados, son semejantes a los de Orellana et al (2017), quien reporto valores de diámetro longitudinal en fresas de (3.15 cm) cultivados en abono orgánico. De la igual manera Caso et al. (2010), reportaron valores de diámetro longitudinal de 4.11 cm en fresas cultivadas en sustrato de cascarilla de arroz y solución hidropónica.

Las variaciones, pueden estar influenciados a las variaciones de incorporación de nutrientes y tipo de sustrato, (Ojeda et al., 2017) indica que niveles excesivamente bajos de nitrógeno afectarían el tamaño del fruto, Nestby et al. (2006) del mismo modo el exceso de nitrógeno en las plantas de fresa tiende a aumentar el tamaño de los frutos, mientras que en condiciones de deficiencia los frutos son más pequeños. El exceso de dosificación en fosforo incrementa la cantidad de aquenios, lo que origina unas deformaciones en el diámetro de la fresa (Lopez, 2008).

Evaluación estadística del diámetro transversal en la fresa

En la tabla 14 se muestra el análisis de varianza (ANOVA) de diámetro transversal en la fresa.

Tabla 14

Análisis de varianza (ANOVA) de diámetro transversal en la fresa

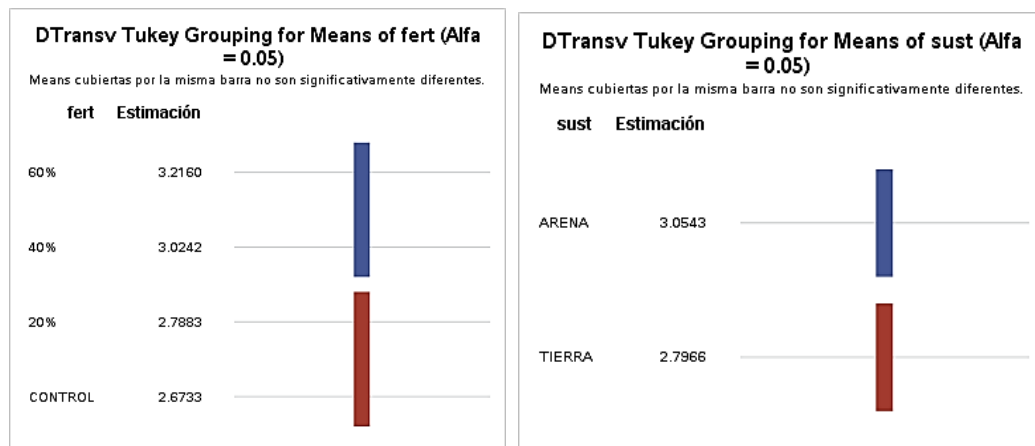
FV	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F Cal	Pr > F
Fertirriego	3	1.05916846	0.35305615	18.89	<.0001
Sustrato	1	0.39861037	0.39861037	21.33	0.0003
fert*sust	3	0.33131579	0.11043860	5.91	0.0065
Error	16	0.29899133	0.01868696		
Total corregido	23	2.08808596			

De la tabla 14, 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 del diámetro transversal. Por lo tanto, se realizó la prueba de comparación de medias de Tukey para determinar las diferencias específicas entre los tratamientos.

En la figura 12 se muestra la prueba de Tukey para la variación de diámetro transversal en la fresa.

Figura 12

Prueba de Tukey para el diámetro transversal de la fresa



De la figura 12, se infiere que el tratamiento con el mejor promedio estadístico, es decir, el mejor tratamiento con valor de diámetro transversal promedio de 3.45 cm, corresponde al nivel de fertirriego del 60% utilizando sustrato de arena. Este aumento en el diámetro longitudinal se atribuye a una dosificación de nutrición adecuada, manejo eficiente del riego, genética de la variedad, prácticas agrícolas apropiadas y la salud del suelo.

Los resultados, son semejantes a los de Orellana et al (2017), quienes reportaron valores de diámetro transversal en fresas de (3.88 cm) cultivados en abono orgánico. De la igual manera Mixquititla et al (2020), reportaron valores de diámetro transversal de 3.11 cm en fresas producidas en hidroponía bajo cubierta plástica. Estas diferencias al igual que las de diámetro longitudinal, pueden estar influenciadas por la composición del nivel de nutrición y el tipo de sustrato.

4.2 Caracterización fisicoquímica de la fresa

En la tabla 15 se muestra los resultados de los análisis fisicoquímicos de la fresa.

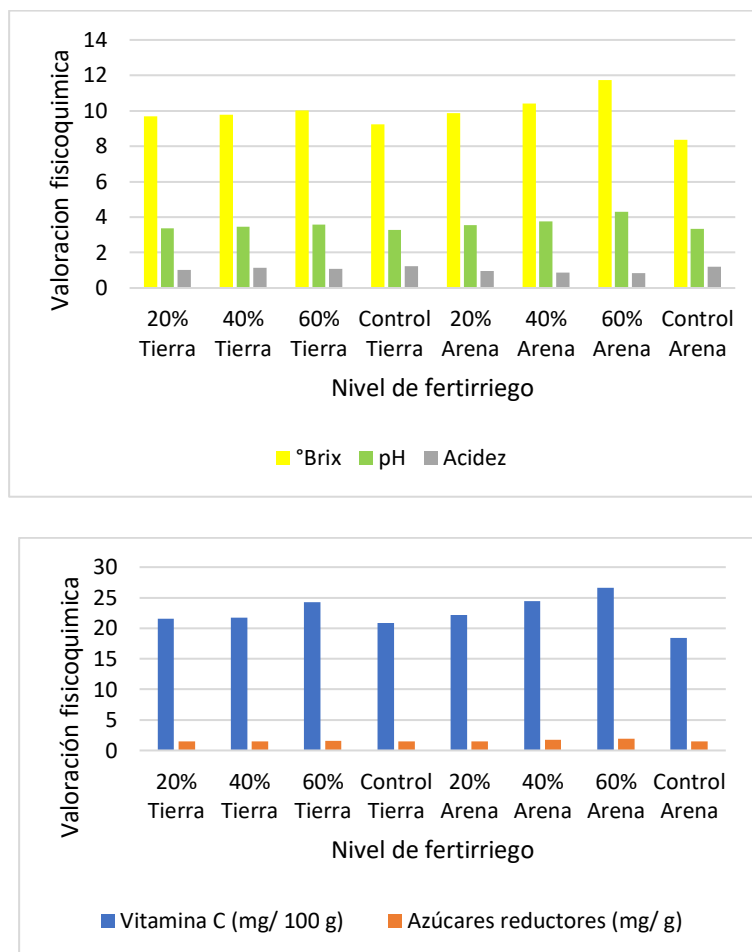
Tabla 15

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

Figura 13

Representación gráfica de los valores fisicoquímicos evaluados de la fresa



Se llevó a cabo un análisis de varianza (ANOVA) sobre las características fisicoquímicas de las fresas según el diseño propuesto, con el fin de verificar si hay variaciones estadísticamente significativas ($p < 0,05$) entre los tratamientos. Si se encuentran diferencias significativas, se aplicará la prueba de comparación de medias de Tukey para identificar el tratamiento más eficaz.

4.2.1 Evaluación estadística del pH en la fresa

En la tabla 16 se muestra el análisis de varianza (ANOVA) del pH en la fresa.

Tabla 16

Análisis de varianza (ANOVA) del pH en la fresa

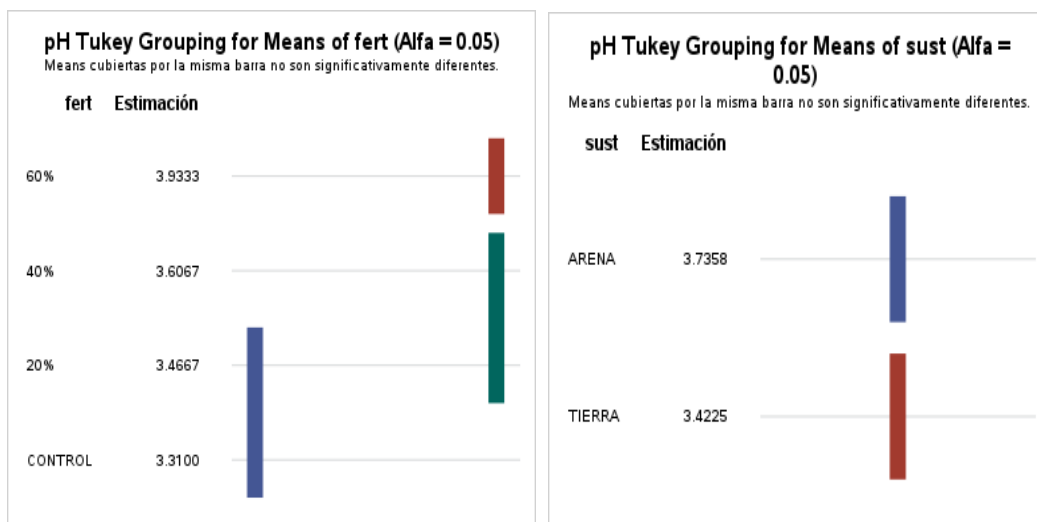
FV	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F Cal	Pr > F
Fertirriego	3	1.69343446	0.56447815	44.85	<.0001
Sustrato	1	0.34488038	0.34488038	27.40	<.0001
fert*sust	3	0.20501779	0.06833926	5.43	0.0005
Error	16	0.20137933	0.01258621		
Total corregido	23	2.44471196			

De la tabla 16, 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.

En la figura 14 se muestra la prueba de Tukey para la variación de pH en la fresa.

Figura 14

Prueba de Tukey para el pH de la fresa



De la figura 14 se infiere que el tratamiento con el mejor promedio estadístico, es decir, el tratamiento con el mejor con valor de pH promedio de 4.7, corresponde tratamiento con un nivel de fertirriego del 60% en un sustrato de arena. Este aumento en el pH puede atribuye a una dosificación de nutrición adecuada, manejo eficiente del riego, genética de la variedad, prácticas agrícolas apropiadas y la salud del suelo.

Estos valores de pH que se presentan 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).

Ademas 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.

4.2.2 Evaluación estadística de la acidez en la fresa

En la tabla 17 se muestra el análisis de varianza (ANOVA) de la acidez en la fresa.

Tabla 17

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

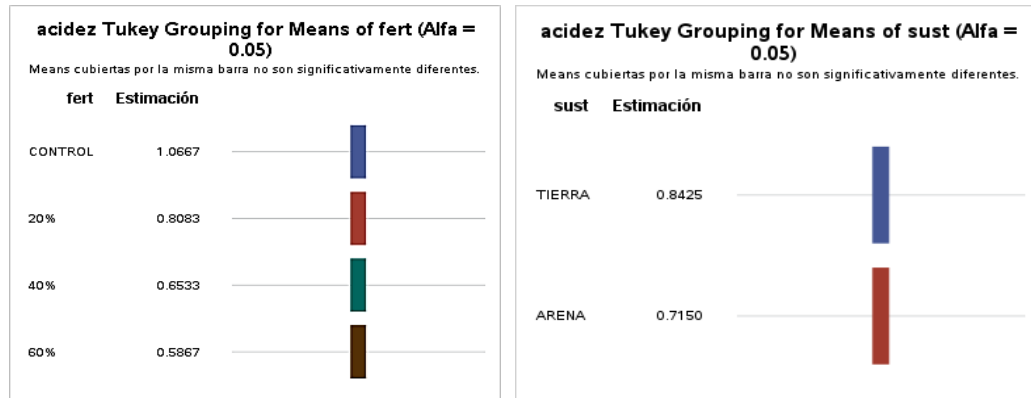
FV	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F Cal	Pr > F
fert	3	0.81837917	0.27279306	322.51	<.0001
sust	1	0.09753750	0.09753750	115.32	<.0001
fert*sust	3	0.05201250	0.01733750	20.50	<.0001
Error	16	0.01353333	0.00084583		
Total corregido	23	0.98146250			

De la tabla 17, 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.

En la figura 15 se muestra la prueba de Tukey para la variación de acidez en la fresa.

Figura 15
Prueba de Tukey para la acidez de la fresa



De la figura 15, se infiere que el tratamiento con el mejor promedio estadístico, es decir, 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 de % acidez 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. Estas diferenciaciones en resultados pueden estar atribuidas a que los ácidos orgánicos son fuertemente influenciados por factores extrínsecos como es las condiciones climáticas, el momento de cosecha, y la temperatura, Mena et al (2017). Desde el momento en que el fruto de fresa se vuelve blanco hasta su cosecha, los azúcares aumentan rápidamente mientras que la acidez disminuye Avirogi (1986). Estas afirmaciones son coherentes, ya

que la fresa es un fruto no climaterio. Esto significa que los cambios bioquímicos ocurren durante su madurez fisiológica.

4.2.3 Evaluación estadística de la solidos solubles en la fresa

En la tabla 18 se muestra el análisis de varianza (ANOVA) de solidos solubles en la fresa.

Tabla 18

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

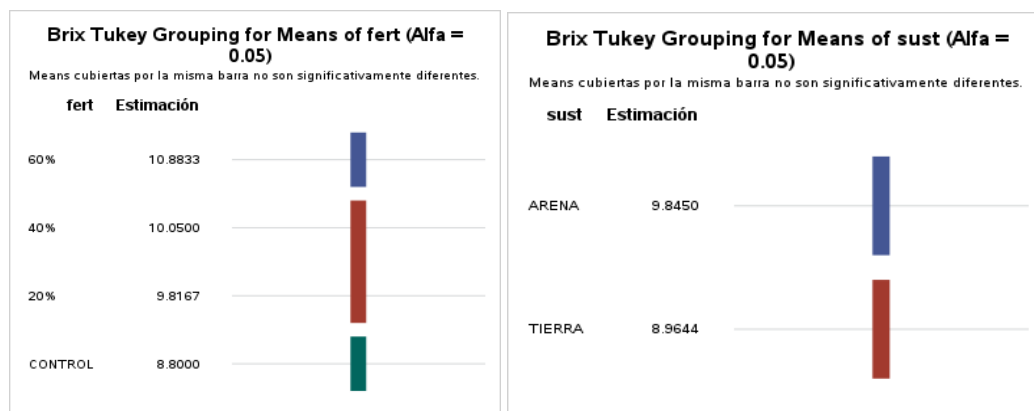
FV	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F Cal	Pr > F
Fertirriego	3	13.23458333	4.41152778	19.61	<.0001
Sustrato	1	1.00041667	1.00041667	4.45	0.0061
fert*sust	3	5.21125000	1.73708333	7.72	0.0021
Error	16	3.60000000	0.22500000		
Total corregido	23	23.04625000			

De la tabla 18, 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 solidos solubles. Por lo tanto, se prosiguió a realizar la prueba de comparación de medias de Tukey para determinar las diferencias específicas entre los tratamientos.

En la figura 16 se muestra la prueba de Tukey para la variación de solidos solubles en la fresa.

Figura 16

Prueba de Tukey para la solidos solubles de la fresa



De la figura 16, se infiere que el tratamiento con el mejor promedio estadístico, es decir, el tratamiento con mejor valor de solidos 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). Estos valores son comparables a los obtenidos en esta investigación. Según la NTP 203.110.2009, INDECOPI (2009), la fresa destinada para el consumo en mesa debe tener un mínimo de 7.5 °Brix. Este estándar se ha superado claramente en los resultados obtenidos.

Este incremento en el contenido de sólidos solubles puede atribuirse a varios factores. La calidad de la luz que incide sobre las plantas de fresa tiene un impacto significativo en la composición química de los frutos. La luz es capturada por los pigmentos fotorreceptores, lo que desencadena una serie de cambios bioquímicos que facilitan la acumulación de azúcares, gracias al aumento en la actividad de la enzima sacarosa-fosfato sintetasa (Casierra-Posada et al., 2011).

Además, el contenido de azúcares en las fresas está fuertemente influenciado por el genotipo y las condiciones climáticas (Kader, 1991). En este sentido, Agüero et al. (2015) indican que el contenido de °Brix puede disminuir debido a alta humedad relativa, precipitaciones y temperaturas elevadas. Por lo tanto, las diferencias en la concentración de azúcares observadas en los resultados podrían estar relacionadas con el nivel de maduración y el estado de las fresas.

4.2.4 Evaluación estadística de la vitamina C en la fresa

En la tabla 19 se muestra el análisis de varianza (ANOVA) de vitamina C en la fresa.

Tabla 19

Análisis de varianza (ANOVA) de la vitamina C en la fresa

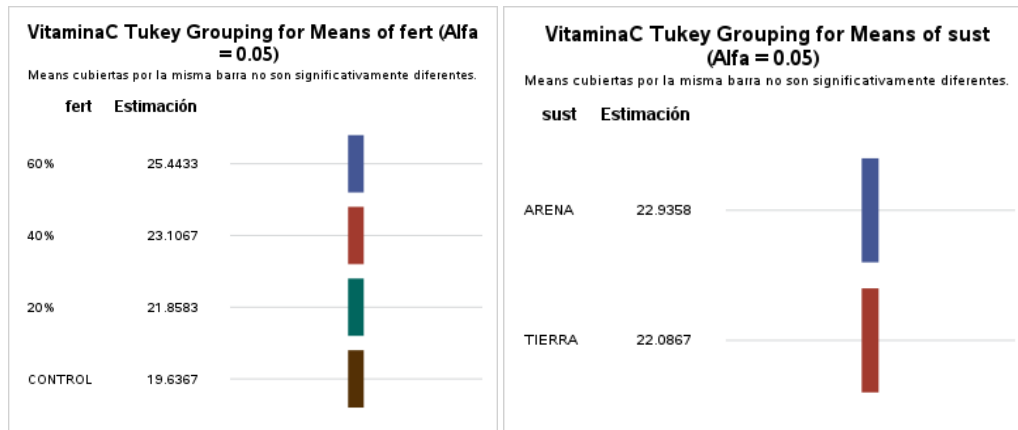
FV	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F Cal	Pr > F
Fertirriego	3	105.8469792	35.2823264	4485.04	<.0001
Sustrato	1	4.3265042	4.3265042	549.98	<.0001
fert*sust	3	24.8279125	8.2759708	1052.03	<.0001
Error	16	0.1258667	0.0078667		
Total corregido	23	135.1272625			

De la tabla 19, 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.

En la figura 17 se muestra la prueba de Tukey para la variación de Vitamina C en la fresa.

Figura 17

Prueba de Tukey para la vitamina C de la fresa



De la figura 17 se infiere que el tratamiento con el mejor promedio estadístico, es decir, 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.

Las variaciones observadas podrían deberse a que las condiciones climáticas, especialmente la intensidad de la luz y la temperatura, influyen notablemente en el contenido final de vitamina C. Sin embargo, la elección del genotipo con el mayor contenido de vitamina C es un factor mucho más determinante que las condiciones climáticas y las prácticas culturales (Lee y Kader, 2000).

4.2.5 Evaluación estadística de azúcares reductores en la fresa

En la tabla 20 se muestra el análisis de varianza (ANOVA) de azúcares reductores en la fresa.

Tabla 20

Análisis de varianza (ANOVA) de azúcares reductores en la fresa

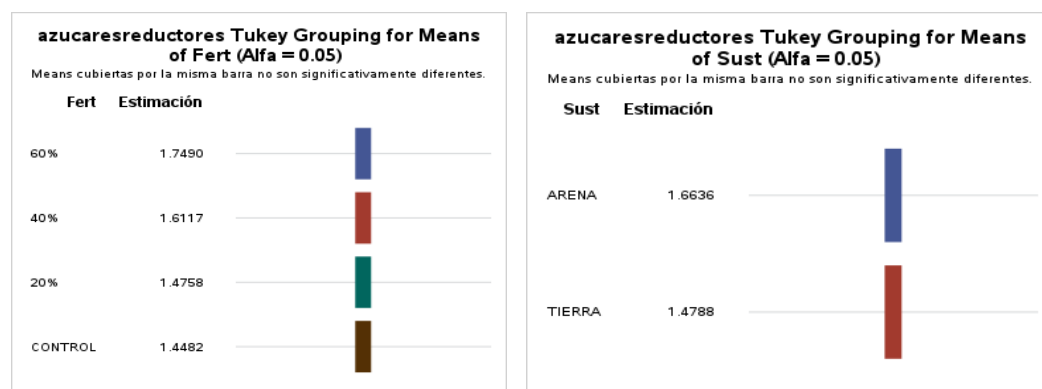
FV	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F Cal	Pr > F
Modelo	7	0.74617600	0.10659657	807.80	<.0001
Fertirriego	3	0.34489433	0.11496478	871.22	<.0001
Sustrato	1	0.20498017	0.20498017	1553.37	<.0001
Fert*Sust	3	0.19630150	0.06543383	495.87	<.0001
Total corregido	23	0.74828733			

De la tabla 20, 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.

En la figura 18 se muestra la prueba de Tukey para la variación de azúcares reductores en la fresa.

Figura 18

Prueba de Tukey para azúcares reductores de la fresa



De la figura 18 se infiere que el tratamiento con el mejor promedio estadístico, es decir, 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 5.01mg/g en fresa con condiciones protegidas, de la misma manera, Saima et al (2014) reportó 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.

4.3 Caracterización funcional de la fresa

En la tabla 21 se muestra los resultados de los análisis funcionales de la fresa.

Tabla 21

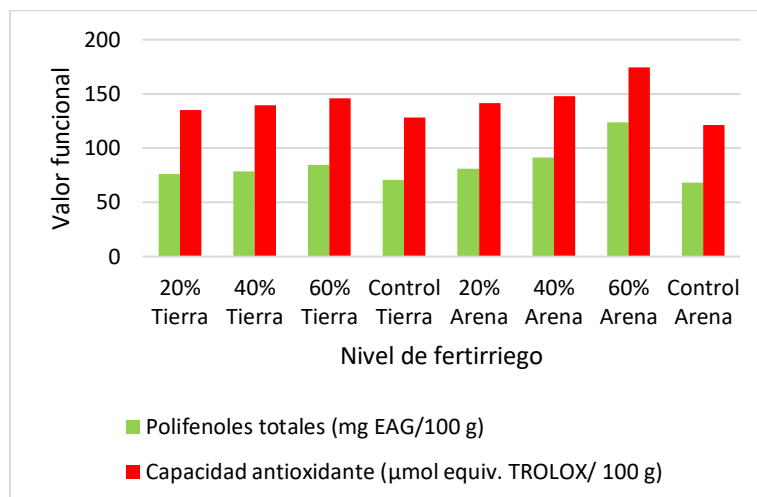
Características funcionales de la fresa

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

De la tabla 21 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.

Figura 19

Representación gráfica de los valores de polifenoles totales y capacidad antioxidante de la fresa.



Se llevó a cabo un análisis de varianza (ANOVA) para evaluar las características funcionales de las fresas en relación con los diferentes niveles de fertirriego y tipos de sustrato, conforme al diseño establecido, con el fin de verificar si existen diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) entre los tratamientos.

Si se detectan diferencias significativas, se aplicará la prueba de comparación de medias de Tukey para identificar el tratamiento más efectivo.

4.3.1 Evaluación estadística de los polifenoles totales en la fresa

En la tabla 22 se muestra el análisis de varianza (ANOVA) de los polifenoles totales de la fresa.

Tabla 22

Análisis de varianza (ANOVA) de los polifenoles totales de la fresa

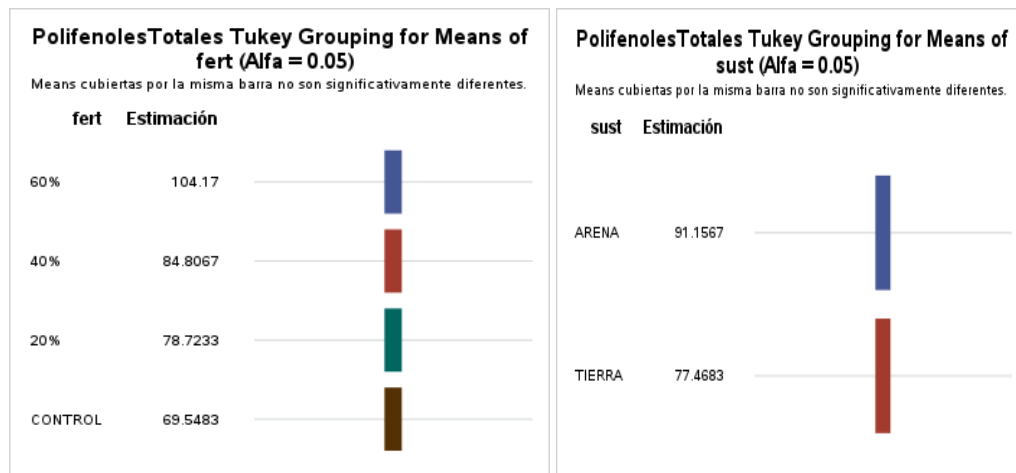
FV	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F Cal	Pr > F
Fertirriego	3	3863.100617	1287.700206	170087	<.0001
Sustrato	1	1124.222817	1124.222817	148494	<.0001
fert*sust	3	1516.978883	505.659628	66790.5	<.0001
Error	16	0.121133	0.007571		
Total corregido	23	6504.423450			

De la tabla 22, 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.

En la figura 20 se muestra la prueba de Tukey para la variación de polifenoles totales de la fresa

Figura 20

Prueba de Tukey para los polifenoles totales de la fresa



De la figura 20 se infiere que el tratamiento con el mejor promedio estadístico, es decir, 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 períodos de cosecha se deben probablemente a las condiciones ambientales durante el desarrollo del fruto. Mencionan que la intensidad de la luz influye en la concentración de fenoles, de modo que un aumento en la luz se correlaciona con un aumento en los fenoles totales.

Estas variaciones también están relacionadas con la composición de la fertilización del suelo en términos de nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K) así como con la temperatura (FAO, 2002).

4.3.2 Evaluación estadística de capacidad antioxidante de la fresa

En la tabla 23 se muestra el análisis de varianza (ANOVA) de los valores de capacidad antioxidante de la fresa.

Tabla 23

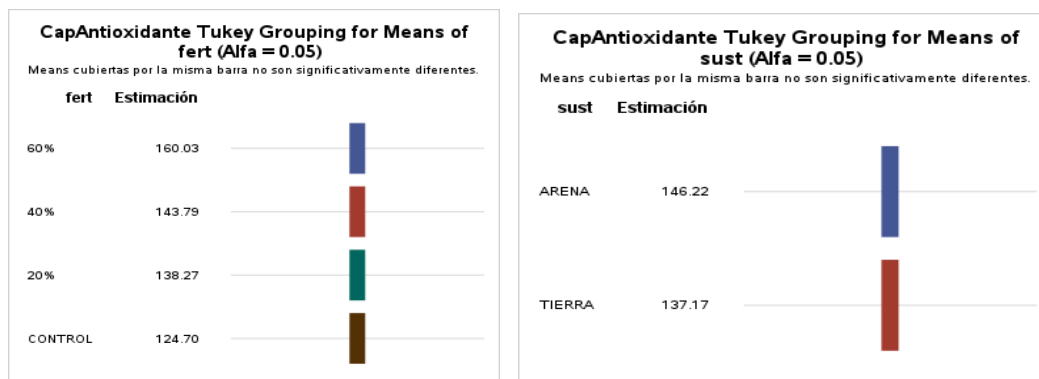
Análisis de varianza (ANOVA) de la capacidad antioxidante de la fresa

FV	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	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 23, 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.

Figura 21

Prueba de Tukey para la capacidad antioxidante de la fresa



De la figura 21 se infiere que el mejor tratamiento con el promedio estadístico, es decir, el tratamiento con mejor valor de capacidad antioxidante promedio 174.34 μmol equiv. de Trolox/100 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 μmol equiv. de Trolox/100 g en fresas sometidas a distintos nutrientes vegetales, mientras que Romero et al. (2012) reportaron 345 μmol equivalentes de Trolox/100 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. Según Silva et al. (2013), los altos valores de capacidad antioxidante pueden deberse al estrés nutricional y ambiental (como alta temperatura y baja humedad) al que las fresas estuvieron expuestas durante su cultivo, lo que contribuyó a su alta calidad nutracéutica. Es probable que los nutrientes disueltos en las soluciones fertilizantes utilizadas en este estudio hayan facilitado su absorción, lo que a su vez influyó en la producción de metabolitos secundarios y, en consecuencia, en la capacidad antioxidante de las fresas.

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 ± 0.64 g y 10.26 ± 0.99 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 ± 0.18 cm. Estos resultados sugieren que tanto el nivel de fertirriego como el tipo de sustrato juegan un papel crucial en la optimización de las características físicas de la fresa.
- ✓ En cuanto a las características fisicoquímicas de la fresa, se observó que 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 un pH (3.29 ± 0.06), una mayor cantidad de sólidos solubles (11.73 ± 0.31), vitamina C (26.65 ± 0.06 mg/100 g) y azúcares reductores (1.94 ± 0.01 mg/g). Estos resultados indican que un mayor nivel de fertirriego contribuyó significativamente al incremento del dulzor, el contenido de vitamina C y azúcares reductores 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.

RECOMENDACIONES

- Se requiere realizar el estudio de los factores extrínsecos como es la humedad, la temperatura del ambiente, las cuales están inmiscuidas en la formación de componentes en el fruto de la fresa.
- A causa del presente trabajo de investigación, hay una necesidad de realizar la comparación que hacen efecto en la formación de componentes en la fresa a partir de la aplicación de otros niveles de fertirriego y la utilización de otros sustratos eficaces.
- Los componentes polifenólicos, son de gran interés para la comunidad científica para lo cual es muy oportuno su estudio, en vista de ello, hay también la necesidad de evaluar si hay influencia con aplicación de fertilizantes que contengan micronutrientes.
- Hay la necesidad de llevar a cabo un análisis exhaustivo de los suelos agrícolas para determinar de manera precisa las necesidades de nutrientes en el sustrato en estudio. Esta evaluación permitirá una mejor planificación en la aplicación de fertilizantes y otros agregados, optimizando así el rendimiento de los cultivos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alam, M., Bristi, N., & Rafiquzzaman, M. (2013). Review on in vivo and in vitro methods evaluation of antioxidant activity. *Revista científica farmaceútica*, 143-152.
- Alcántara, M. (2009). Estimación de los daños físicos y evaluación de la calidad de la fresa durante el manejo poscosecha y el transporte simulado. Tesis doctoral. Universidad politécnica de Valencia.
- 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=S2007-9753202
- 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.
- Avirogi, H. (1986.). Handbood of fruit set and development. Manual de desarrollo de frutos.
- Benavides, H. (2001). Efecto del biol y bioestimulantes en la producción de fresa (*Fragaria x ananassa Duch.*) en zona semiárida. Tesis de pregrado. Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión.
- Borja, E. (2010). Estudio de la conservación de fresas mediante tratamientos térmicos. Tesis de pregrado. Universidad Técnica de Ambato.
- Bustos, A. (2023). Los desafíos de cómo mejorar producción y aumentar volúmenes de la fresa peruana. *Portalfruticola.com*. <https://www.portalfruticola.com/noticias/2023/11/07/los-desafios-de-la-fresa-peruana-mejorar-produccion-y-aumentar-volumenes/>
- Carvajal de Pabón, L. (2012). Antioxidant capacity of two *Fragaria x ananassa* (weston) Duchesne (strawberry) varieties subjected to variations in vegetal nutrition. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 17(1).
- Casierra-Posada, F., Peña-Olmos, J., & Vargas-Martínez, A. (2011). Propiedades Fisicoquímicas de Fresas (*Fragaria sp*) cultivadas Bajo Filtros Fotoselectivos. *Revista facultad nacional de agronomía*, 64(2).
- Caso, C., Chang, M., & Rogriguez, A. (2010). Efecto del sustrato sobre la producción de fresa en sistema de columna. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*.

- Cherlinka, V. (2021). Fertiirrigación: Tecnología Agrícola Avanzada. *EOS DATA ANALYTICS*. <https://eos.com/es/blog/fertiirrigacion/>
- Dell, J. (2006). Postharvest handling of strawberries. *Berry of bulletin*. Recuperado el 2 de abril de 2019
- Dominguez, A. (2021, abril 15). Optimización de la fertiirrigación en el cultivo de fresa en invernadero. *Vida Rural*. https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/bibliotec/a/revistas/pdf_Vrural/Vrural_2011_327_28_32.pdf
- FAO. (2002). El cultivo protegido en clima Mediterráneo. Manual de la dirección de producción y protección vegetal. ISSN 1014-1227.
- FEN. (2018). *Fresa (Strawberry)*. Fundación Española de la Nutrición. <https://www.fen.org.es/MercadoAlimentosFEN/pdfs/fresa.pdf>
- Fresh Fruit. (2023). 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,repartidas%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,repartidas%20en%20la%20sierra%20peruana)
- Garcia, G. (2019). *FENOLOGÍA, CALIDAD Y RENDIMIENTO DE FRUTO DE FRESA VARIEDAD 'EL DORADO' CON FERTILIZACIÓN QUÍMICA Y ORGÁNICA*. Repositorio Institucional BUAP. <https://repositorioinstitucional.buap.mx/server/api/core/bitstreams/0108c85b-6b80-40a6-9deb-70ba1972ae3e/content>
- Gennadios, A., Weller, C., Hanna, M., & Froning, G. (1996). Mechanical and barrierproperties of egg albumen films. *Journal of food science*, 61(3), 585- 589.
- Hancock, J. (2022). *Fresas*. 237. (E. A. York, Ed.) USA: Libro.
- Hidroponia Asociacion mexicana (2022). *Boro falta o exceso cultivo fresa en hidroponia y suelo*. Youtube de https://www.youtube.com/watch?v=Ygud_dld_18
- Huerta, S. (2015). Rendimiento y calidad de cultivo de fresa con dos soluciones nutritivas. Tesis de pregrado. Benemérita universidad autónoma de Puebla.
- ICL. (2023). *Fertilizantes para Fresas Consejos de nutrición para cultivos*. ICL.
- INDECOPI. (2009). Comisión de normalización y de fiscalización de barreras comerciales no arancelarias. La NTP 203.110.2009. Manual.

- Infoagro (2023). *El cultivo de la Fresa*. Recuperado el 28 de agosto de 2024, de https://www.infoagro.com/documentos/el_cultivo_fresa.asp
- INIA. (2022). *Manual de Fresa.CDR*. Repositorio INIA. [https://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/20.500.12955/752/1/Olivera-Cultivo de Fresa.pdf](https://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/20.500.12955/752/1/Olivera-Cultivo_de_Fresa.pdf)
- Interiano, I., Bucio, C., Salas, M., Salazar, E., Martinez, O., & Wallace, R. (2014). Efecto de la polinización de la fresa por *Apis mellifera* L. y *Chrysoperla carnea* S. sobre la calidad de los frutos. *Revista Dialnet*, 7(13): 85-100
- Kader, A. (1991). Quality and its maintenance in relation to the postharvest. EE.UU. Libro.
- Kluepfel, M., Lippert, B., & Williamson, J. (2016, octubre 16). *Cambiando el pH del Suelo*. Home & Garden Information Center | Clemson University, South Carolina. <https://hgic.clemson.edu/factsheet/cambiando-el-ph-del-suelo/>
- López, D., Sánchez, M., Acuña, J., & Fisher, G. (2017). Propiedades fisicoquímicas de siete variedades destacadas de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cultivadas en Cundinamarca (Colombia) durante la maduración. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 19 (1), 147-62.
- López. (2013). *Química. 11va. edición*. España: Ecuador. Blog. Obtenido de ISBN 978-607-15-0928-4
- Luque, S. (2020). *¿Qué es el sustrato de cultivo?* Suministros Agrícolas Luque. <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>
- Mena, L., Guido, S., & Camargo, P. (2017). Impacto del abonamiento integral en el rendimiento y calidad de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Selva bajo sistema de riego por goteo y cobertura plástica. *Revista de horticultura*, 14(2), 113-119.
- Midagri. (2018). *Estudio de la fresa en el Perú y el Mundo*. Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego - MIDAGRI.

https://www.midagri.gob.pe/portal/download/pdf/herramientas/boletines/estudio_fresa.pdf

- Mitcham, e., Crososto, C., & Kader, A. (1998). Strawberry recommendations for maintaining postharvest quality. Universidad de California.
- MITCHELL, F.G., RUMSEY, T.R., C.H. (2000). "Commercial Cooling of Fruits, Vegetables, and Flowers". University of California, Division of Agriculture and Natural Resources, Publication. Pág. 61.
- Mixquitilla Casbis, G., Villegas Torres, O., Maria, A., & Héctor Sotelo, N. (2020). Crecimiento, rendimiento y calidad de fresa por efecto del régimen nutrimental. *Revista Mexicana de ciencias agrícolas*, 11(6), 1337-1348.
- Moor, U.; Karp, K.; Poldma, P. 2004. Effect of mulching and fertilization on the quality of strawberries. *Agricultural and Food Science* 325: 256-267.
- Moreiras, et al. (2013). Tablas de composición de alimentos. *SOCIEDAD ESPAÑOLA DE NUTRICIÓN*. <https://www.sennutricion.org/es/2013/05/14/tablas-de-composicion-de-alimentos-moreiras-et-al>
- Nestby, R.; Lieten, F.; Pivot, D.; Raynal Lacroix, C.; Tagliabini, M. 2006. Influence of mineral nutrients on strawberry fruit quality and their accumulation in Plant Organs: A Review. *International Journal of Fruit Science* 156: 139-156.
- Norby, J. (2000). The origin and the meaning of the little p in pH. *Trends in biochemical sciences*, 25(1), 36-37.
- Ojeda, M., Gimenez, A., Gonzales, M., & Hernández, A. (2017). Atributos de calidad en frutos de fresa 'Capitola' cosechados en diferentes condiciones climáticas en Venezuela. Posgrado de horticultura. Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado.
- Organización Mundial de la Salud, (2022). Plan de acción para la prevención y el control de las enfermedades no transmisibles en las Américas. Recuperado de: <https://www.paho.org/hq/dmdocuments/2015/plan-accion-prevencion-control-ent-americas.pdf>
- Panigrahi (2020). Evaluation of different strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) cultivars for Physico-chemical composition of fruits under protected condition. *Revista The Pharma Innovation*.

<https://www.thepharmajournal.com/archives/2020/vol9issue11/PartA/9-10-34-641.pdf>

- Parramón, J. (2013). El gran libro del color. (S.A., Ed.) Barcelona: Parramon.
- Peña-Cerda, M., Arancia, J., Valenzuela, P., Pérez, R., Barriga, A., Seguel, I., Delporte, C. (2017). Phenolic composition and antioxidant capacity of *Ugni molinae* Turcz. Leaves of different genotypes. Food chemistry, 215, 219-227.
- PROAIN (2020) PRODUCCIÓN DE FRESA, REQUERIMIENTOS DE CLIMA Y SUELO. (2020). <https://proain.com/blogs/notas-tecnicas/produccion-de-fresa-requerimientos-de-clima-y-suelo>
- Pullchs, M (2023). Efecto del compost de orujo de uva variedad borgoña sobre las características físicas químicas y funcionales de la fresa (*Fragaria x ananassa*) en postcosecha. Repositorio UNAM. <https://repositorio.unam.edu.pe/items/f3fda504-0f65-4770-ad91-ca30b3bf9871>
- Quiñones, M., Miguel, M., & Aleixandre, A. (2012). Los polifenoles, compuestos de origen natural con efectos saludables sobre el sistema cardiovascular. Nutrición hospitalaria, 27(1).
- Romero, C. (2012). FERTILIZACIÓN ORGÁNICA - MINERAL Y ORGÁNICA EN EL CULTIVO DE FRESA (*Fragaria x ananassa* Duch.) BAJO CONDICIONES DE INV. Redalyc. <https://www.redalyc.org/pdf/461/46125176004.pdf>
- Solórzano, A., Martín, A., Salazar, S., Sandoval, J., & Kirschbaum, D. (2015). Correlación entre la medida del color del fruto y la concentración de sólidos solubles totales en frutilla o fresa (*Fragaria ananassa* Duch.). *Revista Agronómica del Noroeste Argentino*, 35(1), 55-60.
- Taiz, L., & Zeiger, E. (2006). Plant physiology. Tercera. ISBN: 0878938230. 750-751: Libro.
- Thompson, A. (1996). Harvest Maturity and Methods (Chapter 2 and Postharvest Treatments (Chapter 4). En: Postharvest Technology of Fruits and Vegetables. 95, 35-37. Blackwell Science. Manual.
- Tovar, O. (2018). Comparación in vitro del pH, contenido de azúcar y acidez titulable (ácido cítrico) de bebidas endulzadas consumidas por niños en etapa escolar. Tesis de pregrado. Universidad Peruana de ciencias aplicadas.

- Yandún, M. (2019). Evaluación de la fertilización orgánica e inorgánica utilizando dos tipos de acolchado en el cultivo de fresa (*Fragaria* sp) en las variedades Albión y Monterrey. Tesis de grado. Universidad Politécnica Estatal del Carchi.
- Yara (2018). Incrementar el peso del fruto. <https://www.yara.es/nutricion-vegetal/frutales-pepita/incrementar-peso/>
- Yauricasa, J (2019). "PRODUCCIÓN DE FRESA (*Fragaria* x *ananassa* Duch.) EN DOS SISTEMAS DE HIDROPONIA BAJO COBERTURA PLASTICO". Repositorio UNH. <https://apirepositorio.unh.edu.pe/server/api/core/bitstreams/16d2a7c9-978d-4b36-843b-9ded6ef75a9d/content>
- ZARAGOZA, R. (2023). "*Evaluación de Técnicas Hidropónicas de Producción en el Cultivo de Fresa (Fragaria x ananassa) Bajo Invernadero*". Repositorio CIQA. <https://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1025/67/1/Tesis%20MAP%20Ramon%20Donovan%20Zaragoza%20Nieto%20Dic%2018%202013.pdf>

ANEXOS

Anexo 1

Tabla de rangos de nutrientes aceptables para el fertirriego de la fresa

Elemento	Minimo(ppm)	Maximo (ppm)
Nitrógeno (N)	70	300
Potasio (K)	200	400
Fosforo (P)	30	600
Calcio (Ca)	150	400
Azufre (S)	60	330
Magnesio (Mg)	25	75

Fuente: HidroponiaMexicana(2022)

Anexo 2

Factores de conversión de fertilizantes

FACTORES DE CONVERSION DE EXPRESION DE FERTILIZANTES			
Para transformar	Multiplique x	Para transformar	Multiplique x
NH ₄ a N	0.777	N a NH ₄	1.287
NO ₃ a N	0.226	N a NO ₃	4.425
P ₂ O ₅ a P	0.436	P a P ₂ O ₅	2.293
K ₂ O a K	0.83	K a K ₂ O	1.205
CaO a Ca	0.715	Ca a CaO	1.399
MgO a Mg	0.603	Mg a MgO	1.658
SO ₄ a S	0.322	S a SO ₄	3.105
FeO a Fe	0.78	Fe a FeO	1.29
MnO a Mn	0.77	Mn a MnO	1.29
CuO a Cu	0.79	Cu a CuO	1.25
B ₂ O ₃ a B	0.31	B a B ₂ O ₃	3.22

Fuente: InteresAgronomico(2022)

Anexo 3

Análisis fisicoquímicos de agua de la localidad de Chahuaybamba- Cangallo



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
LABORATORIO DE SUELOS Y ANÁLISIS FOLIAR
Jr. Abraham Valdelomar N° 249 – Telf. 315936 966942996
Ayacucho – Perú
"Año de la Universalización de la Salud"

Región : Ayacucho
Provincia : Cangallo
Distrito : Los Morochucos
Localidad : Chahuaybamba – Cangallo
Proyecto : "Ampliación y mejoramiento del servicio de agua para riego en la comunidad de Chahuaybamba, Provincia de Cangallo - Ayacucho"

HR. 0009

Solicitante : Municipalidad Distrital de Los Morochucos

ANÁLISIS FÍSICO – QUÍMICO DE AGUA

DETERMINACIONES	FUENTE	
	Manantial Illaccocha	Canal: Llunchicancha - Illaccocha
CATIONES (meq./ Litro)		
CALCIO (Ca^{++})	0.58	E: 583225
MAGNESIO (Mg^{++})	0.46	N: 8510737
POTASIO (K^{+})	0.00	
SODIO (Na^{+})	0.02	
AMONIO (NH_4^{+})	0.00	
ANIONES (meq./ Litro)		
BICARBONATOS (HCO_3^{-})	0.43	
CARBONATOS (CO_3^{-})	0.00	
CLORUROS (Cl^{-})	0.46	
FOSFATOS (PO_4^{3-})	0.00	
NITRATOS (NO_3^{-})	0.00	
SULFATOS (SO_4^{-})	0.16	
OTRAS DETERMINACIONES		
pH	6.38	
CE. (dS/m.)	0.087	
Sólidos en Suspensión (g/litro)	0.089	
Salas Solubles Totales (ppm)	40.2	
Relación de Adsorción de Sodio	0.06	
Dureza Total (ppm CaCO_3)	72.0	
CLASIFICACION	C1-S1	

OBSERVACIONES: Ver las indicaciones de la clasificación indicadas en el reverso.

Ayacucho, Junio de 2023

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS
PLANTA AGUAS VERDELLANTES
RESPONSABLE
[Firma]
Juan S. Giron Molina
C.I.P. 77120

Anexo 4

Norma Técnica peruana 203.110

ANEXO A

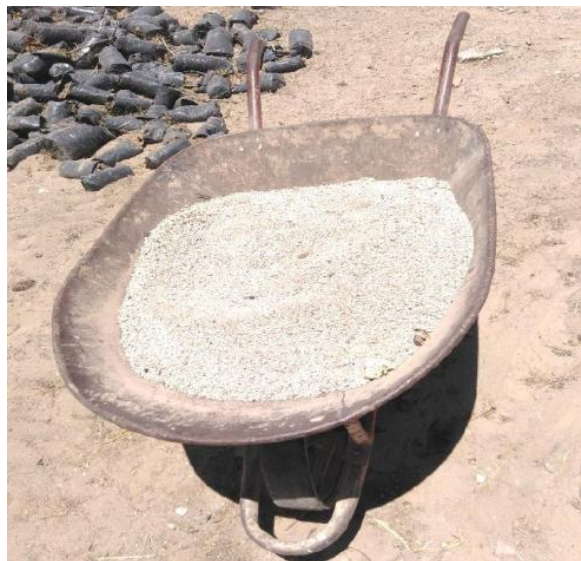
(NORMATIVO)

CONTENIDO MÍNIMO DE SÓLIDOS SOLUBLES (GRADOS BRIX) PARA JUGOS, PURÉS Y BEBIDAS DE FRUTA

Nombre Botánico	Nombre común de la fruta	Nivel mínimo de grados Brix para jugo de fruta (a partir de exprimidos, reconstituido, purés)	Néctares mínimo 20 % de puré y/o jugo en el néctar ⁶	Bebidas mínimo 10 % de puré y/o jugo en el néctar
<i>Anacardium occidentale</i> L.	Manzana de acajü	10	2,0	1,0
<i>Ananas comosus</i> (L.) Merrill <i>Ananas sativis</i> L. Schult F.	Piña	10	2,0	1,0
<i>Fragaria</i> x <i>Ananassa Duchense</i> (<i>Fragaria chiloensis</i> Duchesne x <i>Fragaria virginiana</i> Duchesne)	Fresa (frutilla)	7,5	1,5	0,75
<i>Lycopersicon esculentum</i> L.	Tomate	5,0	1,0	0,5
<i>Malus domestica</i> Borkh.	Manzana	10	2,0	1,0
<i>Malus prunifolia</i> (Willd.) Borkh. <i>Malus sylvestris</i> Mill.	Manzana silvestre	15,4	3,08	1,54
<i>Mammea americana</i>	Mamey	13	2,6	1,3
<i>Mangifera indica</i> L.	Mango	10	2,0	1,0
<i>Morus sp.</i>	Mora	6,5	1,3	0,65
Musa: Especies incluidas M. <i>acuminata</i> y M. <i>paradisiaca</i> pero excluyendo los otros plátanos	Banana, banano, Plátano	18	3,6	1,8
<i>Pasiflora edulis</i>	Granadilla amarilla	12	2,4	1,2
<i>Prunus avium</i> L.	Cereza dulce	20	4	2
<i>Prunus armeniaca</i> L.	Albaricoque, chabacano, damasco	11,5	2,3	1,15
<i>Prunus cerasus</i> L.	Cereza agria	14,0	2,8	1,4
<i>Prunus cerasus</i> L. c.v. Stevnsbaer	Guinda	17,0	3,4	1,7

Anexo 5

Sustrato arena para cultivo de fresa



Anexo 6

Planta de la fresa variedad Chandler (Fragaria x ananassa)



Anexo 7

Fertiirrigación de las plantas de fresa



Anexo 8

Desarrollo del cultivo de fresa mediante distintos niveles de fertirriego y sustrato



Anexo 9

Desarrollo y crecimiento de la fresa Chandler (Fragaria x ananassa)



Anexo 10

Estado optimo de maduración de la fresa Chandler (Fragaria x ananassa)



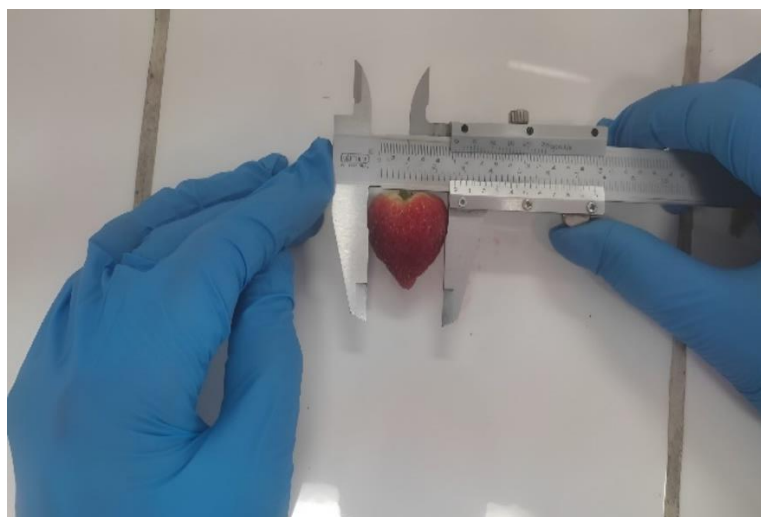
Anexo 11

Determinación del peso de la fresa



Anexo 12

Determinación del diámetro longitudinal de la fresa



Anexo 13

Determinación del pH de la fresa



Anexo 14

Medición de color de la fruta mediante el uso de un colorímetro



Anexo 15

Determinación de solidos solubles de la fresa



Anexo 16

Determinación de la acidez titulable de la fresa



Anexo 17

Deshidratado del fruto la fresa



Anexo 18

Muestras de estudio en forma deshidratada para posterior ser analizados sus propiedades funcionales



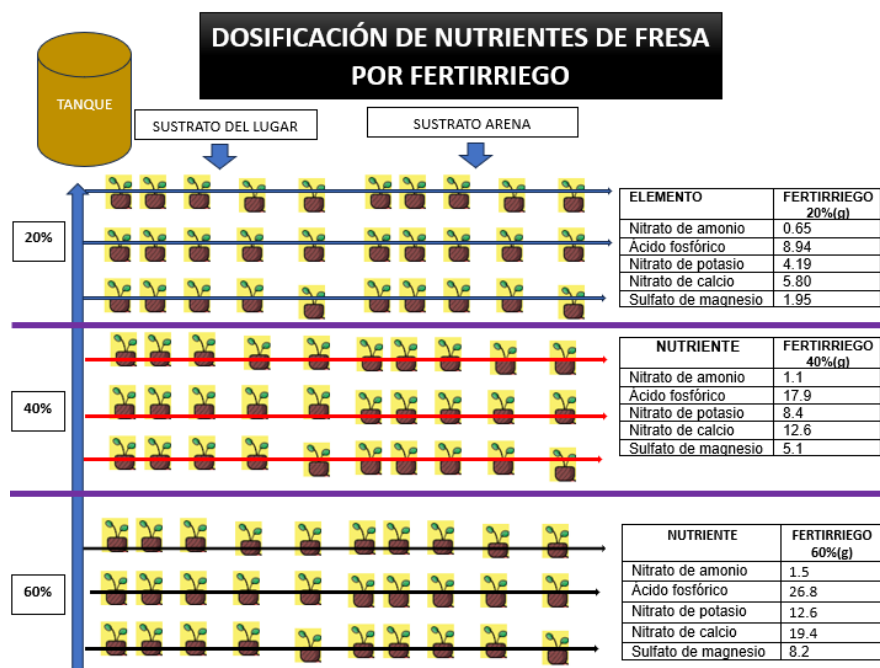
Anexo 19

Pulverizado del fruto de la fresa previo deshidratado



Anexo 20

Esquema utilizado para la dosificación de nutrientes



Anexo 21

Prueba de supuestos para los distintos parámetros de respuesta

Prueba de supuestos (normalidad, autocorrelación y homogeneidad) para Color (L^) de la fresa Chandler*

- Hipótesis para prueba de normalidad, autocorrelación y homogeneidad respectivamente

Hipótesis nula (H_0): Los datos de color (L^*) de las fresas siguen una distribución normal.

Hipótesis alternativa (H_a): Los datos de color (L^*) de fresas no siguen una distribución normal.

Hipótesis nula (H_0): No hay autocorrelación en los residuos (no hay dependencia entre las observaciones de color(L^*) de las fresas).

Hipótesis alternativa (H_a): Hay autocorrelación en los residuos (las observaciones están correlacionadas).

Hipótesis nula (H_0): Las varianzas de los grupos son iguales.

Hipótesis alternativa (H_a): Las varianzas de los grupos no son iguales.

Test para normalidad				Test autocorrelación	Test homogeneidad
Test	Estadístico	P valor		Durbin - Watson	Levene
Shapiro-Wilk	W	0.5621	Pr < W	0.3649	1.947

- Interpretación

Los datos de color (L^*) de las fresas siguen una distribución normal como también no presentan autocorrelación (son independientes) y tienen varianzas homogéneas entre los grupos, podemos concluir que en todos los casos se acepta la hipótesis nula (H_0).

Prueba de supuestos (normalidad, autocorrelación y homogeneidad) para Color (a^) de la fresa Chandler*

- Hipótesis para prueba de normalidad, autocorrelación y homogeneidad respectivamente

Hipótesis nula (H_0): Los datos de color (a^*) de las fresas siguen una distribución normal.

Hipótesis alternativa (H_a): Los datos de color (a^*) de fresas no siguen una distribución normal.

Hipótesis nula (H_0): No hay autocorrelación en los residuos (no hay dependencia entre las observaciones de color(a^*) de las fresas).

Hipótesis alternativa (H_a): Hay autocorrelación en los residuos (las observaciones están correlacionadas).

Hipótesis nula (H_0): Las varianzas de los grupos son iguales.

Hipótesis alternativa (H_a): Las varianzas de los grupos no son iguales.

Test para normalidad				Test autocorrelación	Test homogeneidad
Test	Estadístico	P valor		Durbin - Watson	Levene
Shapiro-Wilk	W	0.8192	Pr < W	0.6280	2.081

- Interpretación

Los datos de color (a^*) de las fresas siguen una distribución normal como también no presentan autocorrelación (son independientes) y tienen varianzas homogéneas entre los grupos, podemos concluir que en todos los casos se acepta la hipótesis nula (H_0).

Prueba de supuestos (normalidad, autocorrelación y homogeneidad) para el peso de la fresa Chandler

- Hipótesis para prueba de normalidad, autocorrelación y homogeneidad respectivamente

Hipótesis nula (H_0): Los datos del peso de las fresas siguen una distribución normal.

Hipótesis alternativa (H_a): Los datos del peso de las fresas no siguen una distribución normal.

Hipótesis nula (H_0): No hay autocorrelación en los residuos (es decir, no hay dependencia entre las observaciones del peso de las fresas).

Hipótesis alternativa (H_a): Hay autocorrelación en los residuos (es decir, las observaciones están correlacionadas).

Hipótesis nula (H_0): Las varianzas de los grupos son iguales.

Hipótesis alternativa (H_a): Las varianzas de los grupos no son iguales.

Test para normalidad				Test autocorrelación	Test homogeneidad
Test	Estadístico	P valor		Durbin - Watson	Levene
Shapiro-Wilk	W	0.976564	Pr < W	0.8251	1.976
					0.109

- Interpretación

Los resultados indican que los datos del peso de las fresas siguen una distribución normal, como también no muestran autocorrelación entre las observaciones y tienen varianzas homogéneas entre los grupos, podemos concluir que en todos los casos se acepta la hipótesis nula (H_0).

Prueba de supuestos (normalidad, autocorrelación y homogeneidad) para el D. Longitudinal de la fresa Chandler

- Hipótesis para prueba de normalidad, autocorrelación y homogeneidad respectivamente

Hipótesis nula (H_0): Los datos del diámetro longitudinal de las fresas siguen una distribución normal.

Hipótesis alternativa (H_a): Los datos del diámetro longitudinal de las fresas no siguen una distribución normal.

Hipótesis nula (H_0): No hay autocorrelación en los residuos (no hay dependencia entre las observaciones del diámetro longitudinal de las fresas).

Hipótesis alternativa (H_a): Hay autocorrelación en los residuos (las observaciones están correlacionadas).

Hipótesis nula (H_0): Las varianzas de los grupos son iguales.

Hipótesis alternativa (H_a): Las varianzas de los grupos no son iguales.

Test para normalidad				Test autocorrelación	Test homogeneidad
Test	Estadístico	P valor		Durbin - Watson	Levene
Shapiro-Wilk	W	0.84596	Pr < W	0.7624	1.964
					0.156

- Interpretación

Los datos del diámetro longitudinal de las fresas siguen una distribución normal como también no presentan autocorrelación (son independientes) y tienen varianzas homogéneas entre los grupos, podemos concluir que en todos los casos se acepta la hipótesis nula (H_0).

Prueba de supuestos (normalidad, autocorrelación y homogeneidad) para el D. Transversal de la fresa Chandler

- Hipótesis para prueba de normalidad, autocorrelación y homogeneidad respectivamente

Hipótesis nula (H_0): Los datos del D. Transversal de las fresas siguen una distribución normal.

Hipótesis alternativa (H_a): Los datos del D. Transversal de las fresas no siguen una distribución normal.

Hipótesis nula (H_0): No hay autocorrelación en los residuos (no hay dependencia entre las observaciones del D. Transversal de las fresas).

Hipótesis alternativa (H_a): Hay autocorrelación en los residuos (las observaciones están correlacionadas).

Hipótesis nula (H_0): Las varianzas de los grupos son iguales.

Hipótesis alternativa (H_a): Las varianzas de los grupos no son iguales.

Test para normalidad				Test autocorrelación	Test homogeneidad
Test	Estadístico	P valor		Durbin - Watson	Levene
Shapiro-Wilk	W	0.89713	Pr < W	0.5492	1.864
				1.864	1.801

- Interpretación

Los datos del diámetro transversal de las fresas siguen una distribución normal como también no presentan autocorrelación (son independientes) y tienen varianzas homogéneas entre los grupos, podemos concluir que en todos los casos se acepta la hipótesis nula (H_0).

Prueba de supuestos (normalidad, autocorrelación y homogeneidad) para el pH de la fresa Chandler

- Hipótesis para prueba de normalidad, autocorrelación y homogeneidad respectivamente

Hipótesis nula (H_0): Los datos de pH de las fresas siguen una distribución normal.

Hipótesis alternativa (H_a): Los datos de pH de las fresas no siguen una distribución normal.

Hipótesis nula (H_0): No hay autocorrelación en los residuos (no hay dependencia entre las observaciones del pH de las fresas).

Hipótesis alternativa (H_a): Hay autocorrelación en los residuos (las observaciones están correlacionadas).

Hipótesis nula (H_0): Las varianzas de los grupos son iguales.

Hipótesis alternativa (H_a): Las varianzas de los grupos no son iguales.

Test para normalidad				Test autocorrelación	Test homogeneidad
Test	Estadístico	P valor		Durbin - Watson	Levene
Shapiro-Wilk	W	0.65303	Pr < W	0.5861	2.057
				2.057	0.128

- Interpretación

Los datos del pH de las fresas siguen una distribución normal como también no presentan autocorrelación (son independientes) y tienen varianzas homogéneas entre los grupos, podemos concluir que en todos los casos se acepta la hipótesis nula (H_0).

Prueba de supuestos (normalidad, autocorrelación y homogeneidad) para la acidez de la fresa Chandler

- Hipótesis para prueba de normalidad, autocorrelación y homogeneidad respectivamente

Hipótesis nula (H_0): Los datos de acidez de las fresas siguen una distribución normal.

Hipótesis alternativa (H_a): Los datos de acidez de las fresas no siguen una distribución normal.

Hipótesis nula (H_0): No hay autocorrelación en los residuos (no hay dependencia entre las observaciones de acidez de las fresas).

Hipótesis alternativa (H_a): Hay autocorrelación en los residuos (las observaciones están correlacionadas).

Hipótesis nula (H_0): Las varianzas de los grupos son iguales.

Hipótesis alternativa (H_a): Las varianzas de los grupos no son iguales.

Test para normalidad				Test autocorrelación	Test homogeneidad
Test	Estadístico	P valor		Durbin - Watson	Levene
Shapiro-Wilk	W	0.5590	Pr < W	0.2851	2.108
					0.136

- Interpretación

Los datos de acidez de las fresas siguen una distribución normal como también no presentan autocorrelación (son independientes) y tienen varianzas homogéneas entre los grupos, podemos concluir que en todos los casos se acepta la hipótesis nula (H_0).

Prueba de supuestos (normalidad, autocorrelación y homogeneidad) para brix de la fresa Chandler

- Hipótesis para prueba de normalidad, autocorrelación y homogeneidad respectivamente

Hipótesis nula (H_0): Los datos de brix de las fresas siguen una distribución normal.

Hipótesis alternativa (H_a): Los datos de brix de las fresas no siguen una distribución normal.

Hipótesis nula (H_0): No hay autocorrelación en los residuos (no hay dependencia entre las observaciones de brix de las fresas).

Hipótesis alternativa (H_a): Hay autocorrelación en los residuos (las observaciones están correlacionadas).

Hipótesis nula (H_0): Las varianzas de los grupos son iguales.

Hipótesis alternativa (H_a): Las varianzas de los grupos no son iguales.

Test para normalidad				Test autocorrelación	Test homogeneidad
Test	Estadístico	P valor		Durbin - Watson	Levene
Shapiro-Wilk	W	0.7501	Pr < W	0.5819	2.291
					0.079

- Interpretación

Los datos de brix de las fresas siguen una distribución normal como también no presentan autocorrelación (son independientes) y tienen varianzas homogéneas entre los grupos, podemos concluir que en todos los casos se acepta la hipótesis nula (H_0).

Prueba de supuestos (normalidad, autocorrelación y homogeneidad) para Vitamina C de la fresa Chandler

- Hipótesis para prueba de normalidad, autocorrelación y homogeneidad respectivamente

Hipótesis nula (H_0): Los datos de Vitamina C de las fresas siguen una distribución normal.

Hipótesis alternativa (H_a): Los datos de Vitamina C de fresas no siguen una distribución normal.

Hipótesis nula (H_0): No hay autocorrelación en los residuos (no hay dependencia entre las observaciones de Vitamina C de las fresas).

Hipótesis alternativa (H_a): Hay autocorrelación en los residuos (las observaciones están correlacionadas).

Hipótesis nula (H_0): Las varianzas de los grupos son iguales.

Hipótesis alternativa (H_a): Las varianzas de los grupos no son iguales.

Test para normalidad				Test autocorrelación	Test homogeneidad
Test	Estadístico	P valor		Durbin - Watson	Levene
Shapiro-Wilk	W	0.6621	Pr < W	0.2849	1.941

- Interpretación

Los datos de Vitamina C de las fresas siguen una distribución normal como también no presentan autocorrelación (son independientes) y tienen varianzas homogéneas entre los grupos, podemos concluir que en todos los casos se acepta la hipótesis nula (H_0).

Prueba de supuestos (normalidad, autocorrelación y homogeneidad) para azúcares reductores de la fresa Chandler

- Hipótesis para prueba de normalidad, autocorrelación y homogeneidad respectivamente

Hipótesis nula (H_0): Los datos de azúcares reductores de las fresas siguen una distribución normal.

Hipótesis alternativa (H_a): Los datos de azúcares reductores de fresas no siguen una distribución normal.

Hipótesis nula (H_0): No hay autocorrelación en los residuos (no hay dependencia entre las observaciones de azúcares reductores de las fresas).

Hipótesis alternativa (H_a): Hay autocorrelación en los residuos (las observaciones están correlacionadas).

Hipótesis nula (H_0): Las varianzas de los grupos son iguales.

Hipótesis alternativa (H_a): Las varianzas de los grupos no son iguales.

Test para normalidad				Test autocorrelación	Test homogeneidad
Test	Estadístico	P valor		Durbin - Watson	Levene
Shapiro-Wilk	W	0.6621	Pr < W	0.2849	1.941

- Interpretación

Los datos de azúcares reductores de las fresas siguen una distribución normal como también no presentan autocorrelación (son independientes) y tienen varianzas homogéneas entre los grupos, podemos concluir que en todos los casos se acepta la hipótesis nula (H_0).

Prueba de supuestos (normalidad, autocorrelación y homogeneidad) para polifenoles totales de la fresa Chandler

- Hipótesis para prueba de normalidad, autocorrelación y homogeneidad respectivamente

Hipótesis nula (H_0): Los datos de polifenoles totales de las fresas siguen una distribución normal.

Hipótesis alternativa (H_a): Los datos de polifenoles totales de fresas no siguen una distribución normal.

Hipótesis nula (H_0): No hay autocorrelación en los residuos (no hay dependencia entre las observaciones de polifenoles totales de las fresas).

Hipótesis alternativa (H_a): Hay autocorrelación en los residuos (las observaciones están correlacionadas).

Hipótesis nula (H_0): Las varianzas de los grupos son iguales.

Hipótesis alternativa (H_a): Las varianzas de los grupos no son iguales.

Test para normalidad				Test autocorrelación	Test homogeneidad
Test	Estadístico	P valor		Durbin - Watson	Levene
Shapiro-Wilk	W	0.6621	Pr < W	0.2849	1.941
					0.084

- Interpretación

Los datos de polifenoles totales de las fresas siguen una distribución normal como también no presentan autocorrelación (son independientes) y tienen varianzas homogéneas entre los grupos, podemos concluir que en todos los casos se acepta la hipótesis nula (H_0).

Prueba de supuestos (normalidad, autocorrelación y homogeneidad) para Cap. Antioxidante de la fresa Chandler

- Hipótesis para prueba de normalidad, autocorrelación y homogeneidad respectivamente

Hipótesis nula (H_0): Los datos de capacidad antioxidante de las fresas siguen una distribución normal.

Hipótesis alternativa (H_a): Los datos de capacidad antioxidante de fresas no siguen una distribución normal.

Hipótesis nula (H_0): No hay autocorrelación en los residuos (no hay dependencia entre las observaciones de capacidad antioxidante de las fresas).

Hipótesis alternativa (H_a): Hay autocorrelación en los residuos (las observaciones están correlacionadas).

Hipótesis nula (H_0): Las varianzas de los grupos son iguales.

Hipótesis alternativa (H_a): Las varianzas de los grupos no son iguales.

Test para normalidad				Test autocorrelación	Test homogeneidad
Test	Estadístico	P valor		Durbin - Watson	Levene
Shapiro-Wilk	W	0.6621	Pr < W	0.2849	1.941
					0.093

- Interpretación

Los datos de capacidad antioxidante de las fresas siguen una distribución normal como también no presentan autocorrelación (son independientes) y tienen varianzas homogéneas entre los grupos, podemos concluir que en todos los casos se acepta la hipótesis nula (H_0).

**UNSCH**FACULTAD DE INGENIERÍA
QUÍMICA Y
METALURGIA**ACTA DE SUSTENCIÓN DE LA TESIS PRESENCIAL:**

(Reglamento de grados y títulos, aprobado con RCU N° 314-2021-UNSCH-CU)

Influencia del nivel de fertirriego y sustrato en la calidad comercial de la fresa Chandler (*Fragaria x ananassa*)**Expositor: Alex Antony Apaico Huamani**
Bachiller en Ingeniería Agroindustrial

Expediente N° 2456689

Resolución Decanal N° 200-2024-UNSCH-FIQM/D

Fecha: 26-09-2024

En la Sala de Conferencias "Pedro VILLENA HIDALGO" de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia, ubicada en la Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga (H-121), siendo las nueve de la mañana con cinco minutos del día lunes treinta de setiembre del año dos mil veinticuatro, se reunieron el Bachiller en Ingeniería Agroindustrial **Alex Antony Apaico Huamani**, los Docentes Miembros del Jurado de Sustentación Ingenieros: Dr. Saúl Ricardo CHUQUI DIESTRA, Mg. Cronwell Eduardo ALARCON MUNDACA y Mg. Jack Edson HERNANDEZ MAVILA, bajo la Presidencia del Dr. Agustín Julián PORTUGUEZ MAURTUA (Decano de la FIQM), Mg. Fredy Rober PARIONA ESCALANTE (Docente Asesor de la Tesis), el Mg. Wuelde Cesar DIAZ MALDONADO (Secretario-Docente(e)) y el público asistente.

Acto seguido, el Presidente del Jurado de Sustentación dispuso que el Secretario Docente dé lectura a los antecedentes tramitados para el presente Acto Público de Sustentación de la Tesis: **Influencia del nivel de fertirriego y sustrato en la calidad comercial de la fresa Chandler (*Fragaria x ananassa*)**, presentado por el Bachiller **Alex Antony Apaico Huamani**. A continuación, el Secretario-Docente procedió a dar lectura a la Resolución Decanal N° 200-2024-UNSCH-FIQM/D.

Luego, el Presidente del Jurado invitó al Bachiller **Alex Antony Apaico Huamani**, a pasar al estrado y exponer su trabajo de Tesis en un tiempo máximo de cuarenta y cinco minutos.

Terminada la exposición del Bachiller, el Presidente invitó a los Señores Miembros del Jurado de Sustentación a que formulen sus preguntas y señalen sus observaciones, en el siguiente orden: Mg. Jack Edson HERNANDEZ MAVILA, Mg. Cronwell Eduardo ALARCON MUNDACA y Dr. Saúl Ricardo CHUQUI DIESTRA. Luego el Presidente invitó al Mg. Fredy Rober PARIONA ESCALANTE, para que, en su condición de Docente Asesor, se sirva levantar las observaciones del Jurado y efectuar las aclaraciones que considere conveniente.

Concluyó con esta etapa el Dr. Agustín Julián PORTUGUEZ MAURTUA, en su condición de Presidente.

FACULTAD DE INGENIERÍA
QUÍMICA Y METALURGIA
Av. Independencia s/n
Ciudad Universitaria

**UNSCH**FACULTAD DE INGENIERÍA
QUÍMICA Y
METALURGIA**ACTA DE SUSTENCIÓN DE LA TESIS PRESENCIAL:**

(Reglamento de grados y títulos, aprobado con RCU N° 314-2021-UNSCH-CU)

Influencia del nivel de fertirriego y sustrato en la calidad comercial de la fresa Chandler (*Fragaria x ananassa*)**Expositor: Alex Antony Apaico Huamani**
Bachiller en Ingeniería Agroindustrial**Expediente N° 2456689****Resolución Decanal N° 200-2024-UNSCH-FIQM/D****Fecha: 26-09-2024**

Culminada la etapa de preguntas, el Presidente del Jurado invitó al Sustentante y al público para que se sirvan abandonar la Sala de Conferencias con la finalidad de permitir al Jurado de Sustentación deliberar sobre la evaluación a otorgar. Se alcanzó el siguiente resultado. **APROBADO POR UNANIMIDAD PROMEDIO QUINCE (15).**

Finalmente el Presidente del Jurado dispuso que se invite al Sustentante y al público asistente a que se sirvan ingresar a la Sala de Conferencias, y anunció que el Bachiller **Alex Antony Apaico Huamani**, ha resultado **APROBADO POR UNANIMIDAD**, y por lo tanto a partir de la fecha la Universidad y la Facultad cuenta con un flamante **INGENIERO AGROINDUSTRIAL** y le augura éxitos en su desempeño profesional.

Siendo las once de la mañana con diez minutos se dio por concluido el acto académico de Sustentación de Tesis. En fe de lo cual firmamos:


.....
Dr. Agustín Julián PORTUGUEZ MAURTUA
Presidente
.....
Dr. Saúl Ricardo CHUQUI DIESTRA
Miembro
.....
Mg. Cronwell Eduardo ALARCON MUNDACA
Miembro
.....
Mg. Jack Edson HERNANDEZ MAVILA
Miembro
.....
Mg. Wuelde César DIAZ MALDONADO
(Secretario Docente(e))FACULTAD DE INGENIERÍA
QUÍMICA Y METALURGIA
Av. Independencia s/n
Ciudad Universitaria

**UNSCH****FACULTAD DE
INGENIERÍA QUÍMICA
Y METALURGIA****ESCUELA PROFESIONAL DE
INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**

La Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, emite la siguiente:

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

Que, el egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial ha remitido, con el aval y por intermedio de su asesor el M.Sc. Fredy Rober Pariona Escalante se procedió a la evaluación de originalidad del archivo adjunto con el TURNITIN - UNSCH, **de acuerdo a los criterios establecidos en el Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación de la UNSCH, aprobado con Resolución del Consejo Universitario N° 039-2021-UNSCH-CU**; cuyos resultados son:

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

Nombre y Apellido : Bach. **Alex Antony Apaico Huamani**
Identificador de entrega : 2485362386
Fecha : 14-oct.-2024 04:45p. m. (UTC-0500)
Archivo : Tesis_Depositada_2024_Apaico.pdf (2.63M)

Se expide la presente constancia de originalidad, con reporte del 17% de ÍNDICE DE SIMILITUD realizado con Depósito de trabajos estándar, a fin de proseguir con los trámites pertinentes; cabe señalar que los documentos del procedimiento se archivan en el repositorio documental de la Escuela.

Ayacucho, 14 de octubre del 2024

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA
E.P. INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

Ing. Percy Perma Velasquez
DIRECTOR

C.c.
Const. N°15-2024
Archivo

ESCUELA PROFESIONAL DE
INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL
Av. Independencia S/N - Ayacucho
Telf. 066-303496
Correo: ep.agroindustrial@unsch.edu.pe

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

por Alex Antony Apaico Huamani

Fecha de entrega: 14-oct-2024 04:45p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2485362386

Nombre del archivo: Tesis_Depositada_2024_Apaico.pdf (2.63M)

Total de palabras: 22803

Total de caracteres: 121843

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

INFORME DE ORIGINALIDAD

17%

INDICE DE SIMILITUD

16%

FUENTES DE INTERNET

6%

PUBLICACIONES

7%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.unam.edu.pe Fuente de Internet	5%
2	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	3%
3	repositorio.unsch.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	repositorio.uta.edu.ec Fuente de Internet	1%
5	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
6	ecosur.repositorioinstitucional.mx Fuente de Internet	1%
7	Submitted to Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas Trabajo del estudiante	1%
8	www.slideshare.net Fuente de Internet	1%

9	www.scielo.org.pe Fuente de Internet	1 %
10	sired.udenar.edu.co Fuente de Internet	<1 %
11	Submitted to Universidad Tecnologica de los Andes Trabajo del estudiante	<1 %
12	repositorio.uaaam.mx:8080 Fuente de Internet	<1 %
13	Lukas Wielandner, Erik Leitinger, Klaus Witrissal. "Information-Criterion-Based Agent Selection for Cooperative Localization in Static Networks", 2020 IEEE International Conference on Communications Workshops (ICC Workshops), 2020 Publicación	<1 %
14	atrias.chil.me Fuente de Internet	<1 %
15	Submitted to Universidad Nacional del Centro del Peru Trabajo del estudiante	<1 %
16	es.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
17	repositorio.unal.edu.co Fuente de Internet	<1 %

18	www.lamolina.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
19	mail.agraria.pe Fuente de Internet	<1 %
20	repositoriodspace.unipamplona.edu.co Fuente de Internet	<1 %
21	Submitted to Pontificia Universidad Catolica del Peru Trabajo del estudiante	<1 %
22	Submitted to Universidad Cientifica del Sur Trabajo del estudiante	<1 %
23	repositorioinstitucional.buap.mx Fuente de Internet	<1 %
24	"7 ° Congreso Internacional de Ingeniería Agroindustrial", Corporacion Colombiana de Investigacion Agropecuaria (Corpoica), 2021 Publicación	<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 30 words

Excluir bibliografía

Activo