



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y PECUARIAS

**RENDIMIENTO Y CALIDAD DE FRESA POR EFECTO DEL TAMAÑO
DEL CONTENEDOR**

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

LICENCIADO EN INGENIERÍA AGROHIDRÁULICA

PRESENTA

PEDRO GASPAR ALBERTO

DIRECTOR DE TESIS

M.C. FABIEL VAZQUEZ CRUZ

San Juan Acateno, Teziutlán, Puebla, México. Mayo de 2024.



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y PECUARIAS

**RENDIMIENTO Y CALIDAD DE FRESA POR EFECTO DEL TAMAÑO
DEL CONTENEDOR**

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

LICENCIADO EN INGENIERÍA AGROHIDRÁULICA

PRESENTA

PEDRO GASPAR ALBERTO

DIRECTOR DE TESIS

M. C. FABIEL VAZQUEZ CRUZ

ASESORES

DR. LUIS ANTONIO DOMÍNGUEZ PERALES

DRA. DELIA MORENO VELAZQUEZ

San Juan Acateno, Teziutlán, Puebla, México. Mayo de 2024.

La presente tesis titulada: **Rendimiento y calidad de fresa por efecto del tamaño del contenedor** y realizada por **Pedro Gaspar Alberto**, ha sido revisada y aprobada por el siguiente consejo particular, para obtener el título de:


LICENCIADO EN INGENIERÍA AGROHIDRÁULICA

Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias

Consejo Particular integrado por:

Firma

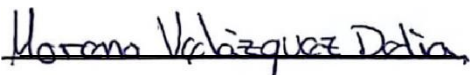
Director: **M.C. Fabiel Vázquez Cruz**



Asesor: **Dr. Luis Antonio Domínguez Perales**



Asesor: **Dra. Delia Moreno Velázquez**



San Juan Acateno, Teziutlán, Puebla, México. Mayo de 2024.

El presente trabajo forma parte del Cuerpo Académico denominado: **BUAP-CA-355 Agrobiotecnología y Recursos Naturales** y de la Línea de Investigación: **Biotecnología conservación y protección vegetal**. Dicho trabajo, fue financiado con recursos propios.

Dedicatoria

A dios por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado la salud para lograr mis objetivos y además su infinita bondad y amor.

A mi madre Alejandra Alberto Claudio por poner en mi toda su Fe y su confianza de ver este sueño hecho realidad

A mi padre Cirilo Gaspar Toribio por los ejemplos de perseverancia y constancia que lo caracterizan y que me han influenciado siempre por el valor de salir adelante.

A mi novia Jessica Arely García Bello por estar en cada momento y brindarme su apoyo, afecto, amor, cariño, paciencia y por sacrificio y esfuerzo de creer en mi capacidad, aunque hemos pasado por momentos difíciles siempre ha estado brindando su paciencia y cariño

A mi hermana Erika Gaspar Alberto por estar presente en cada momento. Por darme sus positivos consejos para salir adelante.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla principalmente a la Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias por brindarme una buena formación durante los años de estudio que curse, me serán de gran ayuda en el futuro.

A mi director de tesis, MC. Fabiel Vázquez Cruz por ayudarme e orientarme durante mi estadía en la facultad, en la realización y revisión de mi experimento; en la presente investigación de tesis, y por la amistad que siempre me brinda como su tesista y como estudiante.

A mi asesora de tesis Dra. Delia Moreno Velázquez por sus sabios consejos y asesorías en la realización de mi trabajo de investigación, sobre todo por la gran amistad que me demostró dentro y fuera de las aulas de clases.

A mi asesor de tesis Dr. Luis Antonio Domínguez Perales por sus valiosos consejos de cómo mejorar mi investigación, por sus enseñanzas en el salón de clases y por la buena amistad que me brinda durante mi formación acá

ÍNDICE GENERAL

Contenido	Página
ÍNDICE GENERAL	i
ÍNDICE DE CUADROS	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	v
RESUMEN	vi
ABSTRACT	vii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
2.1. Objetivo general	3
2.2. Objetivos específicos.....	3
III. HIPÓTESIS	4
IV. REVISIÓN DE LITERATURA	5
4.1. Generalidades y características taxonómicas de (<i>Fragaria x ananasa</i>).....	5
4.2. Morfología de (<i>Fragaria x ananasa</i>).....	6
4.2.1. Flores	6
4.2.2. Fruto.....	6
4.2.3. Hojas.....	6
4.2.4. Tallo.....	7
4.2.5. Estolón.....	7
4.3. Sistema radicular	7
4.4. Importancia mundial de la fresa	7
4.5. Importancia nacional de la fresa.....	8
4.6. Requerimientos del cultivo de fresa	8
4.6.1. Suelo	8
4.6.2. Temperatura.....	8
4.6.3. Humedad.....	8
4.6.4. pH	8
4.6.5. Conductividad eléctrica (CE)	9
4.6.6. Nutrición.....	9
4.7. Tipos de contenedores	10
4.7.1. Porosos.....	10

4.7.2. No porosos	10
4.7.3. No recuperables	10
4.7.4. Recuperables.....	10
4.8. Volumen y diámetro del contenedor	10
4.9. Orificios de drenaje y color del contenedor.....	11
4.10. Sustrato y tipos de sustrato	11
4.11. Características físicas, químicas y biológicas de los sustratos	11
4.12. Propiedades de los sustratos	11
4.13. Siembra con sustratos orgánicos en la producción de fresa	12
4.14. Siembra con sustratos inorgánicos en la producción de fresa	12
4.15. Sistema hidropónico en fresa.....	13
4.16. Indicadores de calidad de fruto de fresa	13
V. MATERIALES Y MÉTODOS.....	15
5.1. Localización del sitio experimental.....	15
5.2. Material biológico.....	15
5.3. Solución nutritiva y riego para el cultivo	15
5.4. Prácticas culturales	16
5.5. Diseño experimental.....	16
5.6. Variables a evaluar	17
5.6.1. Rendimiento promedio y número de frutos por planta.....	17
5.6.2. Diámetro polar y ecuatorial del fruto	17
5.6.3. Color	17
5.6.4. Firmeza	17
5.6.5. Sólidos solubles totales (°Brix)	17
5.6.6. Acidez titulable.....	18
5.6.7. pH	18
5.6.8. Vitamina C.....	18
5.6.9. Antocianinas	19
5.7. Análisis estadístico de comparación de medias.....	19
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	20
6.1. Análisis de los factores principales en los componentes agronómicos de fresa.....	20
6.2. Firmeza, pH y solidos solubles totales en frutos de fresa.....	21
6.3. Análisis de los efectos de interacción contenedor y sustrato.....	22
6.4. Porcentaje de acidez titulable, vitamina C y antocianinas.....	24

VII.	CONCLUSIONES	26
VIII.	LITERATURA CITADA	27

ÍNDICE DE CUADROS

Contenido	Página
Cuadro 1. Descripción de tratamientos	16
Cuadro 2. Valores promedios de número de frutos, peso medio, rendimiento por planta, diámetro ecuatorial y polar de frutos.	21
Cuadro 3. Valores promedios de firmeza, pH y sólidos solubles totales (Grados Brix) en frutos de fresa.....	22
Cuadro 4. Efecto de interacción entre contenedor y sustrato en número de frutos, peso promedio, rendimiento promedio, diámetro polar y ecuatorial en frutos de fresa.....	23
Cuadro 5. Efecto de interacción contenedor y sustrato en firmeza, pH y sólidos solubles totales en frutos de fresa.	24
Cuadro 6. Valores promedio del porcentaje de ácido cítrico, vitamina c y antocianinas	25

ÍNDICE DE FIGURAS

Contenido	Página
Figura 1. Localización del sitio experimental. Datos obtenidos de Google Earth (2023), elaboración propia.....	15

RESUMEN

El cultivo de fresa se puede realizar en campo abierto o en condiciones controladas, mediante invernaderos, macrotúneles y sistemas hidropónicos. Estos últimos nos permiten obtener productos de mejor calidad y aumentar la eficiencia en el uso de agua y fertilizantes. Existen varios diseños de sistemas hidropónicos y gran diversidad de mezcla de sustratos en los que se ha evaluado el uso eficiente del espacio de los cultivos hortícolas. El propósito de esta investigación fue evaluar variables agronómicas como rendimiento promedio y número de frutos por planta, diámetro polar y ecuatorial de los frutos de fresa, y calidad de los frutos como color, firmeza, vitamina C, sólidos solubles totales y antocianinas en plantas de fresa (*Fragaria x ananassa*) variedad Camino Real, en tres tamaños de contenedores con dos mezclas de sustratos bajo invernadero. El experimento se realizó en la Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias, se estableció un diseño experimental completamente al azar con arreglo factorial 3 x 2, con tres tamaños de contenedor (5, 10 y 15 litros) y 2 mezclas de sustratos (80 % de tierra de monte y 20 % de hormigón) y (50 % de tierra de monte con 50 % de hormigón). Los tamaños de contenedores influyeron en el peso medio de frutos, con un promedio de 15 gr y el contenedor que obtuvo mejores resultados de rendimiento fue el de 10 L con el sustrato de (80 % tierra de monte y 20 % hormigón), en las mezclas de sustratos no hubo diferencias estadísticas; las variables de calidad no se vieron afectadas por el tamaño del contenedor y las mezclas de sustrato presentando una firmeza de 116.59 N y un pH de 3.54.

Palabras clave: *Fragaria x ananassa*, calidad, tamaño de contenedor, sustratos, rendimiento.

ABSTRACT

Strawberry cultivation can be carried out in open fields or under controlled conditions, using greenhouses, macrotunnels and hydroponic systems. The latter allow us to obtain better quality products and increase efficiency in the use of water and fertilizers. There are several designs of hydroponic systems and a great diversity of substrate mixtures in which the efficient use of space for horticultural crops has been evaluated. The purpose of this research was to evaluate agronomic variables such as average yield and number of fruits per plant, polar and equatorial diameter of strawberry fruits, and fruit quality such as color, firmness, vitamin C, total soluble solids and anthocyanins in strawberry plants. strawberry (*Fragaria x ananassa*) Camino Real variety, in three container sizes with two substrate mixtures under the greenhouse. The experiment was carried out at the Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias, a completely randomized experimental design was established with a 3 x 2 factorial arrangement, with three container sizes (5, 10 and 15 liters) and 2 mixtures of substrates (80% of mountain earth and 20% concrete) and (50% mountain earth with 50% concrete). The container sizes influenced the average weight of fruits, with an average of 15 g and the container that obtained the best performance results was the 10 L one with the substrate (80% mountain soil and 20% concrete), in the substrate mixtures there were no statistical differences; The quality variables were not affected by the size of the container and the substrate mixtures had a firmness of 116.59 N and a pH of 3.54.

Key words: *Fragaria x ananassa*, quality, size container, yield, substrate.

I. INTRODUCCIÓN

El desafío de producir más alimentos en un área más pequeña ha impulsado la adopción de la agricultura de conservación en muchas regiones del mundo, la producción de hortalizas en entornos protegidos ha aumentado en los últimos años, y parte de este volumen se produce por contenedores, el sistema contenedor-contenedor genera plantas grandes y de buena calidad morfológica, pero eleva los costos (Hahn, 1984).

El contenedor es el recipiente en el que se coloca el sustrato de cultivo, estos pueden ser de diversos materiales, pero los predominantes a nivel de producción comercial son los envases de plástico rígidos o semirrígidos, otros pueden ser los de barro, cemento, piedra, metal, plástico o madera, el material y la calidad son muy importantes y pueden afectar la penetración de luz en la zona de la raíz, la tasa de evaporación del agua en el sustrato y su temperatura (Valdez-Aguilar y Benavides-Mendoza, 2013)

Las fresas son una de las frutas de mayor aceptación en el mundo y también una de las frutas de mayor uso, incluso para su exportación e importación como producto fresco, en la industria alimentaria y como saborizante para pasteles, entre otros (Kessel, 2012).

El cultivo de fresa, como la mayoría de las especies agrícolas es directamente en el suelo; lo que implica desventajas como una menor eficiencia en la utilización de nutrientes, puede conducir a un exceso de iones debido a la fertilización frecuente, lo que provoca un desequilibrio entre el crecimiento vegetativo y reproductivo, esto provoca una disminución en el rendimiento y la calidad de fruto, el mayor problema que enfrentan los productores de fresa está principalmente relacionado a aspectos de calidad, nutrición, fitosanitarios e inocuidad (Albregts *et al.*, 1991).

La técnica de cultivo de fresas ha evolucionado a pasos agigantados, ahora podemos encontrar sistemas de producción de fresas en hidroponía en invernadero, el propósito de un sistema hidropónico para fresas es aprovechar al máximo el espacio, el agua, los fertilizantes y la radiación; requiere de una inversión elevada, pero la producción de la fruta es de manera intensiva y evita la mayoría de los problemas fitosanitarios que se presentan en el suelo, también

hay un mejor control del ambiente como (temperatura y humedad), la cosecha se prolonga en el sistema hidropónico en invernadero que en campo abierto (Intagri, 2018).

La introducción de contenedores de plástico y mezcla de sustratos para el cultivo de plantas tiene grandes beneficios que garantizan una mejor calidad para las plantas, incluido un sistema radicular eficaz y reduce el tiempo y el espacio de producción para un gran número de plantas (Santiago *et al.*, 2015). El tamaño de contenedor y el estado de sustrato son los principales factores que intervienen en el crecimiento de las plantas de vivero en las características agronómicas y la estructura del sistema radicular (South *et al.*, 2005).

La producción en macetas es una actividad hortícola muy importante y de mucho impacto en algunas entidades de México resaltando los estados de Morelos y Puebla cabe destacar que no hay muchos datos, pero en 2004 se reportó un total de 140 ha cultivadas con ornamentales en maceta (Valdez-Aguilar y Benavides-Mendoza, 2013).

Existe poca información que nos mencione cual es el valor nutricional del fruto de fresa en relación con el tamaño del contenedor y el uso de diferentes sustratos, en este contexto, el objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto del tamaño de contenedor y el uso de dos sustratos sobre la calidad y rendimiento de fresa

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

- Evaluar el efecto del tamaño de contenedor y el uso de dos sustratos sobre la calidad y rendimiento de fresa

2.2. Objetivos específicos

- Evaluar el desarrollo vegetativo y reproductivo de las plantas de fresa en contenedores de diferente volumen
- Determinar la calidad de frutos de fresa producidos por efecto del tamaño de contenedor
- Analizar el efecto de dos mezclas de sustrato sobre el desarrollo de plantas de fresa

III. HIPÓTESIS

Las plantas de fresa (*Fragaria x ananassa*) tendrán un mejor desarrollo y potencial productivo cuando se utilice un contenedor de 10 L.

IV. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1. Generalidades y características taxonómicas de (*Fragaria x ananasa*)

La fresa conocida científicamente como (*Fragaria x ananasa*) es un híbrido octoploide obtenido mediante la combinación de dos especies de fresas diferentes; *Fragaria virginiana* que es nativa de Estados Unidos y *Fragaria chiloensis* que es originaria de Chile, la combinación de estas dos especies dio como resultado una nueva especie híbrida *fragaria x ananassa* que es ampliamente cultivada en todo el mundo por su delicioso sabor y su amplia variedad de aplicaciones culinarias, el hecho de que la fresa sea un híbrido octoploide significa que tiene ocho juegos de cromosomas en su composición genética, esta complejidad genética puede influir en sus características fenotípicas, como el tamaño, sabor, resistencia a enfermedades y adaptabilidad a distintos lugares (Benavides *et al*, 2007; Flórez y Mora, 2010); ambas especies pertenecen a la familia Rosaceae (Cuadro 1), existen especies oriundas de Europa tales como *Fragaria vesca* L., *F. moschata* Duch., y *F. virindis* de frutos pequeños o “fresas” y especies americanas como *F. chilonensis* Duch (Moroto y López, 1988).

El origen del género *fragaria* no está completamente definido con precisión, pero se cree que tiene su origen en regiones de Europa, Asia y América del Norte, el género *fragaria* incluye alrededor de 400 taxones descritos que comprenden especies silvestres, los híbridos comerciales de fresa que se cultivan en la actualidad son el resultado de cruzamientos selectivos entre diversas especies de *fragaria*, incluyendo *F. chiloensis* y *F. virginiana*, estos híbridos han sido desarrollados a lo largo del tiempo para combinar características deseables como tamaño, sabor, resistencia a enfermedades (Infagro, 2024).

Cuadro 1. Taxonomía de (*Fragaria x ananasa*)

Familia	Rosaceae
Género	<i>Fragaria</i>
Especie	f. vesca F. chiliensis f. virginiana f. moschata f. indica
Nombre común	Fresa, fresón, frutilla

Fuente: Infagro, 2024

4.2. Morfología de (*Fragaria x ananasa*)

La fresa es una planta herbácea perenne que presenta un tallo o corona central del que emergen las hojas, raíces, estolones e inflorescencias, la corona consta de un núcleo central rodeado por un anillo vascular; el núcleo está formado principalmente por médula, rodeada por una fina capa de cambium en la parte superior de cada hoja a lo largo de la corona hay una yema axilar, capaz de producir estolones que se desarrollan o permanecen inactivos dependiendo de las condiciones ambientales (Hancock, 1999).

4.2.1. Flores

La inflorescencia de la fresa es hermafrodita (se encuentran ambos órganos sexuales juntos) las flores tienen los cuatro ciclos de flores: cáliz, corona, androceo, gineceo, el cáliz tiene 10 sépalos verdes, los pétalos son de color blanco, el androceo consta de 20 a 30 estambres cada uno constituido por filamento y antera y el gineceo está formado por un rango muy amplio de pistilos, la fresa destaca por tener una flor primaria dos secundarias, cuatro terciarias y ocho cuaternarias (Kirschbaum, 2021).

4.2.2. Fruto

Los frutos son pequeños aquenios de un color café se encuentran sobre el receptáculo, la fresa propiamente dicha es un fruto agregado (eterio), sostiene a los verdaderos frutos que son los aquenios es formado por un receptáculo desarrollado es consecuencia de la fecundación de los óvulos, el receptáculo, es la parte comestible (Infagro, 2024; kirschbaum, 2021).

4.2.3. Hojas

Las hojas viejas de las plantas de fresa se remplazan en primavera por hojas nuevas que han hibernado como primordios entre las capas de protección de las estípulas; en un brote vegetativo, por lo general hay cinco a diez primordios foliares (Hancock, 1999). Las hojas de la planta fresa se muestran mediante rosetas, estas se entremezclan en parte de la corona, son trifoliadas, pecioladas, con dos estípulas rojizas, limbo fraccionado en tres folíolos pedunculados aovados, son de un color verde oscuro y son ásperas, presentan bordes aserrados y poseen estomas abundantes que contribuyen a la pérdida de agua por transpiración (Zambrano, 2017).

4.2.4. Tallo

El tallo consta de un eje corto en forma cónica llamado corona, en el cual hay muchas escamas foliares, del tallo crecen varios tallos extendidos que producen raíces adventicias, de las cuales brotan nuevas plantas llamados estolones (Infagro, 2024).

4.2.5. Estolón

Un estolón es un tallo delgado que crece de manera horizontal alcanzando el suelo, formando raíces adventicias de color blanco y coronas en puntos especializados llamados nudos, esto ocasiona que se forme una planta nueva (Kirschbaum, 2021).

4.3. Sistema radicular

El sistema radicular de la planta de fresa está compuesto por una combinación de raíces principales y raicillas, las raíces principales son las estructuras más grandes y gruesas que se originan directamente del tallo de la planta, mientras que las raicillas son tan delgadas y se ramificaban desde las raíces principales, a diferencia de las raíces principales, las raicillas no tienen vasculares, esto significa que no pueden experimentar crecimiento secundario como las raíces principales, son más delgadas y más cortas en comparación con las raíces principales, las raicillas de la planta de fresa están influenciadas por una variedad de factores ambientales, como la disponibilidad de agua, nutrientes y oxígeno en el suelo, también pueden verse afectadas por la presencia de patógenos del suelo como hongos y bacterias, que pueden causar enfermedades radiculares y afectar la salud y crecimiento de la planta (Infoagro, 2024).

El sistema radicular de la planta se encuentra a una profundidad media de 40 cm, aunque el 90% suele encontrarse en los primeros 25 cm, por lo tanto, requiere una humedad regular sin excesiva (Zambrano, 2017).

4.4. Importancia mundial de la fresa

El 52.21 % de la producción nacional se destina a los mercados exteriores, por lo que el cultivo de la fresa es un producto exitoso para el mercado internacional, México ocupa el tercer lugar como proveedor de fresas al mercado internacional con un valor de exportación mexicana del 14.83 % representado el 87.79 % de las importaciones a los estados unidos (Planeación agrícola nacional, 2017).

4.5. Importancia nacional de la fresa

En México, la producción de fresa fresca ubica al país en el tercer lugar a nivel mundial, con un promedio de 639 millones de toneladas, para el periodo 2016 a 2020, los principales estados productores de fresa son Michoacán con 431 mil toneladas, Baja California con 123 mil toneladas y Guanajuato con 79 mil toneladas (SADER, 2022).

4.6. Requerimientos del cultivo de fresa

4.6.1. Suelo

La planta de fresa se adapta bien a los suelos de estructura franco-arenosa, con buen drenaje a una profundidad superior a 80 cm, en suelos ligeros o arenosos, la temperatura aumenta ligeramente, por lo que se puede esperar producción de frutos, los suelos arcillosos con menor contenido de aire, por el contrario, tienen una temperatura más baja, por lo tanto, la producción de frutos se produce más tarde (Morales *et al.*, 2017).

4.6.2. Temperatura

La entrada anormal de frío provoca un rápido crecimiento de las hojas, una diferencia normal de yemas florales y una baja emisión de estolones; es decir, una planta muy equilibrada y con un gran potencial de producción, las plantas entran en un periodo de latencia o letargo a temperaturas entre 0° C y 7 °C, durante este periodo las reservas en forma de hidratos de carbono se acumulan en la corona y las raíces principales, suele presentarse a finales de otoño e invierno, se caracteriza por las hojas pequeñas que toman un color purpura-rojizo, para romper la latencia, es necesario agregar varias horas de frío en cámaras frigoríficas (entre 2 y 5°C) durante varios días antes de la siembra, y a estos hay que sumarlos a los obtenidos anteriormente en vivero, a mayor cantidad de frío, mayor número de yemas vegetativas (Morales *et al.*, 2017).

4.6.3. Humedad

El rango óptimo de humedad relativa se encuentra entre 65 y 70 %, cuando la disposición de humedad es excesiva favorece la presencia de enfermedades, y cuando es baja provoca daños en la producción (Fernández, 2024).

4.6.4. pH

La fresa requiere un pH de 5.5 a 6.5 y una profundidad en el sustrato de 15 cm (Hydro environment, 2024).

4.6.5. Conductividad eléctrica (CE)

El cultivo de fresa no tolera altos niveles de salinidad, la CE no debe superar 1 mS/cm, el cultivo de fresa es muy sensible a la sal, los valores superiores al 5 % pueden provocar el bloqueo de hierro a la planta ocasionando una clorosis (Fernández, 2024).

4.6.6. Nutrición

Durante su desarrollo y crecimiento, una planta extrae por medio de las raíces los nutrientes que se encuentran en el suelo, estos entran por medio de las raíces después se dirigen al tallo y seguidamente a las hojas, flores, y frutos, donde forman otros compuestos necesarios para la dieta humana, cuando la cantidad y calidad de los nutrientes en el suelo son eficientes, la planta puede alcanzar su máximo potencial de crecimiento y producción de frutos, es importante mantener un equilibrio adecuado de nutrientes para evitar deficiencias o excesos que puedan afectar negativamente la salud y el rendimiento de la planta (Díaz, 2005).

Baixxauli, y Aguilar (2002) describen que una solución nutritiva en la hidroponía es fundamental para proporcionar todos los nutrientes esenciales en formas que pueden ser absorbidas por las plantas de manera eficiente, una solución nutritiva incluye macroelementos como nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y azufre, ya que las plantas necesitan grandes cantidades para su crecimiento y desarrollo, estos nutrientes son esenciales para la síntesis de proteínas, para la formación de estructuras celulares y la regulación de procesos metabólicos, la solución nutritiva también debe de contener microelementos como el hierro, zinc, manganeso, cobre, boro y molibdeno, se necesitan en cantidades pequeñas a comparación de los macroelementos, estos microelementos son esenciales para diversas funciones metabólicas y para mantener una buena salud y vigor en las plantas. El nitrógeno es muy importante para el cultivo de fresa y otros cultivos ya que influye en el rendimiento y calidad de frutos, en la hidroponía la forma más común de utilizar el nitrógeno es por nitratos que son fácilmente absorbidos por las plantas (Morgan, 2002).

4.7. Tipos de contenedores

Los contenedores son envases que se emplean para el almacenamiento del sustrato y pueden ser:

4.7.1. Porosos

Los contenedores porosos permiten el paso de la humedad a través de sus paredes, lo que ocasiona que el tiempo de la humedad en los sustratos es relativamente más corto, los contenedores que destacan son el barro, cerámica, los de cantera molida y los de cemento (Osuna *et al.*, 2016).

4.7.2. No porosos

Los contenedores no porosos son los que no permiten el paso de la humedad a través de sus paredes los contenedores que destacan son, los de plástico, vidrio, fibra de vidrio, de metal y los de barro y/o cerámica que están vidriados en su interior (Osuna *et al.*, 2016).

4.7.3. No recuperables

Los contenedores no recuperables son contenedores que se destruyen o se degradan en el proceso del tiempo que dura el cultivo, los contenedores que destacan son envases de papel, turba compactada y fibras de coco (Osuna *et al.*, 2016).

4.7.4. Recuperables

Los contenedores recuperables son los construidos de plástico y los contenedores que destacan son polipropileno, poliestireno expandido y polietileno rígido (Osuna *et al.*, 2016).

4.8. Volumen y diámetro del contenedor

El volumen de un contenedor determina el tamaño que la planta podrá alcanzar, el volumen del contenedor está relacionado con la especie de planta que se manejará, la densidad del cultivo, la duración de la estación de crecimiento y el sustrato que utilice, el diámetro del contenedor dependerá de la especie de planta que se ocupará, esto con la finalidad de que el riego fluya de manera eficiente a través del sustrato (Osuna *et al.*, 2016).

4.9. Orificios de drenaje y color del contenedor

Los contenedores deben tener una o más perforaciones de drenaje en el fondo del contenedor con la finalidad de que el agua excedente sea drenada, el color del contenedor incide directamente sobre las temperaturas de los sustratos, los contenedores de color negro expuestos a sol directo elevan más su temperatura en comparación a colores más claros, lo cual puede ser un factor importante para los sistemas radiculares y el crecimiento de la planta (Osuna *et al.*, 2016).

4.10. Sustrato y tipos de sustrato

El término sustrato que se aplica en la producción de viveros, se refiere a todos los materiales sólidos diferentes del suelo, pueden ser natural o sintético, mineral u orgánico se pueden agregar puros o mezclados, permiten que la planta se encuentre aferrada a través de sus raíces, los sustratos se pueden clasificar en inertes como la perlita, lana de roca, roca volcánica que son únicamente como soporte para las plantas y los sustratos químicamente activos que son la corteza de pino y turba que intervienen en los procesos de fijación y adsorción de nutrientes (Pastor, 1999)

4.11. Características físicas, químicas y biológicas de los sustratos

Las características de los sustratos (Pastor, 1999) son:

- Las características físicas están determinadas por la estructura de las partículas internas, la granulometría, su densidad real y aparente, la retención de agua, su permeabilidad, el tamaño de poros y la aireación
- Las características químicas están definidas por la composición elemental de los materiales, el pH, capacidad tampón, contenido de nutrientes y relación C/N
- Las características biológicas se refieren a las propiedades por los materiales orgánicos, contenido de materia orgánica y estado y velocidad de descomposición

4.12. Propiedades de los sustratos

- Las propiedades físicas son importantes para el correcto crecimiento de la planta (Pastor, 1999) se mencionan a continuación:

- Agua fácilmente disponible (AFD) es la cantidad de agua que se libera cuando se ejerce sobre el subsuelo una tensión entre 10 y 50 cm de columna de agua su valor óptimo es de 20 a 30 %
- Reserva de agua (AR) es la cantidad de agua que se libera cuando el subsuelo se somete a una carga de tracción de entre 50 y 100 cm de columna de agua su valor óptimo es de 4 a 10 %
- Agua difícilmente disponible (ADD) es el agua que se queda retenida en el suelo después de aplicar una tensión de 100 cm de columna de agua
- Capacidad de aireación (CA) es la proporción de aire que contiene un sustrato, después de haber sido saturado y dejado drenar (normalmente es de 10 cm de columna de agua) su valor óptimo es de 10 y 30 %
- Espacio poroso total (EPT) este es el volumen total del sustrato de crecimiento que no está ocupado por partículas orgánicas o minerales, son datos que se determinan a partir de la densidad real y aparente, su valor óptimo se encuentra en valores superiores al 85 %

4.13. Siembra con sustratos orgánicos en la producción de fresa

Los sustratos empleados en fresa son tierra, turba, compost, fibra de coco o cascarilla de arroz, los cuales tienen ventajas en el crecimiento de las plantas de fresa (Medina-Bolívar *et al.*, 2016).

4.14. Siembra con sustratos inorgánicos en la producción de fresa

Los sustratos empleados en fresa son, arena en pequeñas cantidades debido a que no retiene la humedad como lo hacen otros sustratos, necesita regarse con más frecuencia; tezontle que es una piedra volcánica, existen tres tipos de tezontle utilizados en la agricultura los cuales son amarillo y rojo su color es debido a la presencia de hierro en forma férrica, y el tezontle de color negro el cual consiste en brechas piroclásticas, el tezontle de color rojo es el más utilizado; perlita o agrolita son sustratos de origen volcánico proporcionan porosidad y aireación al sustrato; y vermiculita es un mineral de estructura laminar lo que proporciona es que mantiene la humedad en el sustrato (Castellanos, 2016)

4.15. Sistema hidropónico en fresa

El sistema hidropónico que combina riego por goteo con un sustrato inerte como el tezontle rojo y bolsas de plástico para cada planta, es una opción apropiada para el cultivo de fresas en condiciones controladas, este sistema ofrece ventajas incluyendo un suministro de agua y nutrientes más eficiente, y una reducción del riesgo de enfermedades del suelo, el sustrato inerte como el tezontle rojo proporcionan un soporte estable para las plantas, permite un buen drenaje retiene suficiente humedad para el desarrollo adecuado de las raíces, las bolsas de plástico facilitan el monitoreo de las plantas, el riego por goteo permite suministrar agua y nutrientes de manera precisa y más controlada que va directamente a la zona radicular de cada planta, la densidad de siembra de 41,250 plantas por hectárea, con una distancia de 30 cm entre plantas y 80 cm entre hileras es una configuración adecuada para optimizar el espacio disponible y maximizar el rendimiento por unidad de área (Sandoval *et al.*, 2004).

4.16. Indicadores de calidad de fruto de fresa

Las fresas son una fruta no climatérica y deben recolectarse cuando están completamente maduras para logara la máxima calidad en cuanto a sabor y color, se recomienda cosechar cuando tome un color rosado, (3/4 de maduración), esto es para evitar pérdidas postcosecha, la cosecha y postcosecha son factores que pueden provocar cambios en la calidad sensorial y nutricional de los frutos de fresa, la calidad de las fresas es el resultado de distintos factores como el aporte de nutrientes, temperatura, luminosidad, polinización, etapa del desarrollo, manipulación, humedad relativa y almacenamiento (Cordenunsi *et al.*, 2005).

Las características de calidad de los frutos de fresa se pueden evaluar en base a distintos aspectos de acuerdo con Kader (1999)

- a) Apariencia: la calidad visual de las fresas se determina por la intensidad y distribución del color rojo, el tamaño y la uniformidad de las frutas, así como por su forma, es importante que las fresas estén libres de daños como magulladuras y pudriciones.
- b) Firmeza: las fresas deben de ser firmes al tacto, lo que significa que estén frescas y maduras en su punto óptimo de consumo, la apariencia de frutas suaves o sobre maduras es un indicador de la falta de frescura o de deterioro, lo que afecta la calidad

c) Sabor: el sabor de las fresas está influenciado por varios factores, incluyendo el contenido de sólidos solubles totales (que contribuyen al dulzor), la acidez titulable (que aporta frescura y equilibrio) y los compuestos volátiles que dan aroma y sabor característicos

d) Valor nutricional: las fresas son conocidas por su contenido de vitamina C, que es un antioxidante importante para la salud humana, el contenido de vitamina c puede variar según la variedad y las condiciones del cultivo, pero en general, las fresas frescas y maduras son una fuente de vitamina C

V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Localización del sitio experimental

El experimento se realizó en un invernadero de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias, ubicado en la localidad de San Juan Acateno, Teziutlán, Puebla (Figura 1). Localizado a 19.8761 latitud norte, -97.3608 longitud oeste, a 1617 msnm (INEGI, 2023).

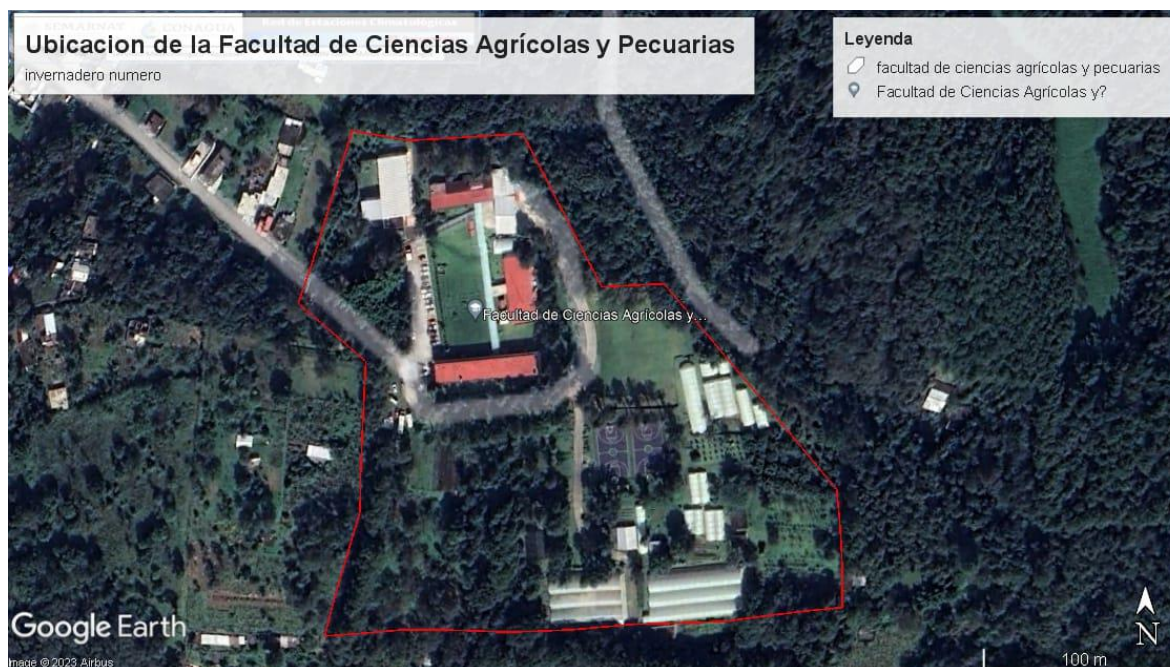


Figura 1. Localización del sitio experimental. Datos obtenidos de Google Earth (2023), elaboración propia

5.2. Material biológico

Se utilizaron plantas de fresa de la variedad “Camino Real” obtenidas por medio de estolones de plantas adultas, se obtuvieron de un vivero de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias, la característica de esta variedad es resistente a daños por lluvia, el fruto es grande y ligeramente alargado, fruto firme, cónico y pulpa de color rosa oscuro (Alberto, 2018).

5.3. Solución nutritiva y riego para el cultivo

Durante los primeros 15 días, las plantas se regaron con agua corriente, posteriormente se rego con la solución nutritiva universal de Steiner (1984) al 25 %, para la etapa de desarrollo de la planta y en fructificación se aplicó la solución nutritiva al 50 %.

5.4. Prácticas culturales

Dentro de las prácticas culturales que se realizaron fueron poda de las primeras flores y posteriormente las hojas viejas de las plantas, eliminación de estolones, control de plagas y enfermedades y cosecha de los frutos. Cedillo *et al.* (2019) menciona que las labores culturales son las actividades que se realizan después de la siembra o el trasplante y antes de la cosecha, tienen el objetivo de ayudar al crecimiento, desarrollo y producción de las plantas, en caso de la planta de fresa se realizan podas de flores y hojas, riego, nutrición, polinización y control fitosanitario como el control de plagas y enfermedades.

5.5. Diseño experimental

Para el desarrollo del estudio, se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo factorial 3x2 formando seis tratamientos con tres repeticiones. Los factores fueron tamaño de maceta (5, 10 y 15 L) y sustratos 80% tierra de monte y 20% hormigón y 50 % tierra de monte y 50 % hormigón, considerando una maceta como unidad experimental (Cuadro 1).

Cuadro 1. Descripción de tratamientos

Tratamientos	Contenedor (vol.)	Mezcla de sustratos
T1	15 litros	80 % tierra de monte y 20 % de hormigón
T2	10 litros	80 % tierra de monte y 20 % de hormigón
T3	5 litros	80 % tierra de monte y 20 % de hormigón
T4	15 litros	50 % tierra de monte y 50 % de hormigón
T5	10 litros	50 % tierra de monte y 50 % de hormigón
T6	5 litros	50 % tierra de monte y 50 % de hormigón

Elaboración propia

5.6. Variables a evaluar

5.6.1. Rendimiento promedio y número de frutos por planta

Se evaluó el rendimiento promedio y número de frutos por planta en cada cosecha, una vez contabilizados los frutos de fresa se pesaron en una báscula digital y se obtuvo el promedio (Alvarado-Chávez *et al.*, 2020). Los resultados se expresaron en gramos.

5.6.2. Diámetro polar y ecuatorial del fruto

El diámetro polar del fruto de fresa se determinó del pedúnculo a la zona apical al momento de cosecha y el diámetro ecuatorial se determinó midiendo la parte media del fruto de fresa al momento de la cosecha, ambos fueron medidos con un vernier digital (Mixquititla-Casbis *et al.*, 2021). Los resultados se expresaron en milímetros.

5.6.3. Color

Se utilizó un colorímetro CR-400 kanica miltona sesing para medir los valores de color de las fresas, este dispositivo mide los parámetros de color y el espacio de color L, a y b, que es un sistema de coordenadas tridimensionales que describen el color en términos de luminosidad (L^*) los componentes de cromaticidad verde-rojo (a^*) y azul-amarillo (b^*), se tomaron mediciones en dos zonas opuestas de la región ecuatorial de cada fruto, la elección de medir el color en regiones opuestas nos puede ayudar a una representación más completa del color del fruto; Angulo de tono ($^{\circ}h$) se calcula como la arco tangente del cociente de b^* y a^* , este parámetro indica la tonalidad del color, es decir donde se encuentra el color en el aspecto visible, índice de saturación (croma c) se calcula como la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de a^* y b^* , este parámetro indica la intensidad y pureza del color (Mcguire, 1992).

5.6.4. Firmeza

La firmeza de los frutos de fresa se midió con un texturometro CT3 de la marca Brookfield de puntual plano 8 mm de diámetro, tomando dos lecturas de las zonas opuestas de la región ecuatorial, registrando la firmeza del fruto en gramos fuerza (Alvarado-Cepeda *et al.*, 2020).

5.6.5. Sólidos solubles totales ($^{\circ}$ Brix)

Los sólidos solubles totales ($^{\circ}$ Brix) se determinó con el jugo de los frutos de fresa, mediante un refractómetro digital de la marca atago con una escala de 0.0 a 32% (Alvarado-Chávez *et al.*, 2020; Mixquititla-Casbis *et al.*, 2021).

5.6.6. Acidez titulable

Se trituraron 20 g de pulpa con 40 ml de agua des ionizada, se colocó en una alícuota de 10 ml de volumen, lo cual se dividió en tres vasos agregando 5 ml, en cada vaso se le agregaron 3 gotas de fenolftaleína y se tituló con hidróxido de sodio (NAOH) al 0.1 N. Los resultados se expresaron en porcentaje de ácido cítrico (Juárez-Rosete *et al.*, 2006), de acuerdo con la siguiente formula:

$$\text{Porcentaje de acidez} = \frac{\text{ml gastado} \times 0,1}{0,1064}$$

5.6.7. pH

Para medir el pH se trituraron 20 g de la pulpa de fresa con 40 ml de agua desionizada, se filtró en un colador el jugo para eliminar los restos de tejido vegetal, posteriormente agregamos nuestra solución a un vaso para medir el pH con un potenciómetro (Juárez-Rosete *et al.*, 2006).

5.6.8. Vitamina C

Se determinó mediante la metodología estándar de la asociación oficial de químicos analíticos AOAC (1990):

- Preparación de la muestra: se pesaron 4 g de fruto de fresa y se colocaron en un matraz Erlenmeyer al que se le agregaron 200 ml de agua desionizada
- Extracción de la vitamina c: la muestra se agito a 130 rpm durante 15 minutos para asegurar la extracción completa de vitamina c presentes en las frutas de fresa
- Filtración: después de la agitación, la muestra se filtró en un papel filtro para eliminar cualquier residuo sólido y obtener una solución clara
- Preparación de la solución de titulación: se tomaron 10 ml de la solución filtrada y se le agregaron 25 ml de ácido acético glacial al 20 % esta solución ácida se utiliza para estabilizar la vitamina c presente en la muestra y facilitar su detección durante la titulación
- Titulación: la titulación se agito durante 5 minutos para asegurar una mezcla homogénea, luego se tituló con 2,6-diclorofenolindofenol, la titulación se llevó a cabo hasta que se observó un cambio de color característico

- Cálculo de contenido de vitamina c: el volumen de la solución de 2,6-diclorofenolindofenol utilizado en la titulación se registra para calcular el contenido de vitamina c en la muestra de los frutos de fresa, utilizando una ecuación

Los resultados se reportaron como mg de ácido ascórbico, de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\text{mg de ácido ascórbico} = \frac{\text{volumen de titulación de la muestra}}{\text{volumen de titulación estándar}}$$

5.6.9. Antocianinas

El contenido total de antocianinas se determinó mediante el pH diferencial, método descrito por Giusti y Wrolstad (2001), seguido por el método de extracción de Velioglu con menores modificaciones (Velioglu *et al.*, 1998); se pesaron 4 g de muestras de fruto maduro. Se extrajo con 50 ml de metanol acuoso al 80 %. Posteriormente se puso a agitar utilizando un agitador orbital durante 120 min. a 130 rpm, la mezcla fue posteriormente filtrada utilizando papel de filtro Whatman (No.2), el filtrado se centrifugó se dejó reposar durante 30 min.

En dos matraces volumétricos de 10 ml, se añadió 2 ml de muestra filtrada; el volumen de la primera se ajustó con cloruro de potasio a pH 1.0 y el otro se ajustó con acetato de sodio a pH 4.5. Las diluciones se dejaron reposar durante 15 min. y la absorbancia de cada dilución de la muestra se midió a 510 y 700 nm.

5.7. Análisis estadístico de comparación de medias

Los datos obtenidos se sometieron a un análisis de varianza y prueba de comparación múltiple de medias de Tukey ($P \leq 0.05$) utilizando el programa Statistical Analysis Systems SAS (Versión 9.0).

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Análisis de los factores principales en los componentes agronómicos de fresa

En el Cuadro 2 se observa que el factor tamaño de contenedor no presentó diferencias estadísticas para las variables número de frutos por planta, así como los diámetros ecuatorial y polar de los frutos. Alvarado-Chávez *et al.* (2020) mencionan que obtuvieron resultados similares con el diámetro polar del fruto de fresa con 21.1 mm y el diámetro ecuatorial con 26.1 mm. Por otro lado, se observó que el tamaño de contenedor influyó estadísticamente sobre el peso promedio de los frutos, se observa que el contenedor de 10 L obtuvo un peso promedio de 15.12 g, en comparación con el contenedor de 5 L que presentó un tamaño de fruto de 14.34 g Mixquititla-Casbis *et al.* (2021) obtuvieron un peso promedio de frutos de fresa de 6.33 g a 12.37 g.

El rendimiento por planta fue estadísticamente igual en los tres volúmenes de contenedor (Cantliffe y Vansickle, 2003) probaron dos tipos de contenedores para la producción de melones Galia y encontraron que el rendimiento era similar independientemente del tipo de contenedor utilizado.

En cuanto al factor sustrato de 5 L las variables evaluadas no presentaron diferencias significativas (Cuadro 2)

Cuadro 2. Valores promedios de número de frutos, peso medio, rendimiento por planta, diámetro ecuatorial y polar de frutos.

Contenedor	VARIABLES				
	NF	PMED (g)	REND (g)	DE (mm)	DP (mm)
15 L	34.167a ^z	13.62b	461.62a	25.09a	21.76a
10 L	32.83a	15.12a	488.74a	24.37a	21.45a
5 L	33.33a	14.34ab	469.35a	24.52a	21.61a
DMSH	6.54	0.84	109.74	3.12	2.52
Sustrato					
50 % y 50 %	32.77a	14.48a	467.61a	24.81a	21.87a
80% y 20 %	34.11a	14.24a	478.87a	24.51a	21.34a
DMSH	4.36	0.56	73.17	2.08	1.68

NF: número de frutos; PMED: peso promedio; REND: rendimiento por planta; DE: diámetro ecuatorial; DP: Diámetro polar.

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

DMSH: diferencia mínima significativa honesta.

Sustrato 1: 50 % tierra de monte y 50 % hormigón; sustrato 2: 80% tierra de monte y 20 % hormigón

6.2. Firmeza, pH y sólidos solubles totales en frutos de fresa

En cuanto a las variables de calidad de los frutos se puede observar en el Cuadro 3 que las variables evaluadas no mostraron diferencias significativas Alvarado-Cepeda *et al.* (2020) mencionan que la producción de fresa en acolchado por la baja radiación solar se obtienen frutos más firmes que alcanzan una firmeza de 2.43 N (2052 g^f).

La combinación de sustratos y tamaño de contenedor no presentaron diferencias en firmeza, pH y SST, estos resultados son similares a los Sharma y Godara (2017) informaron sobre el TSS máximo (7,31 % y 7,24 %), relación TSS/ácido (9,94 y 9,48), azúcar total (6,10 % y 5,98 %), reducción del azúcar (5,07 % y 4,97 %) en plantas de fresa plantadas en macetas de tierra.

Cuadro 3. Valores promedios de firmeza, pH y sólidos solubles totales (Grados Brix) en frutos de fresa.

Contenedor	VARIABLES		
	FIR	pH	SST (°Brix)
1	106.78a	3.40a	9.35a
2	116.59a	3.53a	7.35a
3	108.52a	3.54a	7.85a
DMSH	65.16	0.24	4.46
Sustrato			
1	113.75a	3.50a	8.68a
2	107.50a	3.48a	7.67a
DMSH	43.45	0.16	2.97

FIR: firmeza; pH: potencial de hidrogeno; SST: solidos solubles totales.

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

DMSH: diferencia mínima significativa honesta.

6.3. Análisis de los efectos de interacción contenedor y sustrato

Como se observa en el cuadro 4 el efecto de la interacción entre tamaño de contenedor y sustrato solo presento diferencias significativas en el variable peso diámetro de frutos. Se encontró que el tratamiento 3 (5 L de 50% tierra de monte y 50 % de hormigón) tuvieron un promedio de tamaño de fruto de 15.59 g, que comparado con el tratamiento uno (15 L de 50 % tierra de monte y 50 % hormigón) es un incremento de 22 % en peso. Aunque las variables número de frutos y rendimiento no presentaron diferencias significativas, se observó que el tratamiento 2 (10 L de 50 % tierra de monte y 50 % hormigón) fue el que presento valores más altos para estas variables (36 frutos y 514.6 g respectivamente)

Hassan *et al.* (1995); mostraron que el uso de bolsas negras en el cultivo de chile verde dio el mayor rendimiento temprano y total con número de frutos en plástico negro con $620.90 \times 10^3 \text{ ha}^{-1}$ por planta, en sustrato la cáscara de coco dio el mayor rendimiento temprano y total por planta en comparación con las otras combinaciones de sustratos.

Paul y Lee (1976) mencionan que cuando las plantas tienen una baja producción y una reducción de crecimiento es debido al tipo de sustrato, ya que un porcentaje alto de aireación favorece a riegos pobres y por lo tanto a un estrés de las plantas. Raviv *et al.* (2002) mencionan que sustratos gruesos, en contenedores el riego es más eficaz al drenarse y por lo tanto el agua se dirige hacia la raíz, pero la desventaja es que el riego es más rápido y menos eficiente.

Cuadro 4. Efecto de interacción entre contenedor y sustrato en número de frutos, peso promedio, rendimiento promedio, diámetro polar y ecuatorial en frutos de fresa.

TRATAMIE NTO	NF	PMED (g)	REND (g)	DE (mm)	DP (mm)
1	32.33a	12.72c	408.57a	24.60a	21.33a
1	36.00a	14.51ab	514.67a	25.59a	22.20a
1	32.66a	15.59a	504.00a	24.17a	21.21a
2	33.00a	14.66ab	473.48a	24.57a	21.70a
2	33.33a	15.13a	490.26a	25.68a	23.09a
2	33.33a	13.56bc	448.44a	23.37a	20.12a
DMSH	11.65	1.50	195.39	5.57	4.49

FA: factor contenedor FB: factor sustrato; NF: número de frutos; PMED: peso promedio; REND: rendimiento por planta; DE: diámetro ecuatorial; DP: Diámetro polar.

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

DMSH: diferencia mínima significativa honesta.

Las variables firmeza, pH y sólidos totales no presentaron diferencias significativas en la interacción (Cuadro 5), aunque nuestros valores son menores a los reportados por Hassan *et al.* (1995) no encontraron diferencias significativas entre dos tipos de contenedores en el cultivo de fresa cv. Festival.

Cuadro 5. Efecto de interacción contenedor y sustrato en firmeza, pH y solidos solubles totales en frutos de fresa.

CONTENEDOR	SUSTRATO	FIR	pH	SST
1	1	122.13a ^z	3.51a	4.22a
2	1	91.42a	3.29a	1.88a
3	1	119.50a	3.44a	2.10a
1	2	113.67a	3.63a	2.21a
2	2	99.63a	3.54a	2.23a
3	2	117.42a	3.54a	2.88a
DMSH		116.04	0.44	3.37

FIR: firmeza; pH: potencial de hidrogeno; SST: solidos solubles totales.

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

DMSH: diferencia mínima significativa honesta.

6.4. Porcentaje de acidez titulable, vitamina C y antocianinas

De acuerdo al análisis de comparación de medias se puede observar con el cuadro 6 que el factor tamaño de contenedor no tuvo efecto sobre las variables de porcentaje de ácido cítrico y vitamina C, ya que no presentaron diferencias estadísticamente significativas. Por otro lado el contenido de antocianinas si presento diferencias significativas, siendo el volumen de 10 L el que presento una mayor concentración con un valor de 89.28 mg/100 g de peso fresco, en comparación cuando se utilizó un contenedor con un volumen de 5 L, que solo tuvieron un contenido de antocianinas de 31.70 mg. Julio-Gonzales *et al.* (2018) y Martínez (2002) mencionan que el contenido de antocianinas y los parámetros de color están relacionados con la madurez de los frutos al momento de ser cosechados. González-Jiménez *et al.* (2020) mencionan que el contenido de antocianinas en frutos de fresa presento una máxima de 26.9 mg/100 g, las antocianinas disminuyen con el aumento de la conductividad eléctrica

Hassan *et al.* (1995) presentaron valores superiores a los obtenidos en nuestra investigación; en acidez titulable, demostraron que no hubo diferencias significativas entre los dos tipos de contenedores. Del mismo modo observaron la misma tendencia con la vitamina C en las frutas.

Cuadro 6. Valores promedio del porcentaje de ácido cítrico, vitamina c y antocianinas

Contenedor	VARIABLES		
	Porcentaje de ácido cítrico	Vitamina C mg	Antocianinas mg/100 g de peso fresco
5 L	0.010a	2.10a	31.70a
10 L	0.010a	2.74a	89.28a
15 L	0.010a	2.82a	78.10ab
DMSH	0.002	1.31	49.83
Sustrato			
50 % y 50 %	0.010a	2.70a	55.89a
80 % y 20 %	0.009a	2.40a	76.84a
DMSH	0.002	0.87	33.23

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

Sustrato 1: 50 % tierra de monte y 50 % hormigón; sustrato 2: 80% tierra de monte y 20 % hormigón

DMSH: diferencia mínima significativa honesta.

VII. CONCLUSIONES

El tamaño del contenedor es un elemento que influye y participa en el establecimiento y desarrollo vegetativo de las plantas de fresa. El contenedor de diez litros es recomendable para un mayor rendimiento promedio en frutos de fresa.

VIII. LITERATURA CITADA

- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 1990. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists. Washington, D.C. USA. 771p.
- Albregts E.E., M. Howard C., y K. Chandler C. 1991. Respuesta de la fresa a la tasa de k en un suelo de arena fina. Hort science 26(2):135-138.
- Alvarado-Chávez J. A., A. Gómez-González., A. Lara-Herrera., J. C. Díaz-Pérez., E. J. García-Herrera. 2020. Rendimiento y calidad de fruto de fresa cultivada en invernadero en sistema hidropónico piramidal. Revista mexicana ciencias agrícolas 11(8): 1737-1748.
- Alvarado-Cepeda Y. A., Mendoza-Villarreal R., Sandoval-Rangela A., Vega-Chávez J., L. Franco-Gaytán. 2020. Calidad fisicoquímica y sensorial de frutos de fresas obtenidos en dos sistemas de cultivo. Revista de investigación e innovación tecnológica. 8 (43): 18-29
- Baixxauli S. C., y Aguilar O. J. 2002. Cultivo sin suelo de hortalizas. Aspectos prácticos y experiencias. Edición Generalitat Valenciana. Valencia. España.
- Benavides G. A., Contreras C., Laguna M. J. 2007. Fertilización orgánica sobre tres genotipos de fresa (*Fragaria* spp.) en las Sabanas, Madriz. La Calera 7 (8): 54-58.
- Castellanos J. Z. 2016. El tezontle sustrato. Conferencias del diplomado internacional en horticultura protegida. Intagri-uai. En línea: [El Tezontle como Sustrato para la Producción Hortícola | Intagri S.C.](#) Consultado: 11/05/2024
- Cedillo P. E., P. Castro C., I. I. Fuentes L., E. Huerta G., D. Córdoba V., L. P. Martínez H. 2019. Manual de producción de fresa en bolis de fibra de coco bajo invernadero. Universidad Nacional Autónoma de México. Estado de México: 13 p
- Cantliffe D. J., J. Vansickle J. 2003. Industria Europea de Invernaderos, Practicas de Crecimiento y Competitividad en el Mercado Estadounidense. Institute of Food and Agricultural Sciences. Universidad de Florida. 9 p
- Cordenunsi B. R., Nascimento J., M. I. Genovese, L. Franco M. 2005. Influence of cultivat on quality parameters and chemical composition of strawberry fruits grown in Brazil. J. Agric. FoodChem. 50 (9): 2581-2586.
- Díaz P. A. 2005. Medios de cosecha para plantaciones de frutilla hidropónica. Tesis de licenciatura. Tesis. Doctoral. Universidad de Chile, Chile. 95p.

- Fernández R. 2024. Secretos del cultivo de fresa. Agroecology. En línea: <https://agroecologysl.com/fresa/#:~:text=La%20fresa%20es%20muy%20sensible,provo%20ca%20da%C3%B1os%20en%20la%20producci%C3%B3n>. Consultado: 05/02/2024
- Flórez R., y R. Mora. 2010. Fresa (*Fragaria x ananassa* Duch) producción y manejo post cosecha. Colombia. Editorial Produmeditos. 1era ed. Colombia 114 p.
- González-Jiménez S. L., A. M. Castillo-González., M. del R. García-Mateos., L. Valdez-Aguilar., C. Ybarra-Moncada., E. Avitia-García. 2020. Respuesta de fresa cv. Festival a la salinidad. Revista Fitotecnia México. 43 (1): 53-60
- Giusti M. M., R. Wrolstad E. 2001. Caracterización y medición de Antocianinas por espectroscopia UV-Visible. Unidad F1.2. **In:** Wrolstad, R and S. Schwartz (ed) Protocolos Actuales en Química Analítica de Alimentos. Nueva York. 12 p
- Hydro environment. 2024. Guía para el cultivo de fresa. En línea: https://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=290#:~:text=L%20fresa%20requiere%20un%20pH,%2C%20perlita%2C%20vermiculita%20o%20tezonle. Consultado: 05/02/2024
- Hahn S. K. 1984. Tropical root crops, their improvement and utilization. International Institute of Tropical Agriculture. Tanzania. 31 pp
- Hancock J. F. 1999. Strawberries. CABI Publishing. Cambridge, U.K. 209 p.
- Hassan S. A., Zainal-Albion R., M. Famlan F. 1995. Growth and yield of chilli (*Capsicum annum* L.) in response to mulching and potassium fertilization. Agric. Sci 18(2): 113-117
- Intagri (Instituto para la innovación tecnológica en la agricultura). 2018. Producción hidropónica de fresa. En línea: <https://www.intagri.com/articulos/frutillas/produccion-hidroponica-de-fresa>. Consultado: 05/02/2024
- Infoagro (Información técnica agrícola). 2024. El cultivo de la Fresa. En línea: https://www.infoagro.com/documentos/el_cultivo_fresa.asp: 05/02/2024. Consultado: 2/04/2024
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 2023. Directorio nacional de unidades económicas. En línea: <https://www.inegi.org.mx/app/mapa/denue/default.aspx?idee=3481882>. Consultado: 2/04/2024

- Juárez-Rosete C. R., M. N. Rodríguez-Mora., M. Sandoval-Vila., A. Mutaralla-Lúa. 2006. Comparación de tres sistemas de producción de fresa en invernadero. *Terra latinoamericana*. 25 (1): 17-23.
- Julio-Gonzales L., J. Antonio M., J. Mercado. 2018. Caracterización de indicadores de la calidad del fruto en líneas de fresa transgénicas con genes silenciados que codifican para enzimas pectinolíticas. *Revista colombiana de biotecnología* 20 (1): 42-50.
- Kessel D. A. 2012. Mejora genética de la fresa (*Fragaria ananassa duch.*), a través de métodos biotecnológicos. *Cultivos Tropicales* 33 (3): 34-41.
- Kirschbaum D. 2021. Características botánicas, fisiología y tipos de variedades de fresa. Instituto Nacional de Tecnología y Agropecuaria (INTA), Argentina. pp: 103-116
- Kader A. A. 1999. Madurez, Maduración y Calidad de la fruta. *Acta Horti*. 485: 203-208
- Martínez F. 2002. Vermiculita de calidad: factores que afectan al contenido de compuestos fenólicos. *Revista de enología científica y profesional* 7(21): 2018
- Medina-Bolívar J. S., E. H. Pinzón-Sandoval., C. German E. 2016. Efecto de sustratos orgánicos en plantas de fresa (*Fragaria sp.*) cv Albión bajo condiciones de campo. *Revista Ciencia y Agricultura* 13 (2): 19-28
- Mixquititla-Casbis G., O. G. Villegas-Torres., M. Andrade-Rodríguez., H. Sotelo-Nava., A. T. Cardoso-Taketa. 2021. Crecimiento, rendimiento y calidad de fresa por efecto del régimen nutrimental. *Revista mexicana de ciencias agrícolas* 11 (6): 1337-1348
- Morgan L. 2002 Producción intensiva de fresa. *Productores de Hortalizas*. Los sistemas NFT y DFT de hidroponía representan una alternativa viable para pequeños empresarios en producción intensiva de fresa, Editorial Katie O' Keeeffe-Swank editora Ana Reho, Ohio, EUA. 59p.
- Moroto B. J. V., y G. López S. 1988. Producción de fresas y fresones. Ediciones Mundi-prensa, Madrid España. 109 p.
- Morales A. C. G., J. Riquelme S., J. Hirzel C., A. France I., A. Pedroso L., H. Uribe C., P. Abarca R. 2017. Manual de manejo agronómico de la frutilla. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Santiago Chile:102.
- Mcguire R. C. 1992. Reporting of objective color measurements. *Hortscience* 27(12):1254-1255
- Osuna F. H. R., A. M. Fernández O., A. Álvarez F. 2016. Manual de propagación de plantas superiores. Universidad autónoma metropolitana 1ed.

- Planeación agrícola nacional. 2017. Fresa mexicana. En línea: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/257075/Potencial-Fresa.pdf>. Consultado: 27/03/2024.
- Pastor S. J. N. 1999. Utilización de sustratos en viveros. *Terra*. 17 (3): 231-235
- Paul J. L., y I. Lee C. 1976. Relation between growth of chrysanthemums and aeration of various container media. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 101(5):500-503.
- Raviv M., R. Wallach., A. Silber., y A. Bar-Tal. 2002. Substrates and their analysis. Agricultural research organization. *In: Hydroponic production of vegetables and ornamentals*. Savvas, D. and Passam, H. (Eds.). Embryo Publications pp: 25-101
- Santiago T. O., J. de J. Vargas H., Andrete A., J. López U., A. M. Fierros G. 2015. Sustratos y tamaños de contenedor en el desarrollo de *Hevea brasiliensis* Mull. Arg. En vivero. *Revista Mexicana de ciencias forestales* 6(31): 94-113
- South D. B., S. Harris W., J. Barnett P., M. Hains J., D. Gjerstad H. 2005. Efecto del tipo de contenedor y el tamaño de la plántula sobre la supervivencia y el crecimiento temprano en altura de las plántulas de *Pinus palustris* en Alabama, EE. UU 204(2): 385-398
- SADER (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. 2022. ¿Qué quiere la niña fresa? México y su producción nacional. Gobierno de México. En línea: <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/que-quiere-la-nina-fresa-mexico-y-su-produccion-nacional>. Consultado: 2/04/2024.
- Steiner A. A. 1984. The universal nutrient solution. *In: proceeding of international congress on soilless culture*. International society for soilless culture. Lunteren, the netherlands. Pp. 633-649
- Sandoval L., Ercisli S., Anapali O., y Esitken A. 2004. Effect of pumice amendment on physical soil properties and strawberry plant growth. *Journal of Central European Agriculture* 6: 361-366.
- Sharma V. K., y A. Godora K. 2017. Respuesta en fresa (*Fragaria x ananassa* Duch. “Sweet Charlie”) Crecimiento a diferentes sustratos y recipientes bajo invernadero. *Revista internacional de Microbiología Actual y Ciencias Aplicadas* 6(11): 2556-2568
- Valdez-Aguilar L. A., y Benavides-Mendoza A. 2013. Producción de Plantas en Maceta: Manejo, Nutrición y Cuidados. Simposio internacional de invernaderos Puebla. En línea:

https://www.researchgate.net/publication/279180506_Produccion_de_Plantas_en_Maceta_Manejo_Nutricion_y_Cuidados. Consultado: 20/04/2024

Velioglu Y. S., Mazza G., L. Gao., y B. D. Oomah. 1998. Antioxidant Activity and Total Phenolics in Selected Fruits, Vegetables and Grain Products. *J. Agric. Food chem* 46 (10): 6

Zambrano P. D. A. 2017. Fresa: características y cultivo de la planta. Propiedades del fruto. Variedades. En línea: <https://naturaleza.animalesbiologia.com/plantas/tipos-de-frutas/fresa>. Consultado: 25/04/2024



Oficio No. FCAyP/336/2024

Pedro Gaspar Alberto
Egresado de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
PRESENTE

Con base en el dictamen emitido por el M.C. Fabiel Vázquez Cruz (**Director de Tesis**), Dr. Luis Antonio Domínguez Perales (**Asesor**) y Dra. Delia Moreno Velázquez (**Asesora**) en su calidad de Consejo Particular, se autoriza la elaboración digital de la tesis titulada:

Rendimiento y calidad de fresa (*Fragaria x ananassa*) por efecto del tamaño del contenedor

Correspondiente a la Licenciatura en Ingeniería Agrohidráulica.

Sin otro particular por el momento, me despido reiterando a Usted mi más atenta y distinguida consideración.

Atentamente

“Pensar bien, para vivir mejor”

San Juan Acateno, Teziutlán, Pue., a 17 de Mayo de 2024.

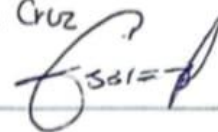
Dr. Armando Ibáñez Martínez

Director de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias

c.c.p. - Archivo y Minutario
Dr. AIM/mlsm



Alumno: Pedro Gaspar Alberto Director: Fabiel Vazquez Cruz



Ánalysis similitud Pedro G

INFORME DE ORIGINALIDAD

26%

INDICE DE SIMILITUD

25%

FUENTES DE INTERNET

%

PUBLICACIONES

13%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

Submitted to BENEMERITA UNIVERSIDAD
AUTONOMA DE PUEBLA BIBLIOTECA

Trabajo del estudiante

7%

2

ri.uaemex.mx

Fuente de Internet

2%

3

revistas.unal.edu.co

Fuente de Internet

1%

4

repositorio.uaaan.mx

Fuente de Internet

1%

5

www.inia.cl

Fuente de Internet

1%

6

www.dspace.uce.edu.ec

Fuente de Internet

1%

7

naturaleza.paradais-sphynx.com

Fuente de Internet

1%

8

agroecuador.org

Fuente de Internet

1%

9

colposdigital.colpos.mx:8080

Fuente de Internet