

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Comportamiento Agronómico del Cultivo de Fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.)  
con Diferentes Tipos de Fertilización en Invernadero

Por:

**ESMERALDA ESQUIVEL PÉREZ**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN**

Saltillo, Coahuila, México.

Diciembre, 2024

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Comportamiento Agronómico del Cultivo de Fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.)  
con Diferentes Tipos de Fertilización en Invernadero

Por:

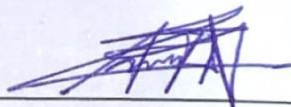
**ESMERALDA ESQUIVEL PÉREZ**

TESIS

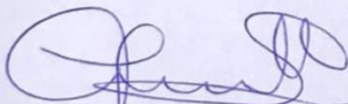
Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN**


Aprobada por el Comité de Asesoría:





Dr. Antonio Flores Naveda  
Asesor Principal



Dra. Xóchitl Ruelas Chacón  
Coasesor



Dr. Alberto Sandoval Rangel  
Coordinador de la División de Agronomía

Dr. Armando Muñoz Urbina  
Coasesor

Saltillo, Coahuila, México.  
Diciembre, 2024

## Declaración de no plagio

El autor quien es el responsable directo, jura bajo protesta de decir verdad que no se incurrió en plagio o conducta académica incorrecta en los siguientes aspectos:

Reproducción de fragmentos o textos sin citar la fuente o autor original (corta y pega); reproducir un texto propio publicado anteriormente sin hacer referencia al documento original (auto plagio); comprar, robar o pedir prestados los datos o la tesis para presentarla como propia; omitir referencias bibliográficas o citar textualmente sin usar comillas; utilizar ideas o razonamientos de un autor sin citarlo; utilizar material digital como imágenes, videos, ilustraciones, graficas, mapas o datos sin citar al autor original y/o fuente, así mismo tengo conocimiento de que cualquier uso distinto de estos materiales como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por las autoridades correspondientes.

Por lo anterior, me responsabilizo de las consecuencias de cualquier tipo de plagio en caso de existir y declaro que este trabajo es original.

Pasante



---

Esmeralda Esquivel Pérez

## DEDICATORIA

A **Dios**, por guiarme en cada paso de este proceso. Su amor, paciencia y dirección, han sido mi mayor inspiración y sostén. Gracias por darme la fortaleza para superar los momentos difíciles y por iluminar mi camino con esperanza y fe.

A **mis padres**, por su incansable apoyo emocional y su confianza en mí. Su dedicación, sacrificio y ejemplo de vida me han inspirado a alcanzar mis metas y a nunca rendirme, ante los obstáculos. Gracias por ser mi mayor fuente de motivación y por estar siempre a mi lado, brindándome su amor incondicional.

**María Pérez Alonso de la Sierra**

**Bulmaro Esquivel Coria**

A **mis hermanos**, por su alegría, su paciencia y por entender los momentos en los que la distancia o el tiempo me hacían ausente. Cada uno de ustedes, ha sido una parte esencial de mi vida, y su apoyo ha sido fundamental para culminar este trabajo.

**Marian Esquivel**

**Juan Diego Esquivel**

**Bulmaro Esquivel**

**María Guadalupe Esquivel**

**Fermín Esquivel**

**Sergio Jaimez**

A **mis amigos**, quienes, más allá de ser una fuente constante de apoyo emocional, me han proporcionado compañía, motivación y confianza en los momentos más difíciles. Su paciencia y comprensión, tanto en los días de estrés como en aquellos de celebración, han sido esenciales para culminar este proyecto.

**Paulina Grana**

**Laura Lozano**

**Reyna Elisa Pérez López**

**Edgar Abraham Acevedo**

En especial a **mi novio** por su amor incondicional y su apoyo constante durante todo este proceso. Gracias por ser mi compañero, por entender mis momentos de estrés y por brindarme tranquilidad cuando más lo necesitaba.

Tu paciencia, tu aliento y tu confianza en mí me han dado la fuerza para seguir adelante, incluso cuando las dificultades parecían insuperables. No solo me has acompañado en los momentos difíciles, sino que también has celebrado cada pequeño logro a mi lado.

**Jesús Raúl Grana**

Gracias por sus consejos, por escuchar mis inquietudes y por hacerme ver que, en cada paso, no estaba sola. Por su amor, comprensión y motivación en cada paso que he dado. Gracias por estar siempre a mi lado, alentándome a seguir adelante.

Este logro es, sin duda, el reflejo de su amor y esfuerzo. Les dedico esta tesis con todo mi corazón.

## AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que han sido parte fundamental en la realización de esta tesis.

En primer lugar, agradezco a mi asesor de tesis **Dr. Antonio Flores Naveda**, por su invaluable guía, paciencia y apoyo constante a lo largo de este proceso. Su conocimiento y dedicación, han sido clave para el desarrollo de este trabajo.

Agradezco también al **Dr. Armando Muñoz Urbina**, **Dra. Xochitl Ruelas Chacón**, **al Ing. José Raúl Grana**, **al Ing. Miguel Angel Tafoya**, **a la Ing. Martha Villegas**, **al Lic. David Grana** por sus valiosas sugerencias y comentarios, los cuales enriquecieron este estudio.

A mis amigos y compañeros de investigación, por su camaradería, por compartir ideas y por brindarme su apoyo en los momentos más desafiantes.

Finalmente, agradezco a la **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro** por el respaldo y los recursos brindados que hicieron posible la realización de este trabajo.

A todos, muchas gracias.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>DEDICATORIA</b> .....	iv
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	vi
<b>INDICE DE CUADROS</b> .....	x
<b>INDICE DE FIGURAS</b> .....	xi
<b>RESUMEN</b> .....	xiv
<b>I INTRODUCCIÓN</b> .....	1
1.1 Objetivo general.....	1
1.2 Objetivos específicos.....	1
1.3 Hipótesis .....	2
<b>II REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	3
2.1 Origen del cultivo.....	3
2.2 Importancia económica.....	4
2.3 Principales países productores.....	5
2.4 Producción nacional.....	6
2.5 Taxonomía.....	8
2.6 Morfología de la planta.....	8
2.7 Etapas fenológicas.....	10
2.8 Importancia nutricional.....	12
2.9 Manejo agronómico.....	14
3.0 Nutrición.....	15
3.0.1 Nutrición química.....	15
3.0.2 Nutrición orgánica.....	17
3.1 Sustratos.....	18
3.2 Variedades en México.....	19
3.2.1 Festival.....	20

3.2.2 Camino real.....	20
3.2.3 Albi3n.....	21
3.2.4 San Andreas.....	21
3.3 Plagas.....	22
3.3.1 Araña roja ( <i>Tetranychus spp.</i> ).....	22
3.3.2 Trips ( <i>Frankliniella occidentalis, Thrips tabaci</i> ).....	23
3.3.3 Mosca blanca ( <i>Trialeurodes packard, T. vaporariorum</i> y <i>Aleyrodes spiroeoides</i> ).....	24
3.4 Enfermedades.....	24
3.4.1 Mancha de la hoja ( <i>Mycosphaerella fragariae</i> ).....	25
3.4.2 Podredumbre gris ( <i>Botrytis cinerea</i> ).....	25
3.4.3 Oidium ( <i>Oidium sp.</i> ).....	26
3.4.4 Tiz3n de la hoja ( <i>Phomopsis obscurans</i> ).....	27
<b>III MATERIALES Y M3TODOS.....</b>	<b>28</b>
3.1 Localizaci3n del sitio experimental.....	28
3.2 Material gen3tico .....	30
3.3 Descripci3n y aplicaci3n de tratamientos.....	30
3.4 Descripci3n de los fertilizantes.....	31
3.4.1 Fertilizaci3n qu3mica.....	31
3.4.2 Fertilizaci3n org3nica .....	34
3.5 Variables evaluadas .....	35
3.5.1 Peso de fruto (PF).....	35
3.5.2 Di3metro polar (DP).....	35
3.5.3 Di3metro ecuatorial (DE).....	36
3.5.4 S3lidos solubles totales (SST).....	36
3.5.5 Frutos por tratamiento (FxT).....	37
3.5.6 Rendimiento por tratamiento (RTO).....	37



3.5.7 Altura de planta (AP).....	38
3.5.8 Diámetro de la corona (DC).....	38
3.5.9 Largo y ancho de una hoja trifoliada (LAHT).....	39
3.6 Análisis estadístico.....	39
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>41</b>
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>47</b>
<b>VI. LITERATURA CITADA.....</b>	<b>48</b>
<b>VII. APENDICE.....</b>	<b>54</b>



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Principales países productores en miles de toneladas.....	5
<b>Figura 2.</b> Principales estados productores de fresa en toneladas en México en 2022.....	7
<b>Figura 3.</b> Producción en miles de toneladas métricas de fresa en México de 2012 al 2023.....	7
<b>Figura 4.</b> Morfología de la planta de fresa.....	8
<b>Figura 5.</b> Planta de fresa Var. San Andreas ( <i>Fragaria x ananassa</i> Duch).....	10
<b>Figura 6.</b> Etapas fenológicas del cultivo de fresa.....	12
<b>Figura 7.</b> Vista microscópica de la araña de dos puntos y colonia en hoja y fruto de fresa.....	22
<b>Figura 8.</b> Adultos de trips ( <i>Frankliniella occidentalis</i> ) y ( <i>Thrips tabaci</i> ).....	23
<b>Figura 9.</b> Adulto de mosca blanca ( <i>Trialeurodes packardii</i> ) en el envés de una hoja.....	24
<b>Figura 10.</b> Hoja de fresa que muestra síntomas de infección con mancha foliar ( <i>Mycosphaerella fragariae</i> ).....	25
<b>Figura 11.</b> La lesión comienza debajo del cáliz de fresa, Infección de <i>B. cinerea</i> en fruto de fresa verde y propagación de fruta a fruta de <i>B. cinerea</i> .....	26
<b>Figura 12.</b> Hojas y frutos atacadas por Oídio.....	27

<b>Figura 13.</b> Presencia de ( <i>Phomopsis obscurans</i> ) en hoja de fresa.....	27
<b>Figura 14.</b> Fachada e interior del invernadero No. 5 (UAAAN).....	28
<b>Figura 15.</b> Distribución de los tratamientos en invernadero No. 5.....	29
<b>Figura 16.</b> Análisis del contenido nutrimental del lixiviado de lombriz, realizados en el laboratorio de Fertilab.....	34
<b>Figura 17.</b> Peso de fruto.....	35
<b>Figura 18.</b> Toma de diámetro polar.....	35
<b>Figura 19.</b> Toma de diámetro ecuatorial.....	36
<b>Figura 20.</b> Sólidos solubles totales (grados brix) en fruto.....	36
<b>Figura 21.</b> Número de frutos del tratamiento 5.....	37
<b>Figura 22.</b> Altura de planta tomada con una regla graduada de 30 cm.....	37
<b>Figura 23.</b> Frutos por tratamiento para peso total.....	38
<b>Figura 24.</b> Diámetro de la corona.....	38
<b>Figura 25.</b> Toma de ancho y largo en hoja trifoliada de la planta de fresa.....	39
<b>Figura 26.</b> Grafica biplot que muestra las variables-vector y la distribución de siete tratamientos de fertilización en fresa en base a los dos componentes principales.....	43
<b>Figura 27.</b> Grafica de líneas para diámetro polar en frutos de fresa Variedad San Andreas ciclo agrícola P-V, 2023 bajo condiciones de invernadero en el Campo Experimental Buenavista UAAAN.....	44

**Figura 28.** Grafica de líneas para diámetro ecuatorial en frutos de fresa Variedad San Andreas ciclo agrícola P-V, 2023 bajo condiciones de invernadero en el Campo Experimental Buenavista UAAAN.....44

**Figura 29.** Grafica de líneas para peso de fruto de fresa Variedad San Andreas ciclo agrícola P-V, 2023 bajo condiciones de invernadero en el Campo Experimental Buenavista UAAAN.....45

**Figura 30.** Grafica de líneas para frutos por tratamiento en frutos de fresa Variedad San Andreas ciclo agrícola P-V, 2023 bajo condiciones de invernadero en el Campo Experimental Buenavista UAAAN.....45

**Figura 31.** Grafica de líneas para rendimiento en frutos de fresa Variedad San Andreas ciclo agrícola P-V, 2023 bajo condiciones de invernadero en el Campo Experimental Buenavista UAAAN.....46

**Figura 32.** Grafica de líneas para sólidos solubles totales en frutos de fresa Variedad San Andreas ciclo agrícola P-V, 2023 bajo condiciones de invernadero en el Campo Experimental Buenavista UAAAN.....46

## RESUMEN

La fresa es apreciada por su aroma, color, textura y valor nutricional. En México es un cultivo con una gran rentabilidad, por lo tanto se deben buscar diversas alternativas de producción, amigables con el medio ambiente. El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de fertilizantes orgánicos e inorgánicos en la producción de frutos y calidad de fresa. Durante el ciclo agrícola Primavera-Verano, 2023 en el Campo Experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro en Buenavista, Saltillo, Coahuila, bajo invernadero en un tipo Túnel de mediana tecnología. La variedad utilizada fue San Andreas en donde se evaluaron las variables peso de fruto (PF), diámetro polar (DP), diámetro ecuatorial (DE), sólidos solubles totales (SST), frutos por tratamiento (FxT), rendimiento por tratamiento (RTO) en siete tratamientos, bajo fertilización química y orgánica, más el tratamiento testigo, bajo un diseño completamente al azar, en donde se realizó un análisis de varianza y una prueba de comparación de medias, mediante la prueba de Tukey ( $P \geq 0.05$ ), utilizando el programa estadístico Minitab 16. Los resultados obtenidos mostraron diferencias altamente significativas ( $p \leq 0.01$ ) para las variables: peso de fruto, frutos por tratamiento, sólidos solubles totales, rendimiento por tratamiento y significativas ( $P \leq 0.05$ ) para la variable diámetro polar, entre los tratamientos evaluados. La nutrición química y orgánica en el cultivo de fresa, bajo condiciones de invernadero, presentó resultados diferentes en las variables agronómicas de rendimiento, frutos por tratamiento, sólidos solubles totales, peso de fruto, diámetro polar y diámetro ecuatorial de fruto, destacando la fertilización inorgánica, sobre la orgánica, la cual puede utilizarse en combinación de ambas fuentes de nutrición, para obtener respuesta favorable en el crecimiento y desarrollo de la planta, como una alternativa en los sistemas de producción agrícola del cultivo de fresa, considerando el costo actual de los fertilizantes inorgánicos.

**Palabras clave:** Fertilización, química, orgánica, frutos

## I. INTRODUCCIÓN

El cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) es una planta perteneciente a la familia Rosácea, con atributos de calidad física y bioquímica, por su gran cantidad de azúcares y minerales, además contiene compuestos nutraceuticos, tales como fenoles y flavonoides, los cuales tienen propiedades antioxidantes (Llacuna y Mach, 2012). Además, se destaca por su contenido de vitamina C, taninos, antocianinas, catequina y ácidos orgánicos (cítrico, málico, oxálico).

La fresa es una de las frutas de mayor aceptación mundial y a su vez, tiene diversos usos, entre los que se encuentran su exportación e importación como producto fresco, en la industria alimenticia, como saborizante o repostería, entre otros (Kessel, 2012).

La fresa destaca por su calidad nutritiva (Hernández *et al.*, 2022) y propiedades organolépticas como sabor, color, tamaño, forma y su pulpa firme (López-Valencia *et al.*, 2018). Además, posee mayor actividad antioxidante que otras frutas como la toronja, naranja, uva roja, kiwi, manzana, tomate, pera y melón.

La fresa representa una fuente relevante de micronutrientes, como minerales, vitamina C, ácido fólico y sustancias fenólicas, la mayoría de los cuales son antioxidantes naturales y contribuyen a la alta calidad nutricional de la fruta. Todos estos compuestos son esenciales para la salud y, en particular, los fenólicos de fresa son más conocidos por su acción antioxidante y antiinflamatoria, y poseen directa e indirectamente propiedades antimicrobianas, antialérgicas y antihipertensivas, así como la capacidad de inhibir las actividades de algunas enzimas fisiológicas y propiedades receptoras. Por la importancia que representa este cultivo, se realizó el presente trabajo de investigación con los siguientes objetivos:

### **1.1 Objetivo general**

Evaluar el efecto de fertilizantes orgánicos e inorgánicos en el desarrollo de la planta de fresa y calidad de frutos.

### **1.2 Objetivos específicos**

Evaluar el rendimiento (número y diámetro) de frutos por planta.

Evaluar el contenido de sólidos solubles totales en fruto.

### **1.3 Hipótesis**

Hi. Al menos uno de los tratamientos de fertilización, presentará una respuesta favorable en el crecimiento y desarrollo de la planta, rendimiento y calidad de fruto superando al testigo.

Ho. Ninguno de los tratamientos de fertilización, presentará una respuesta favorable en el crecimiento y desarrollo de la planta de fresa y calidad de fruto que superen al testigo.



## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Origen del cultivo

El género *Fragaria* pertenece a la familia *Rosaceae*. Darrow (1966) menciona en su libro, que la historia registrada de las Fragas se remonta a los años del 23 al 79 D.C. en los escritos de Plinio. En el año 1300, el norte de Europa, incluida Francia, cultivaban la fresa del bosque, *Fragaria vesca* L., que era apreciada tanto por sus flores como por sus frutos. También se cita que en América del Norte se cultivaba la fresa nativa, *Fragaria virginiana*, que era una planta capaz de soportar altas y bajas temperaturas. A principios del año 1600, *F. virginiana* fue llevada a Europa desde América del Norte. En la primera década de 1700, exploradores encontraron una fresa silvestre en Chile (*Fragaria chiloensis*), que producía frutos de gran tamaño, pero que no todos los climas eran aptos para esta especie (Husaini y Zaki, 2016).

Las fresas almizcladas, *Fragaria moschata*, también se cultivaron en Europa y Rusia durante siglos. Estas plantas producen frutos de color rojo claro a púrpura y tienen un sabor vinoso fuerte como la uva moscatel. Según Darrow (1966) en 1714, tuvo lugar el evento más importante en la historia de la fresa moderna, puesto que un miembro del ejército francés llamado Amédée-Francois Frézier, volvió de su servicio en Perú y Chile con algunas plantas de *F. chiloensis*. Cuando llegó a Francia, repartió sus plantas, así una de ellas fue cruzada con *F. virginiana* (Hancock y Luby, 1995). Por lo tanto, se obtuvo un híbrido natural que conjunta una planta resistente con fruta grande desarrollada por cruce natural. Este híbrido natural fue llamado *Fragaria x ananassa* Duch., y muchas especies anteriores han sido suplantadas por su cultivo desde entonces (Husaini y Zaki, 2016).

La fresa *Fragaria x ananassa* es un octoploide ( $2n = 8x = 56$ ) que se originó a partir de una hibridación natural, que se cree que se originó en Francia, entre las dos especies octoploides *F. virginiana* (origen norteamericano) y *F. chiloensis* (origen sudamericano); (Universidad Estatal de Washington, 2016).

## 2.2 Importancia económica

La fresa es una fruta pequeña importante en todo el mundo, tiene un sabor atractivo y un alto contenido de nutrientes esenciales que benefician la salud humana (Giampieri *et al.*, 2012).

Desde un punto de vista social, la producción de fresas genera empleo en numerosos niveles de la cadena productiva: desde los agricultores y trabajadores del campo, pasando por los involucrados en la logística, hasta llegar a los puntos de venta. Además, en varias regiones, la recolección de fresas se ha convertido en una tradición familiar, donde generaciones han cultivado y cosechado este fruto, consolidando la identidad cultural y el tejido social de comunidades enteras (Bastida, 2024).

Económicamente, la fresa representa un cultivo de gran valor, especialmente en regiones donde la producción está destinada tanto al consumo interno como a la exportación. Según la FAO, en los últimos años, la fresa se ha posicionado como uno de los frutos con mayor demanda en el mercado internacional, lo que se traduce en significativos ingresos para los países productores.

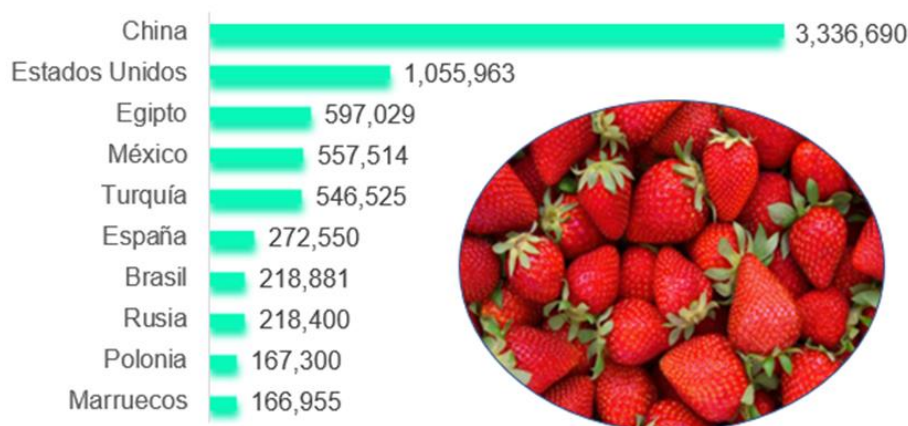
Estas ganancias, no sólo benefician directamente a los agricultores, sino que impulsan economías locales, fomentan la inversión en investigación y desarrollo agrícola, y promueven prácticas de cultivo sostenible para garantizar la calidad del producto y la salud del ecosistema (Bastida, 2024).

Sin embargo, es vital mencionar que el cultivo intensivo de fresa, también ha suscitado preocupaciones relacionadas con el uso de pesticidas y su impacto en la salud de los trabajadores y consumidores, así como en el medio ambiente. Esta realidad, ha impulsado la transición hacia prácticas agrícolas más sostenibles y la certificación de producciones orgánicas.

En este contexto, existe la necesidad de equilibrar la demanda del mercado con prácticas responsables que beneficien a todos los involucrados y una protección al entorno natural (Bastida, 2024).

### 2.3 Principales países productores

Los principales países productores de fresa son China con una producción de 3 336 690 t (35.3%), Estados Unidos de América (EE UU) con 1 055 963 t (15.3%), Egipto con 597, 029 y México con 557 514 t (8.2%), (Figura 1), los cuales aportan cerca de 59% de la producción mundial. Asimismo, los principales países exportadores de fresa son España con 304 314 t (32%), Estados Unidos de América con 146 385 t (15.4%) y México con 126 157 toneladas (13.3%), que concentran cerca de 61% de las exportaciones mundiales. Por otro lado, los principales importadores de fresa son Estados Unidos de América con 166 576 t (17.6%), Canadá con 110 487 t (11.7%) y Alemania con 108 407 t (11.4%), los cuales realizan alrededor de 41% de las importaciones en el mundo (FAOSTAT, 2020).



**Figura 1.** Principales países productores en miles de toneladas.

### 2.4 Producción nacional

El 52.2% de la producción nacional se destina al mercado externo, por lo que la fresa es un producto exitoso en el comercio internacional. México es el tercer proveedor de fresa fresca al mercado internacional, con 14.83% del valor de las exportaciones mundiales. En particular, las exportaciones mexicanas representaron 87.79% de las importaciones de Estados Unidos (SAGARPA, 2017).

La producción de fresa en México es importante, ya que representa 3% del producto interno bruto agrícola y 8.1% del valor de la producción frutícola a nivel nacional (SIACON, 2019). La fresa es el undécimo producto de exportación agrícola de México, por el valor que aporta en las exportaciones y México es el tercer productor y exportador de fresa en el mercado mundial. Las exportaciones mexicanas de fresa se destinan principalmente a los Estados Unidos de América, el cual importa el 99.7% de las exportaciones de México (FAOSTAT, 2020).

México cuenta con 14 771 hectáreas cultivadas de berries (fresa, frambuesa, zarzamora y arándano) en macro túnel. De la superficie anterior, 11 091 hectáreas son cultivadas de fresa, de las cuales 89.78% está mecanizada y 65.63% cuenta con tecnología de sanidad vegetal (SIAP, 2020). Este sistema tecnificado, permite obtener 50% más de rendimiento en comparación con el cultivo tradicional (a campo abierto y con labores agrícolas manuales), además de prolongar el período de cosecha (SAGARPA, 2016).

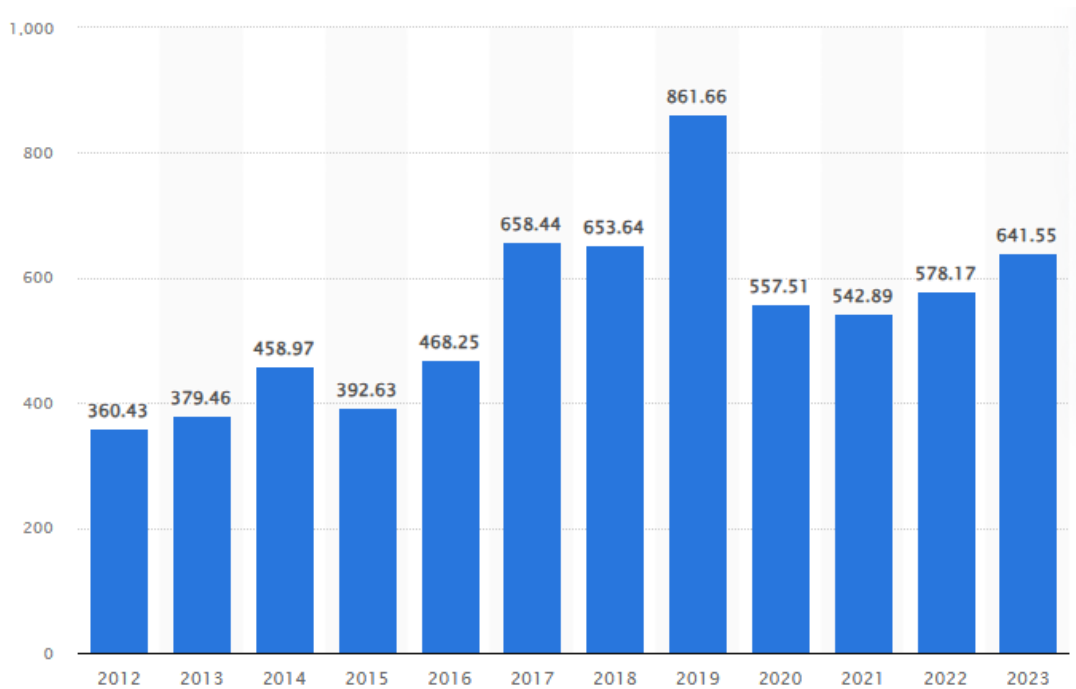
La producción de fresa en sistemas tecnificados, también permite controlar el régimen nutrimental; es decir, la cantidad de nutrientes para cada fase fenológica de la fresa y con ello optimizar el desarrollo, rendimiento y calidad de los frutos (Manqueros-Avilés, 2015).

Los estados productores de fresa en México son Michoacán, Baja California y Guanajuato, los cuales en conjunto aportan alrededor de 96% de la producción nacional (SIACON, 2019). México exportó 126 157 toneladas, que representó 19.2% de las 658 436 toneladas de la producción nacional de fresa (FAOSTAT, 2022).



Fuente: FAOSTAT, 2022.

**Figura 2.** Principales estados productores de fresa en toneladas en México en 2022.



Fuente: Statista, 2024.

**Figura 3.** Producción en miles de toneladas métricas de fresa en México de 2012 al 2023.

## 2.5 Taxonomía

El botánico francés Antoine Nicolas Duchesne se acredita con la identificación del híbrido natural *Fragaria x ananassa*. La fresa cultivada *Fragaria x ananassa* Duch.

**Reino** *Plantae*

**División** *Magnoliophyta*

**Clase** *Magnoliopsida*

**Orden** *Rosales*

**Familia** *Rosaceae*

**Subfamilia** *Rosoideae*

**Genero** *Fragaria*

Existen alrededor de 34 especies de *Fragaria* encontradas en Asia, América (Norte y Sur) y Europa, de las cuales dos se cultivan comercialmente por su fruto: *F. moschata*, la fresa almizclada y *F. vesca*, el bosque o la fresa alpina. Las especies fueron cultivadas durante siglos, pero hay muy poca producción, debido al éxito de *Fragaria x ananassa* (Neri, 2016).

## 2.6 Morfología de la planta



Fuente: Kirschbaum, 2021.

**Figura 4.** Morfología de la planta de fresa.

La planta de la fresa es perenne ya que, por su sistema de crecimiento, constantemente está formando nuevos tallos, que la hacen permanecer viva en forma indefinida (Ferriol, 2010).

Es una planta herbácea, que posee un sistema radicular fasciculado y adventicio, rizoma cilíndrico; el tallo está constituido por un eje corto de 1 a 3 cm, de aspecto cónico denominado corona que está cubierta por hojas basales superpuestas llamadas estípulas.

Los tallos rastreros al cabo de cierto estado emiten ramificaciones de gran longitud llamadas estolones, los cuales están constituidos normalmente por dos entrenudos de 10 a 20 cm de longitud y una yema terminal que forma una nueva planta al desarrollarse.

Las hojas son largamente pecioladas, compuestas trifoliadas, con bordes aserrados cubierta con tricomas en el envés de la hoja.

La flor está dispuesta en corimbo, una inflorescencia en la que los pedúnculos florales nacen en distintos puntos del eje de aquella y terminan aproximadamente a la misma altura.

Los pedúnculos son pilosos y constan de un cáliz de cinco pétalos blancos y de numerosos estambres amarillos insertados en los contornos de un receptáculo convexo (Ferriol, 2010; Folquer, 1986; Montesinos, 1993).

Lo que se conoce como fruta de fresa es en realidad un falso fruto, producto del engrosamiento del receptáculo floral, hipanto; sobre ese falso fruto se encuentran gran cantidad de semillas pequeñas, que son los frutos verdaderos, llamados aquenios (Ferriol, 2010; Folquer, 1986; Montesinos, 1993). La forma del fruto cambia según el cultivar y puede ser achatada, globosa-cónica, cónica, cónica-alargada con cuello, en cuña alargada y en cuña corta (Ferriol, 2010).



**Figura 5.** Planta de fresa var. San Andreas (*Fragaria x ananassa* Duch.). A. Corona y raíz, B. Hojas trifoliada, C. Flor, D. Fruto.

## 2.7 Etapas fenológicas

Las etapas fenológicas del cultivo de fresa se describen a continuación:

### **Desarrollo vegetativo**

En esta etapa comienza con la germinación de la semilla o, más comúnmente, con el trasplante de estolones o plantas jóvenes, y puede durar varios meses, dependiendo de las condiciones climáticas y de cultivo.

Durante este tiempo la planta desarrolla su sistema radicular y vegetativo, incluyendo hojas y tallos.

El buen desarrollo de esta fase es crucial para el soporte de las fases reproductivas posteriores. Se enfatiza en la importancia del riego adecuado, la nutrición balanceada y el control oportuno de malezas y plagas para establecer una planta sana y robusta.



## **Iniciación floral**

La iniciación floral en las fresas ocurre cuando las plantas se exponen a temperaturas bajas durante un periodo específico, lo que induce la diferenciación de las yemas florales.

Este proceso, conocido como vernalización, generalmente requiere entre 20 y 30 días con temperaturas inferiores a 7° C.

Durante esta etapa, no se observan cambios visibles en la planta, pero internamente se están desarrollando las estructuras que darán lugar a las flores.

## **Desarrollo de la flor**

Una vez completada la vernalización, las plantas comienzan a desarrollar flores. Esta etapa puede durar aproximadamente de 20 a 30 días. Se caracteriza por la aparición de botones florales, que inicialmente son pequeños y verdes, pero gradualmente crecen y se tornan blancos.

Este es un período crítico para la polinización y la formación de frutos, y requiere condiciones óptimas de humedad y temperatura.

## **Floración**

La floración en la fresa suele ocurrir entre 20 y 30 días después del inicio del desarrollo floral. Las flores se abren completamente, mostrando sus partes reproductivas.

Es un período crucial para la polinización, que puede ser natural o asistida. Las condiciones climáticas ideales incluyen temperaturas moderadas y baja humedad para favorecer la actividad de los polinizadores y evitar enfermedades fúngicas.

## **Desarrollo del fruto**

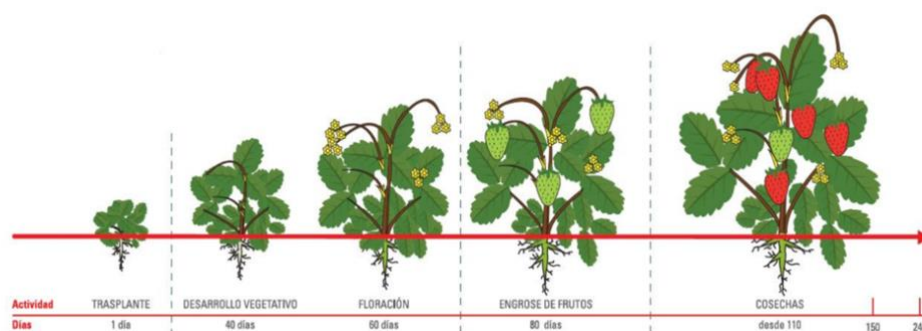
Tras la polinización y fecundación, comienza el desarrollo del fruto, que puede durar entre 30 y 45 días. En este período los ovarios de las flores incrementan su tamaño y se transforman en lo que conocemos como fresas.

Este proceso incluye cambios significativos en color, desde verde a rojo, y en la composición, como el aumento de azúcares y la disminución de ácidos. El riego y la nutrición son fundamentales para obtener frutos de buena calidad.

### Maduración

La maduración es la última fase y puede variar entre 3 y 7 días. Durante esta etapa, las fresas alcanzan su tamaño final, su color rojo característico y desarrollan su sabor y aroma distintivos. Es un período crítico en términos de manejo de cultivo, ya que los frutos son susceptibles a daños mecánicos y enfermedades.

La recolección suele realizarse cuando las fresas alcanzan su madurez óptima, lo cual es crucial para asegurar la calidad del producto final.



Fuente: AGRIPAC, 2010.

**Figura 6.** Etapas fenológicas del cultivo de fresa.

## 2.8 Importancia nutricional

La fresa (*Fragaria x ananassa*) es una fuente importante de compuestos bioactivos, debido a sus altos niveles de vitamina C, folato y componentes fenólicos, (Proteggente *et al.*, 2002) la mayoría de los cuales expresan capacidades antioxidantes relevantes in vitro e in vivo. Además, las fresas son económica y comercialmente importantes y ampliamente consumidas, en fresco o en formas procesadas, como mermeladas, jugos y jaleas. Es por eso que se encuentran entre

las bayas más estudiadas a partir de los métodos agronómicos, genómicos y nutritivos (Scalzo *et al.*, 2005, Wang y Lin, 2000).

La fresa destaca por sus cualidades nutritivas (Aguilar *et al.*, 2019; Hernández *et al.*, 2022) y organolépticas: su característico sabor, e intenso color, su tamaño y forma, y su pulpa firme (López-Valencia *et al.*, 2018). Otra cualidad que la distingue es que posee mayor actividad antioxidante que frutas como la toronja, naranja, uva roja, kiwi, manzana, tomate, pera y melón (Wang *et al.*, 1996; Carvajal de Pabón *et al.*, 2012).

Por la importancia del consumo de la fresa en fresco, es de suma relevancia la calidad física y sobre todo bioquímica, por su gran cantidad de azúcares y minerales, además de tener compuestos nutraceuticos tales como fenoles y flavonoides, los cuales tienen propiedades antioxidantes con capacidad de capturar radicales libres refieren que los productos vegetales con alto contenido nutraceutico son importantes para la salud humana al promover el equilibrio fisiológico, así como la reducción del riesgo de desarrollo de enfermedades crónico degenerativas, diabetes y cáncer (Vásquez *et al.*, 2007; Luna-Zapién *et al.*, 2016; Llacuna y Mach 2012).

**Cuadro 1.** Composición nutricional de la fresa fresca.

Tipo	Nutriente	Peso 100 g	
Proximales	Agua (g)	90.95	
	Energía (kcal)	32	
	Proteína (g)	0.67	
	Ceniza (g)	0.40	
	Lípidos totales (g)	0.30	
	Carbohidratos (g)	7.68	
	Fibra dietética (g)	2.0	
	Azúcares (g)	4.89	
	Sacarosa (g)	0.47	
	Glucosa (g)	1.99	
	Fructosa (g)	2.44	
	Minerales	Calcio (mg)	16
		Hierro (mg)	0.41
Magnesio (mg)		13	
Fosforo (mg)		24	
Potasio (mg)		153	
Sodio (mg)		1	
Zinc (mg)		0.14	
	Cobre (mg)	0.048	

	Manganeso (mg)	0.386
	Selenio(µg)	0.4
Vitaminas	Vitamina C (mg)	58.8
	Tiamina (mg)	0.024
	Riboflavina (mg)	0.022
	Niacina (mg)	0.386
	Acido pantoténico (mg)	0.125
	Vitamina B6 (mg)	0.047
	Folato (µg)	24
	Colina (mg)	5.7
	Betaína (mg)	0.2
	Vitamina B12 (µg)	0
	Vitamina A, RAE (µg)	1
	Luteína + zeaxantina (µg)	26
	Vitamina E, α- tocoferol (mg)	0.29
	B – tocoferol (mg)	0.01
	γ tocoferol (mg)	0.08
	δ- tocoferol (mg)	0.01
	Vitamina K, filoquinona (µg)	2.2

Fuente: Giampieri *et al.*, 2012.

## 2.9 Manejo agronómico

La preparación del terreno es fundamental para el establecimiento adecuado del cultivo. En la mayoría de los casos, los lechos de tierra elevada se fumigan para controlar nematodos, hongos y malezas. Sin embargo, debido a las nuevas regulaciones, la fumigación con químicos sintéticos se está volviendo difícil para los pequeños productores y las granjas cercanas a lugares públicos. Luego, los trasplantes se plantan y se riegan para su establecimiento entre mediados de septiembre y principios de octubre, cuando las temperaturas pueden alcanzar más de 30 °C (Brown *et al.*, 2003; Christman *et al.*, 2019).

Las frutas de fresa se cosechan dos o tres veces por semana en promedio cuando las bayas están completamente maduras, desde mediados de abril, hasta finales de junio. La planta de fresa puede infectarse por diferentes organismos, incluidos muchos artrópodos, nematodos, hongos, bacterias, virus y otras plagas (Garrido *et al.*, 2011).

## **3.1 Nutrición**

### **3.1.1 Nutrición química**

Los fertilizantes químicos contribuyen a un importante aporte de macronutrientes, los cuales pueden promover un mayor rendimiento por hectárea y a su vez, las plantas pueden expresar su máximo potencial.

#### **Agromil® Plus**

Es un bioestimulante elaborado con moléculas promotoras del desarrollo de alta reactividad cuyo fin es estimular eventos fisiológicos específicos tales como tamaño y uniformidad de fruto, favorecer el vigor de los brotes laterales y retrasar senescencia.

Es una herramienta con acción citocinínica, formulada con la tecnología ReactMax enfocado a estimular la división celular de órganos jóvenes (botones, flores y frutos), lo que produce como resultado el incremento en el tamaño y uniformidad de los frutos. Así mismo por su alta bioactividad puede estimular la brotación lateral y el retraso de la senescencia en los cultivos. Se recomienda durante la formación de coronas, al inicio de la floración y amarre con 8 días de intervalo de seguridad (Agroenzymas, 2020).

#### **FertiDrip®20-20-20**

Este fertilizante combina un adecuado balance de macronutrientes y micronutrientes. Se recomienda su aplicación, durante la etapa de crecimiento vegetativo de la planta, contiene microelementos, azufre y magnesio, necesarios para un vigoroso desarrollo de raíces, tallos y hojas, lo cual permite a la planta tener las reservas para las etapas de floración y cuajado de frutos. Además, esta formulación puede ser utilizada en producción de plántula en invernadero y almácigos, diluyéndolo en el agua de riego a razón de 0.5 gr. por cada litro de agua (Delta, 2024).

### **Fertilizante foliar Fertiplus®**

Es un concentrado nutricional biodegradable, compuesto de ácidos húmicos y adicionado con NPK y microelementos a base de Fe, Mn, Zn y Bo, el cual en las aplicaciones al suelo estimula los procesos fisiológicos y bioquímicos de las plantas, incrementando la fertilidad y mejorando la estructura de los mismos. Los ácidos húmicos son reserva de nutrientes para las plantas y por su acción quelatante transforman en asimilables los elementos en el suelo no disponibles para las plantas, además de estimular el crecimiento de colonias de microorganismos que actúan en la descomposición de los residuos de las cosechas en los suelos permitiéndole a la vez una mayor penetración de agua y aire (Agahusa, 2024).

### **Magic root®**

Es una fórmula especialmente diseñada para estimular el crecimiento de las raíces en todo tipo de plantas, actúa sobre la división y elongación celular, promoviendo el rápido y efectivo crecimiento de las raíces.

Fertilizante enraizador que estimula el crecimiento de las raíces y produce un vigoroso desarrollo inicial de plántulas en trasplantes, almácigos, y cultivos de siembra directa. Cuando las plantas tienen un buen arranque, resisten mejor las enfermedades, ataques de plagas y muchos otros factores que limitan su crecimiento y desarrollo (Biorganic S.A., 2019).

#### **Ventajas:**

- Permite incentivar a la flora microbiana existente, aumentar la fertilidad y la calidad general de las plantas.
- Es de fácil aplicación y permite tener raíces más fuertes, para proporcionar mayor resistencia, evitando que se desgasten o sequen por agentes externos que suelen debilitarlas.

## **Fertihumus® (Ácidos húmicos y fúlvicos)**

Las sustancias húmicas actúan principalmente sobre las propiedades físicas y químicas del suelo. En el caso de las propiedades físicas del suelo se mencionan: formar agregados y mejorarla estructura del suelo, ya que se unen a las arcillas; favorecer la penetración del agua y su retención, disminuir la erosión y favorecen el intercambio gaseoso.

Los ácidos fúlvicos son moléculas de bajo peso molecular, extremadamente complejas, solubles en agua, ya sea a pH ácido o básico. Estos ácidos reflejan la naturaleza de las plantas y especies de los microorganismos que les dieron origen durante el proceso de humificación, por ello, el color amarillo rojizo o amarillo marrón que los caracteriza.

Los ácidos fúlvicos, así como los ácidos húmicos actúan de manera similar en el suelo, ya que ambos incrementan la velocidad de germinación de las semillas y estimulan la proliferación de la microflora presente en el suelo (Fertilab, 2018).

### **3.2 Nutrición orgánica**

La lombricultura es una técnica que tiene por objeto la reconversión de residuos biodegradables, reciclándolos y a su vez transformándolos en fertilizantes orgánicos. Esto representa una alternativa para el manejo de los desechos orgánicos que se vuelven contaminantes, y el empleo en la agricultura del producto generado en esta actividad, proporciona beneficios tangibles, dado que favorece la fertilidad del suelo, mejora las propiedades físicas, químicas y biológicas del mismo, y los cultivos son menos vulnerables a plagas y enfermedades.

#### **Lixiviado de lombriz**

Es un biofertilizante natural que contiene macroelementos como el nitrógeno, fósforo, y potasio, así como microelementos (zinc, fierro, cobre, manganeso, molibdeno, boro, calcio, magnesio, azufre y sodio), nutrientes indispensables para el crecimiento y desarrollo de las plantas, además de contener algunas enzimas,

proteínas, aminoácidos y microorganismos benéficos, siendo este un biofertilizante ideal para su aplicación en todos los cultivos, ya sea por medio del riego o por aspersión (INIFAP, 2011).

Algunos de los beneficios del humus y lixiviado de lombriz son:

- Aumenta la biomasa de microflora y microfauna, presentes en los suelos agrícolas y estimula el desarrollo, crecimiento, madurez y salud radicular. Mantiene y retiene la humedad en el suelo por más tiempo.
- Reduce la conductividad de los suelos salinos a través del agrupamiento de arcillas. Balancea y corrige el pH en suelos ácidos (lo nivela entre 6.5 y 7.8).
- Promueve, aumenta y equilibra el desarrollo de hongos benéficos presentes en el suelo.
- Aumenta la producción en los cultivos agrícolas por efecto de la materia orgánica y disminuye la actividad de áfidos y otros parásitos dañinos para el cultivo, en la rizosfera.
- Ayuda a reducir la contaminación de los suelos por el uso indiscriminado de insumos químicos y es rápidamente asimilado por la raíz y por las estomas en la filósfera.

### **3.3 Sustratos**

Un sustrato es todo material sólido, orgánico o inorgánico, en el que se desarrollan las raíces de las plantas, que colocado en un contenedor en forma pura o mezclado, permite el anclaje del sistema radical y da soporte a la planta (Sánchez *et al.*, 2004). Sobre todo, un aspecto importante a considerar del sustrato es la granulometría, la cual determina el tamaño y distribución de los poros, así como la proporción agua aire y en consecuencia el régimen de riego y el desarrollo de las plantas (Vargas-Tapia *et al.*, 2008).



## **Peat Moss**

Es un sustrato que se forma de una masa esponjosa y ligera que, dependiendo de los componentes que lo integran puede ser café o negro, lo cual también va a definir sus propiedades físicas y químicas. Asimismo, debido a estas características es fácil de manipular, inclusive gracias a su versatilidad se puede mezclar con otros sustratos para potenciar sus propiedades, lo cual permite obtener mayores rendimientos a la hora de cultivar al mismo tiempo que se cuida al medio ambiente.

Cabe señalar que este tipo de sustrato es un material orgánico compacto que tiene la capacidad de retener hasta 20 veces su peso seco en agua. Otra de sus características es que cuenta con una buena retención de humedad en un 70 por ciento, con un 20 por ciento de aireación y un alto contenido de materia orgánica, por esta razón se recomienda principalmente para cultivar melón o sandía, además se puede utilizar para la germinación y desarrollo de diferentes plántulas, ya que no interviene en su crecimiento (Hidroponía, 2017).

## **Termolita**

Es perlita mineral expandida que cuenta con granulometría y densidad controladas para ser utilizada como sustrato en la producción de hortalizas en invernaderos.

El objetivo de su uso es generar un entorno radicular con una excelente relación de aireación-retención de agua y nutrientes (Hortipel, 2023).

### **3.1 Variedades en México**

En México, las variedades que mayormente se cultivan de fresa son extranjeras, y han sido desarrolladas por la Universidad de California y la Universidad de Florida, ambas en USA, entre las que se encuentran: Festival, Camino Real, Albión y San Andreas. Recientemente, se han liberado 'CP Zamorana' y 'CP Jacona' como dos nuevas variedades de fresa creadas por el Colegio de Postgraduados en México.

Cada variedad de fresa tiene características específicas, tales como: el rendimiento, época de producción, resistencia a plagas y enfermedades, sabor, color, tamaño, entre otras. Sin embargo, éstas se pueden expresar de manera diferente, dependiendo de la región donde se establezcan (Rodríguez-Bautista *et al.*, 2012).

### **Festival**

Es una variedad líder en los estados de Guanajuato, Michoacán, Estado de México y Sinaloa. Produce fruta abundante y de excelente calidad, tanto para consumo en fresco como para la industria. Es una planta vigorosa de fotoperiodo corto, en invierno tiene una producción temprana, consistente y uniforme, es gran productora de estolones y presenta un rendimiento de 13,240 kg de fruta por hectárea (Santoyo y Martínez, 2010). El fruto de fresa es brillante y rojo de forma cónica, de textura firme con excelente sabor, mantiene un tamaño mediano a grande a lo largo de la producción. Es susceptible a antracnosis (*Colletotrichum maculatum*), pudrición de corona (*Colletotrichum gloeosporoides*) y bacterias.

### **Camino Real**

Esta es la variedad con mayor demanda de los materiales que produce la Universidad de California. Produce frutos de primera calidad, es una planta pequeña y erecta (fácil de manejar), permite grandes densidades de plantación y facilita la recolección. El fruto es firme y de color rojo oscuro por dentro y por fuera. Es muy resistente a daños por lluvia y sin problemas de polinización, es decir, el porcentaje de deformación es muy baja y por lo tanto el porcentaje de fruta de segunda calidad es considerablemente bajo; tiene buena adaptación a las condiciones climáticas. Es una variedad de día corto que inicia su producción un poco más tarde que otras (en México la conocen como variedad tardía pues comienza a producir a mediados de noviembre). Es una Variedad muy tolerante a enfermedades importantes como: *Phytophthora*, *Verticillium* y *Anthracois*. También tiene tolerancia a

*Tetranychusurticae*, *Xanthomonas* y a las manchas comunes de la hoja. Presenta sensibilidad a las aspersiones con azufre (Eurosemillas, 2020).

### **Albi3n**

Es la segunda variedad en importancia de la Universidad de California, es precoz y los productores la clasifican como muy buena. Su fruta es de calidad excelente tanto para exportaci3n como para el mercado nacional. Es una variedad de d3a neutro, moderadamente vigorosa con alta resistencia a condiciones climatol3gicas adversas, adem3s de poseer altos rendimientos. Presenta una excepcional calidad organol3ptica del fruto y sabor. El fruto es grande de excelente sabor, color rojo interno y externo. Es tolerante a la mayor3a de pat3genos en el suelo (*Verticillium*, *Phytophthora*), moderadamente tolerante a cenicilla (*Sphaerotheca macularis*) y araña roja (*Tetranychus urticae*); (D3az *et al.*, 2012; Eurosemillas, 2020).

### **San Andreas**

Es una variedad muy productiva, con un periodo de producci3n muy largo que permite llegar a los mercados cuando se alcanzan los mejores precios, ya que es m3s temprana y tard3a que el resto, con lo cual apenas encuentra competencia. Su fruta es muy firme, de color rojo medio brillante y sabor y olor excelente. Es una variedad de d3a neutro moderado, de excelente calidad de fruta (similar a Albi3n), excelente sabor, con poca necesidad de fr3o en vivero. Posiblemente, la primera variedad de d3a neutro que se adapta a los mercados de variedades de d3a corto. Produce muchos menos estolones que Albi3n cuando est3 en producci3n de fruta. Es muy resistente a *Phytophthora* y *Antracnosis*, presenta menos incidencias de botrytis (*Botrytis cinerea*) y o3idio (*Podosphaera aphanis*); (Eurosemillas, 2020).

## 3.2 Plagas

### Araña roja (*Tetranychus spp.*)

Este ácaro de cuerpo globoso y naranjado en estadio adulto, es una de las plagas más graves de la fresa. Inverna en plantas espontáneas o en hojas viejas de fresa para atacar a hojas jóvenes con la llegada del calor (Asociación Regional de Exportadores de Lambayeque AREX 2013).

Con condiciones climáticas favorables, cada generación se completa en aproximadamente 20 días. Su daño se manifiesta desde comienzos de la época seca, observándose en el envés de las hojas toma una coloración café rojiza, secándose en muchos casos.

Control químico: se recomienda abamectina, y la literatura recomienda también otros productos como Cyhexatin, Tetradifon, Kelthane, Propargite y Azociclotin (Universidad de Concepción, 2008).



Fuente: wa.gov.au, 2014.

**Figura 7.** Vista microscópica de la araña de dos puntos y colonia en hoja y fruto de fresa.

### **Trips (*Frankliniella occidentalis*, *Thrips tabaci*)**

Son insectos delgados y muy pequeños, menos de 1 mm. Dañan con su estilete las flores, causando daño a los pistilos llegando a deformarlos como reacción a su saliva tóxica. Puede causar un bronceado del fruto alrededor del cáliz. Debe prevenirse su ataque atendiendo al número de formas móviles por flor que no deben superar los 10 individuos por flor, suelen aparecer con tiempo seco, aumentando su población cuando se eleva la temperatura. Altas poblaciones pueden inducir pérdida prematura de flores; además son transmisores de virus que afectan la producción (Olvera, 2012).

Control químico: Este método de control se puede realizar con insecticidas, como el acetamiprid del grupo de las piridinas, que también controla áfidos y mosca blanca.



Fuente: Dreamstime, 2024.

**Figura 8.** Adultos de trips (*Frankliniella occidentalis*) y (*Thrips tabaci*).

## **Mosca blanca (*Trialeurodes packardi*, *T. vaporariorum* y *Aleyrodes spiroeoides*)**

La mosca blanca de la fresa (*Trialeurodes packardi*), la mosca blanca de los invernaderos (*T. vaporariorum*) y la mosca blanca del iris (*Aleyrodes spiroeoides*) atacan los cultivos de fresa, especialmente cuando las plantas se encuentran bajo condiciones de estrés. Su aspecto ya es conocido, respondiendo los adultos a un color blanco polvoso y de unos 2 mm de largo. Los huevos son blancos y depositados verticalmente sobre la superficie inferior de las hojas. Las ninfas son aplanadas y de color amarillo pálido, las cuales chupan los jugos de las plantas y secretan una melaza pegajosa en la que crece el hongo de la fumagina (Sánchez, 2021).

Control. En los cultivos a campo abierto, el control se realiza básicamente, por métodos químicos. Una amplia gama de piretroides (cipermetrín, deltametrín, fenpropatrín, fluvalinato, bifentrín, permetrín, alfacipermetrín, cihelatrínlambda, ciflutrín) presentan aceptables niveles de eficacia, siendo recomendados con cierta asiduidad (InfoAgro, 2017).



**Figura 9.** Adulto de mosca blanca (*Trialeurodes packardi*) en el envés de una hoja.

### **3.3 Enfermedades**

La planta de fresa es altamente susceptible a una gran variedad de patógenos transmitidos por el suelo, incluidos los géneros *Verticillium*, *Phytophthora*

y *Colletotrichum*, que se consideran los patógenos más dañinos para este cultivo en el sistema de producción de fresas de los Estados Unidos (Amil-Ruiz *et al.*, 2011).

### **Mancha de la hoja (*Mycosphaerella fragariae*)**

Aparece como una mancha circular de 2 a 3 mm de diámetro sobre la hoja. Se dispersa por medio de ascosporas y de esporas, con temperaturas suaves y alta (Asociación Regional de Exportadores de Lambayeque AREX, 2013). Las manchas pequeñas son redondas de color rojizo a púrpura pudiendo causar destrucción de hojas.

Control. Se recomienda eliminar las hojas atacadas y/o realizar aplicaciones preventivas a base de Mancozeb (Universidad de Concepción, 2008).



Fuente: Curtis Swift, 2020.

**Figura 10.** Hoja de fresa que muestra síntomas de infección con mancha foliar (*Mycosphaerella fragariae*).

### **Podredumbre gris (*Botrytis cinerea*)**

Se desarrolla favorablemente en condiciones de alta humedad relativa y temperaturas entre los 15 y 20°C. La diseminación se realiza por medio de esporas, ayudándose de la lluvia o el viento (Asociación Regional de Exportadores de Lambayeque AREX, 2013).

Es un hongo que daña el fruto produciendo un ablandamiento, y cuando es muy severo se cubre completamente con vello gris. Puede penetrar al fruto sin

necesidad de heridas y durante la cosecha los frutos sanos pueden ser contaminados con esporas provenientes de otros infestados. Cualquier factor que tienda a producir daños como magulladuras o exceso de manipuleo en la cosecha favorece la propagación de la enfermedad.

Control. Puede ser preventivo, evitando el crecimiento muy abundante del follaje y con aplicaciones de Benomil y Captan, varias veces en la temporada de cosecha. La fruta debe ser lo antes posible (Universidad de Concepción, 2008).



Fuente: UF/IFAS, 2008.

**Figura 11.** La lesión comienza debajo del cáliz de fresa, Infección de *B. cinérea* en fruto de fresa verde y propagación de fruta a fruta de *B. cinerea*.

### **Oídio (*Oidium sp.*)**

Es un hongo muy común en áreas de gran humedad ambiental y frío. Los órganos más afectados son las hojas, cáliz de las flores y frutos. El síntoma más característico es el encorvamiento hacia arriba de los márgenes de las hojas, acompañando de un velo blanquecino. Si el ataque es muy severo, el envés de las hojas adquiere un color rojizo. Se recomienda aplicaciones sistémicas y azufres (Facultad de Ingeniería Agrícola, Universidad de Concepción, 2008).

Control. A base de productos químicos como el mycobutanil, Triflumazol, Pyraclostrobin, boscalid y quinoxifen (Boldá, 2013), indica que hay una selección amplia de fungicidas para su uso en el cultivo de fresa.





Fuente: Grupo Fragaria, 2022.

**Figura 12.** Hojas y fruto atacadas por Oídio.

### **Tizón de la hoja (*Phomopsis obscurans*)**

Esta enfermedad puede ser recurrente en condiciones de invernadero, donde el follaje permanece mojado o húmedo por tiempos prolongados. La enfermedad puede provenir desde el vivero y manifestarse en la plantación, donde las hojas nuevas son particularmente susceptibles, pero los síntomas son más visibles en las más viejas (Balbontin *et al.*, 2020).

Control. Algunos de los fungicidas que se utilizan para el control de *Phomopsis*, son clorotalonil, iprodione, azoxystrobin, cyprodinil y fludioxanil, los cuales controlan esta enfermedad (Morales *et al.*, 2017).



Fuente: Balbontin *et al.*, 2020

**Figura 13.** Presencia de (*Phomopsis obscurans*) en hoja de fresa.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Localización del sitio experimental

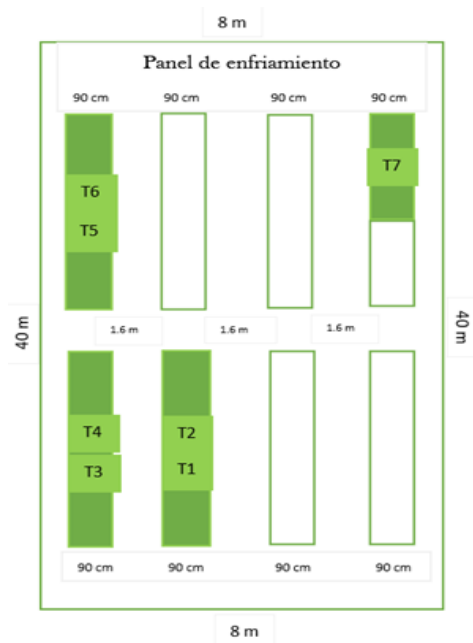
El presente trabajo de investigación se estableció durante el ciclo agrícola Primavera-Verano, 2023 en el Campo Experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN) en Buenavista, Saltillo, Coahuila. En un invernadero tipo Túnel de mediana tecnología (Figura 13) el cual se encuentra ubicado a una latitud de 25° 21'19.5" N, longitud de 101°01'49.7" W y a una altitud de 1,731 msnm (Google Earth, 2024). La temperatura promedio anual es de 18 a 22°C con un clima seco y semiseco.



Fuente: Elaboración propia, 2024.

**Figura 14.** Fachado e interior del invernadero No. 5 (UAAAN).

El invernadero tiene una estructura metálica y una cubierta de fibra de vidrio, cuenta con camas de siembra con una dimensión de 16 m lineales, 90 cm de ancho, 50 cm de altura y con panel de enfriamiento, el cual mantiene una temperatura en promedio de 21 °C ver (Figura 14).



Fuente: Elaboración propia, 2024.

**Figura 15.** Distribución de los tratamientos en las camas del invernadero No. 5.

En el Cuadro 2 se muestran las características de la parcela en invernadero.

**Cuadro 2.** Características del ensayo y parcela experimental.


Localidad	Buenavista, Saltillo.
Diseño estadístico	Completamente al azar
Número de tratamientos	7
Número de repeticiones	7
Fecha de trasplante	11 de febrero de 2023
Régimen hídrico	Riego manual/cintilla
Número de plantas por tratamiento	28
Número de hileras por cama	2
Número de plantas por metro lineal	4
Distancia entre plantas	30 cm
Distancia entre hileras	30 cm
Longitud de la cama	16 m
Fertilización	Química y orgánica*

\*Humus líquido de lombriz (Orgánico), Ácidos húmicos y fúlvicos (Fertihumus 12%), Fertilizante inorgánico enraizador (Magic Root), Fertilizante granulado (Fertidrip 20-20-20), Fertiplus (7-18-14 + Micronutrientes), Agromil Plus, Testigo (aplicación de agua, vía riegos)\*.

### 3.2 Material genético

El material que se utilizó fue la variedad “San Andreas”, se caracteriza por ser una variedad muy productiva, con un periodo de producción muy largo que permite llegar a los mercados cuando se alcanzan los mejores precios, ya que es más temprana y tardía que el resto, con lo cual apenas encuentra competencia. Es muy resistente a *Phytophthora* y *Antracnosis*, y presenta menos incidencias de *botrytis (Botrytis cinerea)* y *oídio (Podosphaera aphanis)*.

**Cuadro 3.** Identificación de la variedad utilizada en la evaluación de sus características agronómicas.

Cultivo	Nombre científico	Variedad	Imagen
Fresa	<i>Fragaria</i> x <i>ananassa</i>	San Andreas	

### 3.3 Descripción y aplicación de tratamientos

En el Cuadro 4 se describen los insumos aplicados en el experimento y las dosis correspondientes. Cada tratamiento se comenzó con la aplicación el día 10 de marzo de 2023.

La aplicación del lixiviado de lombriz se diluía en 20 litros de agua, fue en la superficie del suelo, alrededor y sobre la planta, se realizó la aplicación con una regadera manual cada 8 días, durante 3 meses después del trasplante.

La dosis de fertihumus®, se diluía en 20 litros de agua y se realizaba la aplicación en la superficie y alrededor de la planta con una regadera manual, cada 8 días, hasta los 3 meses después del trasplante.

La dosis de FertiDrip® y Magic Root® se aplicaban 30 g del producto aplicado en banda sobre el suelo, después de aplicarla se tapaba con la misma tierra, cada 8 días durante 3 meses, después de un mes del trasplante.

La dosis de Fertiplus® y Agromil Plus®, se diluía en 20 litros de agua y de igual manera se aplicaba en la superficie del suelo y en la planta con una regadera manual, cada 8 días durante 3 meses, después de 30 días después del trasplante.

**Cuadro 4.** Insumos utilizados en cada tratamiento y dosis por planta.

Tratamientos	Composición	Producto	Dosis/20 L Agua
T1	100% orgánico	Lixiviado de lombriz	2 L
T2	100% químico	Fertihumus	40 ml
T3	100% químico	FertiDrip triple 20	30 g
T4	100% químico	Magic Root	30 g
T5	100% químico	Fertiplus	20 ml
T6	100% químico	Agromil Plus	20 ml
T7	Testigo	Riego hídrico	

### 3.4 Descripción de los fertilizantes

#### 3.4.1 Fertilizantes químicos

##### FertiDrip® 20-20-20

Por su fórmula 20-20-20 se recomienda especialmente durante la etapa de crecimiento vegetativo, porque contiene microelementos, Azufre y Magnesio, necesarios para un vigoroso desarrollo de raíces, tallos y hojas que crearan las reservas que la planta requiere en la etapa de floración y cuajado de frutos (Cuadro 5).

**Cuadro 5.** Composición porcentual del fertilizante químico 20-20-20.

Macroelementos	Microelementos
Nitrógeno Nítrico..... 2.8%	Calcio (Ca) ..... 30 ppm
Nitrógeno Amoniacal ..... 2.4%	Azufre (S) ..... 1670 ppm
Nitrógeno Amídico..... 14.8%	Magnesio (Mg) ..... 540 ppm
Nitrógeno Total (N) ..... 20%	Fierro (Fe) ..... 600 ppm
Fósforo asimilable (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ). 20%	Zinc (Zn) ..... 800 ppm
Potasio soluble (k <sub>2</sub> O) ..... 20%	Manganeso (Mn) ..... 300 ppm
Ácidos Fúlvicos y Húmicos .....2%	Cobre (Cu) ..... 100 ppm
	Boro (B) ..... 200 ppm
	Molibdeno (Mo) ..... 10 ppm

## Fertiplus®

El fertilizante foliar Fertiplus®, incrementa la capacidad de intercambio catiónico y la fertilidad, ya que forma agregados que mejoran la estructura del suelo (Cuadro 6).

**Cuadro 6.** Composición porcentual del fertilizante foliar Fertiplus®.

Macroelementos	Microelementos
Ácidos Húmicos ..... 12%	Quelatos ..... 5%
Nitrógeno Total (N) ..... 8%	Fierro (Fe)..... 1%
Fosforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) ..... 20%	Zinc (Zn) ..... 1%
Potasio (K <sub>2</sub> O) ..... 2.4%	Manganeso (Mn) ..... 1%
	Boro (B) ..... 1%
	Diluyentes ..... 40%

## Fertihumus®

Los ácidos húmicos y fúlvicos constituyen una reserva de energía bioquímica disponible cuando el suelo se encuentra en condiciones de estrés (Cuadro 7).

**Cuadro 7.** Composición porcentual del fertilizante Fertihumus®.

Elementos	Ácidos húmicos	Ácidos fúlvicos
Carbono (%).....	53.8 – 58.7	40.7 – 50.6
Oxígeno (%).....	32.8 – 38.3	39.7 – 49.8
Hidrógeno (%).....	3.2 – 6.2	3.8 – 7.0
Nitrógeno (%).....	0.8 – 4.3	0.9 – 3.3
Azufre (%).....	0.1 – 1.5	0.1 – 3.6

## Magic Root®

Permite estimular el crecimiento de las raíces para un óptimo crecimiento, resistente y con un vigoroso desarrollo inicial de plántulas. Permite incentivar a la flora microbiana existente, aumentar la fertilidad y la calidad general de las plantas (Cuadro 8).

**Cuadro 8.** Composición porcentual del fertilizante enraizador Magic Root®.

Ingrediente activo	% en peso
Nitrógeno elemental (N).....	9.00%
Fosforo Asimilable (P <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ).....	48.00%
Potasio Soluble (K <sub>2</sub> O).....	13.00%
Quelatos (Fe, Mn, Zn, Cu, Mo, B).....	0.13%
Auxinas.....	2,900 ppm

## Agromil Plus®

Es un fitorregulador complejo con alto contenido de citoquininas. Trabaja directamente incrementando la tasa de división celular de los órganos que están en esta etapa sensible 2.0 (ml/L) Para mejorar uniformidad y vigor de brote, se recomienda aplicar al inicio de la brotación (Cuadro 9).

**Cuadro 9.** Composición porcentual del fertilizante Agromil Plus®.

Ingrediente activo	% en peso
Extractos de origen vegetal.....	83.39%
Citocininas.....	2081.90 ppm
Giberelinas.....	31.00 ppm
Auxinas.....	30.50 ppm
Vitaminas.....	947.95 ppb
Diluyentes y acondicionadores.....	16.61%

### 3.4.2 Fertilizantes orgánicos

#### Lixiviado de lombriz

El lixiviado y el humus de lombriz utilizado en el experimento fueron obtenidos del área de producción de abonos orgánicos de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN).

La muestra de lixiviado de lombriz, fue analizada en el laboratorio Fertilab® localizado en Celaya, Guanajuato, México (Figura 16).

DETERMINACIÓN	UNIDAD	RESULTADO	MUY BAJO	BAJO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO
pH	-	8.98					
Cond. Eléctrica	dS/m	7.60					
MACRONUTRIMENTOS			MUY BAJO	BAJO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO
Nitrógeno (N)	%	0.03					
Fósforo (P)	%	0.01					
Potasio (K)	%	0.28					
Calcio (Ca)	%	0.03					
Magnesio (Mg)	%	0.03					
Sodio (Na)	%	0.04					
Azufre (S)	%	0.02					
MICRONUTRIMENTOS			MUY BAJO	BAJO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO
Hierro (Fe)	ppm	5.08					
Cobre (Cu)	ppm	0.26					
Manganeso (Mn)	ppm	2.49					
Zinc (Zn)	ppm	1.03					
Boro (B)	ppm	2.08					
Níquel (Ni)	ppm	NA					
Molibdeno (Mo)	ppm	NA					
PROPIEDADES FÍSICAS			MUY BAJO	BAJO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO
Humedad	%	99.08					
Materia seca	%	0.92					
Materia Orgánica (MO)	%	0.33					
Cenizas	%	0.59					
Carbono orgánico (C)	%	0.19					
Relación C/N	-	6.91					

**Figura 16.** Análisis del contenido nutrimental del Lixiviado de lombriz, realizados en el laboratorio de Fertilab®.



### 3.5 Variables evaluadas

Una vez que el fruto estaba listo para ser cosechado, se recolectaron y se marcaron con el tratamiento correspondiente, posteriormente se trasladaron al lugar de la evaluación, para el registro de los datos en las variables que se muestran a continuación:

**3.5.1 Peso del fruto (PF).** Esta variable se determinó con la utilización de una báscula digital (Figura 17), en donde el peso se expresó en gramos.



**Figura 17.** Peso de fruto.

**3.5.2 Diámetro polar (DP).** Para medir esta variable, se utilizó un vernier digital (Figura 18), el cual se medía desde el centro del pedículo, hasta la parte basal del fruto esta variable se expresó en mm.



**Figura 18.** Toma de diámetro polar.

**3.5.3 Diámetro ecuatorial (DE).** Esta variable se determinó utilizando un vernier digital, midiendo de forma horizontal de un extremo al otro (Figura 19), cabe mencionar que la medida se realizó en la parte central del fruto esta variable se expresó en mm.



**Figura 19.** Toma de diámetro ecuatorial.

**3.5.4 Sólidos solubles totales (SST).** Para la determinación de esta variable, se utilizó un refractómetro (Figura 20), para obtener la lectura de los grados brix es necesario extraer unas gotas de jugo de los frutos, el cual es depositado en la lente del refractómetro, para obtener la lectura en grados brix.



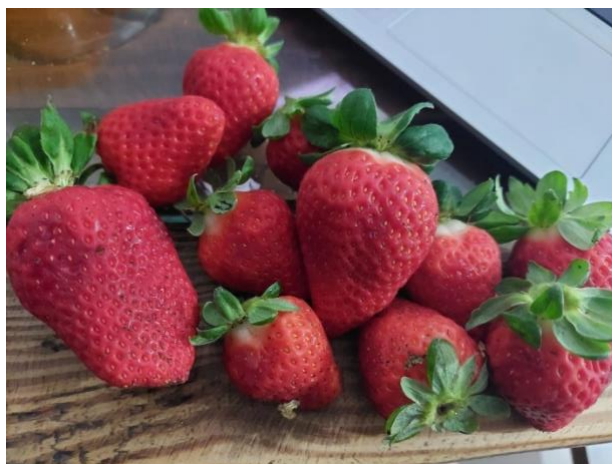
**Figura 20.** Sólidos solubles totales (grados brix) en fruto.

**3.5.5 Frutos por tratamiento (FxT).** Para obtener un dato preciso del número de frutos por tratamiento (Figura 21), fue necesario elaborar una base de datos para cada uno de los tratamientos, de esta forma cada vez que se colectaban los frutos se agregaban a la base correspondiente.



**Figura 21.** Número de frutos en el tratamiento 5.

**3.5.6 Rendimiento por tratamiento (RTO).** Para obtener un dato preciso del peso por tratamiento (Figura 22), fue necesario elaborar una base de datos, para cada uno de los tratamientos, de esta forma cada vez que se colectaban los frutos se agregaban a la base correspondiente.



**Figura 22.** Frutos por tratamiento para peso total.

Además, se tomaron lecturas de variables agronómicas en la planta de fresa, las cuales se presentan a continuación. Dichos datos, no fueron considerados para el análisis de los datos en las variables evaluadas.

**3.5.7 Altura de planta (AP).** La altura de planta se evaluó con una regla de 30 cm graduada de plástico, tomando como base el cuello de la planta, hasta la hoja superior o última.



**Figura 23.** Altura de planta tomada con una regla graduada de 30 cm.

**3.5.8 Diámetro de la corona (DC)**



**Figura 24.** Diámetro de la corona.

**3.5.9 Largo y ancho de una hoja trifoliada (LAHT).** Se realizó la lectura de largo y ancho de hoja en las plantas de fresa, considerando la parte basal cerca del área de la corona de la planta. Se consideraron tres lecturas en la hoja de la planta de fresa por cada tratamiento.



**Figura 25.** Toma de ancho y largo en hoja trifoliada de la planta de fresa.

### 3.6 Análisis estadístico

Las diferencias estadísticas entre los tratamientos se analizaron utilizando el análisis de varianza completamente al azar y la comparación de medias se realizó con la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ) utilizando el paquete estadístico Minitab 16.

El modelo es:  $Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij}$

Donde:

$Y_{ij}$  = observación del  $i$ -ésimo tratamientos en la  $j$ -ésima repetición.

$\mu$  = media general de la variable.

$T_i$  = efecto del  $i$ -ésimo tratamiento.

$E_{ij}$  = efecto del error experimental.

$i = 1, 2, \dots, t$  (tratamiento).

$J = 1, 2, \dots, r$  (repeticiones).



## Prueba de Tukey

Se realizó para comparar las medias de los seis tratamientos evaluados, utilizando la probabilidad de error  $\alpha=0.05$ ).

$$DMSH=q(\alpha, T, gl \text{ error}) S\ddot{X}$$

Dónde:  $q(\alpha, T, gl \text{ error})$  = al valor tabular de Tukey que se encuentra en tablas, con número de tratamientos  $T$ , los grados de libertad del error y nivel de significancia  $\alpha$ .

$$S\ddot{X} = \text{error estándar de la media} = \sqrt{CM_{\text{error}}/r}$$

CM error = cuadro medio del error;  $r$  = repeticiones.

El coeficiente de variación se estimó para cada una de las variables analizadas, en donde se utilizó la siguiente fórmula:

$$C. V. (\%) = \frac{\sqrt{CMEE}}{\bar{x}} \times 100$$

Donde:

C.V. = Coeficiente de variación

CMEE = Cuadrado medio del error experimental

$\bar{x}$  = Media general de tratamientos

100 = Constante para expresar el C.V. en porcentaje

Con los valores obtenidos se realizó un análisis de varianza y una prueba de comparación de medias, mediante la prueba de Tukey ( $P \geq 0.05$ ), utilizando el programa estadístico Minitab 16 (2009).

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la presente investigación se muestra el efecto de los tratamientos de fertilizantes orgánicos a base de lixiviado de lombriz, comparado con fertilizantes sintéticos, aplicados en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) Variedad San Andreas. En el Cuadro 10 se observa que se presentaron diferencias altamente significativas ( $p \leq 0.01$ ) para las variables: PF, FxT, SST, RTO, y significativas ( $P \leq 0.05$ ) para la variable DP entre los tratamientos evaluados. Los valores del coeficiente de variación se encuentran en un rango de 11.05 a 33.3 %, los cuales nos permiten afirmar la confiabilidad de los resultados obtenidos.

**Cuadro 10.** Cuadrados medios de las variables agronómicas evaluadas en siete tratamientos de fertilización en variedad de fresa San Andreas en el ciclo agrícola P-V 2023 en condiciones de invernadero en la UAAAN Buenavista, Saltillo.

F.V.	G.L.	Cuadrados Medios					
		DE <sup>1</sup>	DP	PF	FxTtr	SST	RTO
Tratamientos	6	178	393*	116.2**	6.882**	5.20**	7.196**
Error	42	131	189	31.9	0.730	1.06	0.363
Total	48						
Media		34.36	49.83	24.60	3.43	7.50	5.45
C.V. (%)		33.3	7.27	22.9	24.9	13.7	11.05

\*\*Altamente significativo al 0.01 de probabilidad, <sup>1</sup>DE= diámetro ecuatorial DP= diámetro polar, PF= peso de fruto, FxT= frutos por tratamientos (datos transformados), SST= sólidos solubles totales, RTO=Rendimiento por tratamientos.

En el Cuadro 11 se observa para la variable DE el mayor valor promedio se presentó en el T5 en el cual se utilizó fertilización química (Fertiplus®) con un valor de 40.50 mm y el T7 Testigo presento el menor valor con un promedio de 24.33 mm. Estos resultados son similares a los reportados por Caso *et al.*, (2010) en frutos de fresa con el sustrato de cascarilla de arroz y solución hidropónica

En base a la variable peso de fruto de fresa, concuerda con lo reportado por Posada (2011) que señala que obtuvo de 3,06 a 10,70 g. de peso fresco de fresa ya que los datos son similares, utilizado condiciones de invernadero.

Las características físicas del fruto son importantes, pero también lo es el grado de dulzura, entre otros atributos bioquímicos Juárez-Rosete *et al.*, (2007) con un valor de 11.75 °Brix, lo cual son similares a los obtenidos en esta investigación con fertilización, Roudeillac y Trajkovski (2004) señalan que la fresa debe estar entre 7 y 12 °Brix, para ubicarse entre las recomendaciones de calidad postcosecha. Giraldo (2006) reportó 9.3 °Brix en frutos de fresa, mientras que Martínez- Bolaños *et al.* (2008) alcanzaron valores de hasta 8.48 °Brix con el cultivar de fresa mexicano CP-Roxana. Núñez-Castellano *et al.*, (2012) evaluaron frutos de fresa en donde el resultado fue de 9.5 °Brix con el tratamiento sin inmersión en calcio, con cobertura plástico.

**Cuadro 11.** Comparación de medias entre tratamientos en la 1ª cosecha en la variedad de fresa San Andreas, ordenadas en base a la variable PF.

Tratamiento	DE <sup>1</sup> mm	DP mm	PF g	FxT no	SST °B	RTO g
5	40.50 a	58.46 a	30.57 a	16.857 a	7.286 ab	505.7 a
3	37.11 a	54.46 ab	27.00 a	12.000 a	8.381 a	324.2 a
6	34.28 a	52.07 ab	26.42 ab	15.429 a	7.762 a	429.0 a
1	34.72 a	51.26 ab	24.57 ab	14.714 a	7.286 a	370.0 a
2	34.89 a	49.15 ab	23.52 ab	15.571 a	6.990 ab	366.8 a
4	32.71 a	48.14 ab	22.52 ab	16.143 a	8.429 a	349.1 a
7	24.33 a	34.79 b	17.57 b	1.714 b	5.952 b	27.9 b
Tukey 0.05	18.95	22.75	9.35	10.14	1.70	279.47

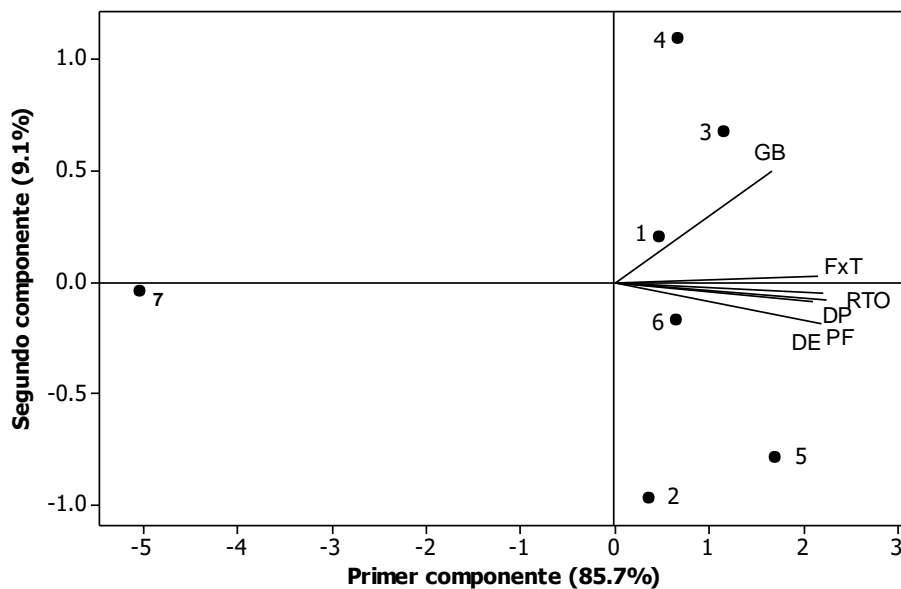
<sup>1</sup>DE= diámetro ecuatorial DP= diámetro polar, PF= peso de fruto, FxT= frutos por tratamientos (datos originales), SST= sólidos solubles totales (grados brix), RTO= rendimiento por tratamientos. Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.



**Cuadro 12.** Valores y vectores propios para los tres primeros componentes principales de variables evaluadas en fresa con siete tratamientos de fertilización.

	PC1	PC2	PC3
Valor propio	5.1402	0.5479	0.2736
Proporción (%)	0.857	0.091	0.046
Acumulada (%)	0.857	0.948	0.994
Variables	Valores propios		
DE	<b>0.424</b>	-0.344	0.056
DP	<b>0.436</b>	-0.145	0.105
PF	0.407	-0.165	<b>0.687</b>
GB	0.325	<b>0.907</b>	0.162
FxT	0.418	0.049	<b>-0.610</b>
RTO	<b>0.429</b>	-0.091	-0.341

DE= diámetro ecuatorial DP= diámetro polar, PF= peso de fruto, FxT= frutos por tratamientos (datos originales), SST= sólidos solubles totales grados brix.



DE= diámetro ecuatorial DP= diámetro polar, PF= peso de fruto, FxT= frutos por tratamientos (datos originales), SST= sólidos solubles totales (GB), RTO=Rendimiento.

**Figura 26.** Grafica biplot que muestra las variables-vector y la distribución de siete tratamientos de fertilización en fresa en base a los dos componentes principales.

En el Cuadro 13, se muestran las correlaciones existentes entre las variables evaluadas, donde diámetro ecuatorial (DE) esta estadísticamente influenciado por las variables diámetro polar (DP) y peso de fruto (PF), mientras que las variables sólidos solubles totales (SST) y frutos por tratamiento (FxT), sigue siendo una correlación positiva pero no significativa. El diámetro ecuatorial (DE), está altamente correlacionado con el diámetro polar (DP).

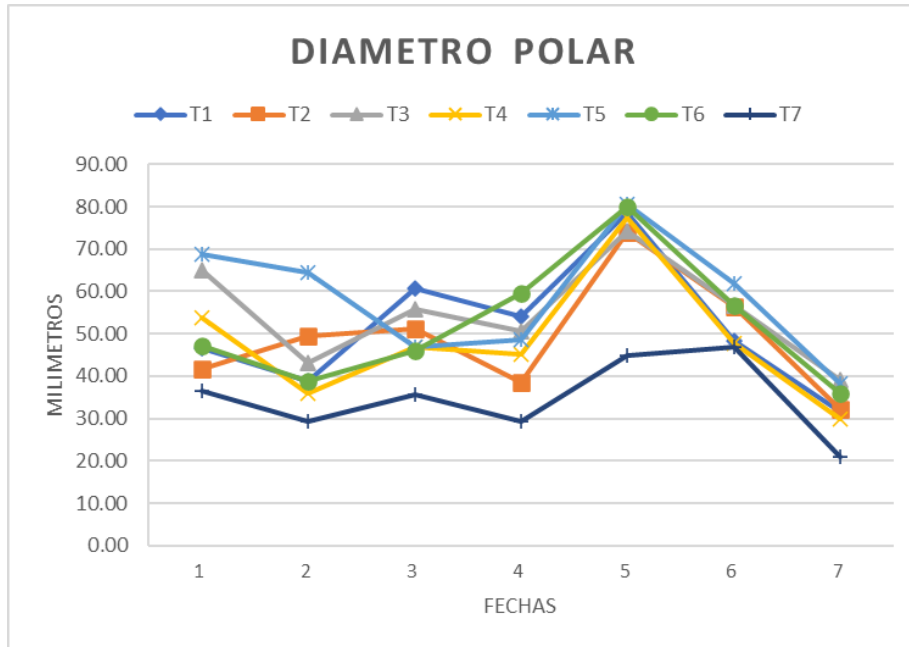
**Cuadro 13.** Correlaciones fenotípicas entre las variables consideradas en el ACP.

	DE	DP	PF	SST	FxT
DP	<b>0.986</b>				
PF	0.923	<b>0.938</b>			
GB	0.542	<b>0.662</b>	0.625		
FxT	0.894	<b>0.916</b>	0.753	0.695	
RTO	0.938	0.950	0.851	0.654	<b>0.975</b>

DE= diámetro ecuatorial, DP= diámetro polar, PF= peso de fruto, SST= sólidos solubles totales (grados brix), FxT= frutos por tratamientos (datos originales).

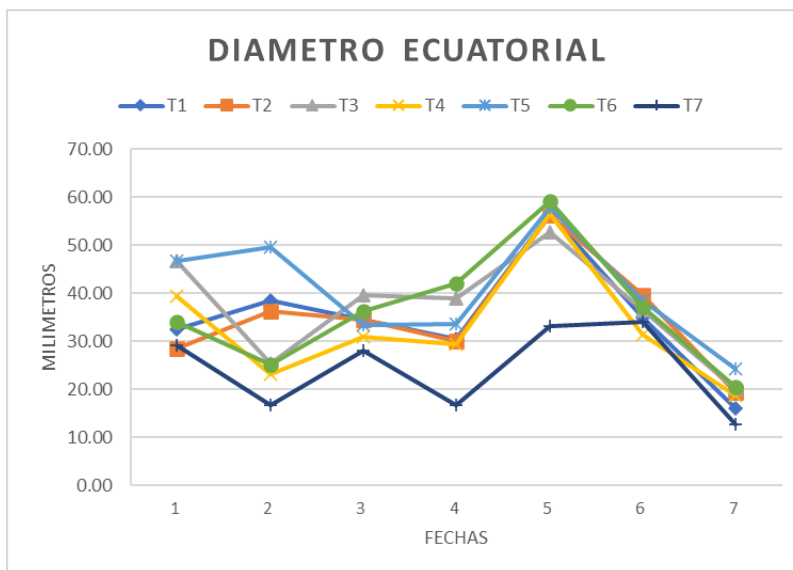
A continuación, en las siguientes graficas de líneas se muestran las variables agronómicas y fisiológicas evaluadas en la variedad de fresa San Andreas, en donde se muestra una tendencia el aumento y disminución de los valores en cada tratamiento, para cada una de las variables evaluadas en las diferentes fechas de cosecha de frutos de fresa.

En la Figura 27 en la gráfica de líneas se observa que el diámetro polar tiene aumento y disminución de acuerdo a los tratamientos evaluados, en donde se presentó el mejor promedio de 80 mm en el tratamiento seis (Agromil Plus) en la semana cinco y el menor promedio de 20 mm en el tratamiento siete (Testigo) en la semana siete, lo cual nos permite mostrar las diferencias entre tratamientos.



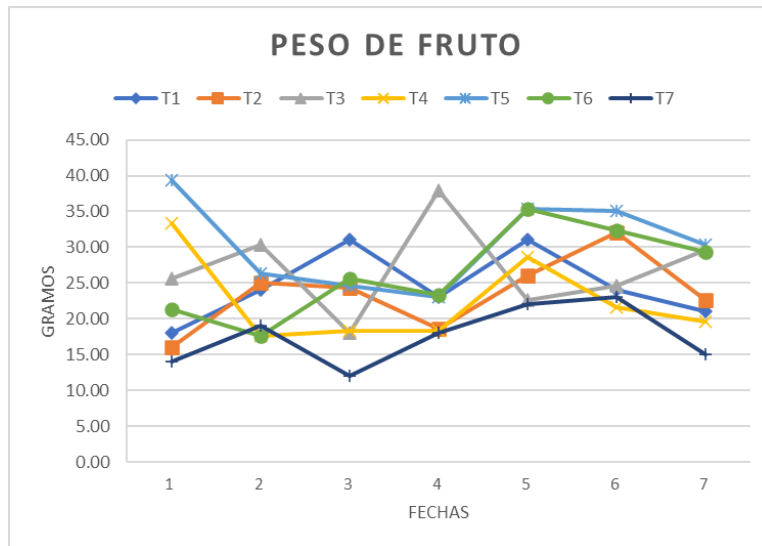
**Figura 27.** Grafica de líneas para diámetro polar en frutos de fresa Variedad San Andreas ciclo agrícola P-V, 2023 bajo condiciones de invernadero en el Campo Experimental Buenavista UAAAN.

En la Figura 28 se observa que el diámetro ecuatorial, muestra un aumento en el tratamiento seis (Agromil Plus) en la semana siete con un promedio de 60 mm y el menor en el tratamiento siete (Testigo) en la semana siete con un promedio de 12 mm, respectivamente.



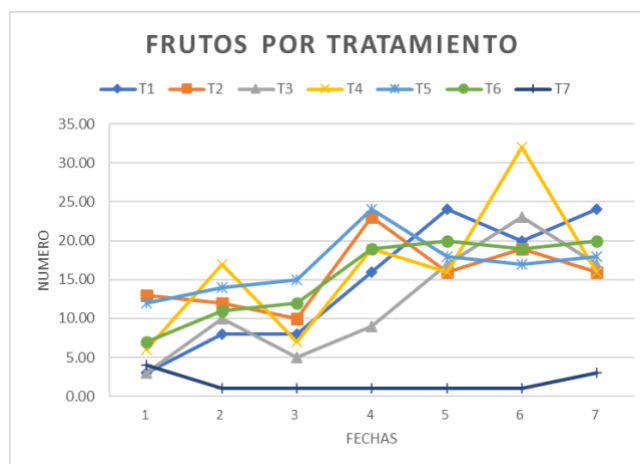
**Figura 28.** Grafica de líneas para diámetro ecuatorial en frutos de fresa Variedad San Andreas ciclo agrícola P-V, 2023 bajo condiciones de invernadero en el Campo Experimental Buenavista UAAAN.

En la Figura 29 se observa un aumento en el peso de fruto en el tratamiento cinco (Fertiplus) en la semana uno con un promedio de 40 g y a su vez, se muestra que existe una variación en las siguientes semanas, donde aumenta y disminuye significativamente, asimismo el menor peso se registró en el tratamiento siete (Testigo) en la semana tres con un promedio de 12 g.



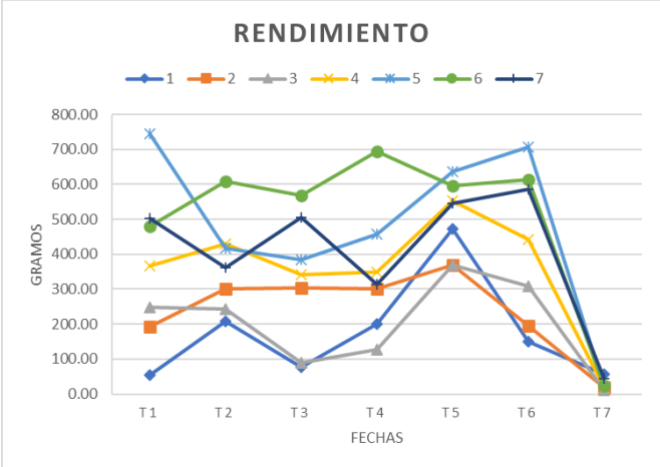
**Figura 29.** Grafica de líneas para peso de fruto de fresa Variedad San Andreas ciclo agrícola P-V, 2023 bajo condiciones de invernadero en el Campo Experimental Buenavista UAAAN.

En la Figura 30 se observa que se cosecharon un mayor número de frutos por tratamiento con un promedio de 33 frutos en el tratamiento cuatro (Magic Root) en la semana seis, y el menor número con un promedio de 1 fruto en el tratamiento siete (Testigo) de la segunda a la sexta semana.



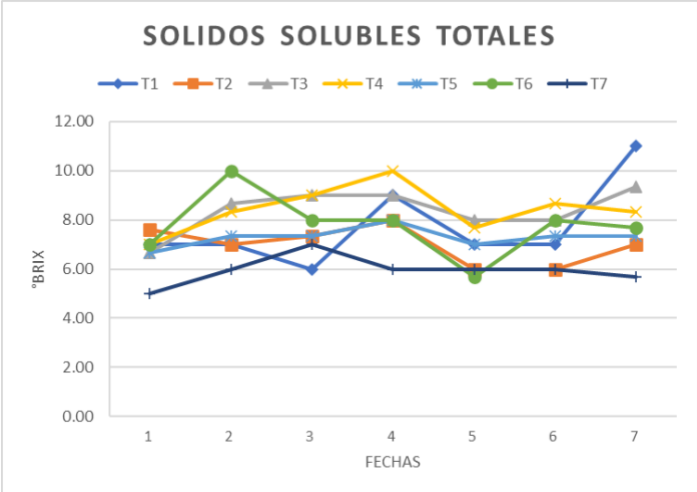
**Figura 30.** Grafica de líneas para frutos por tratamiento en frutos de fresa Variedad San Andreas ciclo agrícola P-V, 2023 bajo condiciones de invernadero en el Campo Experimental Buenavista UAAAN.

En la Figura 31 se observa que hay una variación en cada tratamiento evaluado, en donde el mejor rendimiento fue para el tratamiento cinco (Fertiplus) con un promedio de 755 g en la semana uno, y el menor rendimiento en el tratamiento uno (Lixiviado de lombriz) en la semana uno con un promedio de 60 g.



**Figura 31.** Grafica de líneas para rendimiento en frutos de fresa Variedad San Andreas ciclo agrícola P-V, 2023 bajo condiciones de invernadero en el Campo Experimental Buenavista UAAAN.

En la Figura 32 para los sólidos solubles totales ( $^{\circ}$ Brix) se muestra que el tratamiento uno (Lixiviado de lombriz) tuvo el mejor promedio de 11  $^{\circ}$ Brix en la semana siete, y el de menor con un promedio de 5  $^{\circ}$ Brix el tratamiento siete (testigo) en la semana uno.



**Figura 32.** Grafica de líneas para sólidos solubles totales en frutos de fresa Variedad San Andreas ciclo agrícola P-V, 2023 bajo condiciones de invernadero en el Campo Experimental Buenavista UAAAN.

## CONCLUSIONES

La nutrición química y orgánica en el cultivo de fresa, bajo condiciones de invernadero, presentó resultados diferentes en las variables agronómicas evaluadas: rendimiento por tratamiento, frutos por tratamiento, sólidos solubles totales, peso de fruto, diámetro polar y diámetro ecuatorial de fruto.

El tratamiento 5 con fertilización química (Agromil® Plus) presentó la mejor respuesta en las variables diámetro polar con un promedio de 58.46 mm y diámetro ecuatorial con 40.50 mm, peso de fruto con un promedio 30.57, frutos por tratamiento con un promedio de 16.8, rendimiento por tratamiento con promedio de 505.7 g, excepto en sólidos solubles totales con un promedio de 7.286 °B.

En la variable sólidos solubles totales, los valores incrementaron en el T3 (FertiDrip® triple 20) y T4 (Magic Root®), lo cual es un parámetro aceptable para las características de calidad y sabor del fruto de fresa.

Los tratamientos químicos: Fertihumus®, FertiDrip® triple 20, Magic Root®, Fertiplus® y Agromil® Plus, superaron en todas las variables al orgánico (lixiviado de lombriz) y al testigo (riego hídrico), con diferencias significativas.

## LITERATURA CITADA

- Agahusa, A. (2024). Ficha Técnica del Fertilizante Foliar Fertiplus. Biofertilizante líquido. Agahusa Agrobiológicos 1 p.
- Aguilar Tlatempa, M., Volke Haller, V., Sánchez García, P., Pérez Grajales, M., & Fajardo Franco, M. L. (2019). Concentración y extracción de macronutrientes en cuatro variedades de fresa. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 10(6), 1287-1299.
- Agroenzymas, (2020). Ficha técnica del producto Agromil Plus. Fertilizante líquido. Agroenzymas 1 p.
- AGRIPAC. 2010. Guía del cultivo de frutilla. (En línea). Consultado 19 set.2017. Disponible en: <http://www.agripac.com.ec/guiasagripac/frutilla.pdf>
- Amil-Ruiz, F.; Garrido-Gala, J.; Gadea, J.; Blanco-Portales, R.; Muñoz-Mérida, A.; Trelles, O.; de Los Santos, B.; Arroyo, FT; Aguado-Puig, A.; Romero, F. Activación parcial de las vías defensivas de SA y JA en fresa tras la interacción de *Colletotrichum acutatum*. *Frente. Ciencia vegetal*. 2016, 7, 1036.
- Bastida, O. Fresa, un cultivo agrícola de mucha importancia. 2024. <https://blogagricultura.com/fresa-cultivo-importante/>
- Biorganic S.A. (2019) Ficha técnica del producto Magic root. Enraizador en polvo. Biorganic 1 p.
- Brown, M. Producción y comercialización de fresas en Florida. En *La fresa: un libro para cultivadores*; Childers, NF, Ed.; Dr. Norman N. Childers Publicaciones: Gainesville, FL, EE.UU., 2003; págs. 31–42.

- Caso, C.; Chang, M. y Rodríguez-Delfín, A. (2010). Efecto del sustrato sobre la producción de fresa en sistema de columna. Boletín Núm. 46. Red Hidroponía. Lima, Perú. 7-12 pp.
- Christman, J.; Samtani, J. B. (2019). Un estudio sobre las prácticas de producción de fresas en Virginia; Extensión Cooperativa de Virginia: Blacksburg, VA, EE. UU., 2019.
- Delta S. (2024). Ficha Técnica del FertiDrip © N20-P20-K20 + Microelementos. Agroformuladora Delta S. A. de C. V. 1 p. Recuperado de [http://www.agrodelta.com.mx/productos/p\\_fert20-20-20.html](http://www.agrodelta.com.mx/productos/p_fert20-20-20.html)
- Diario Oficial. 2010. Aviso por el que se da a conocer información relativa a solicitudes de Títulos de Obtentor de Variedades Vegetales. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Lunes 23 de mayo de 2010. Primera Sección.
- Dreamstime (2024). Californian Thrips Stock Photos, Images & Pictures. <https://www.dreamstime.com/photos-images/californian-thrips.html>
- Eurosemillas. 2020. Fresas. San Andreas. <http://www.eurosemillas.com/es/variedades/fresa/item/27-san-andreas.html>
- FAOSTAT. 2022. Base de datos estadísticos de la FAO. <http://www.fao.org/faostat/es/data>.
- Fertilab, (2018). Ácidos húmicos y fúlvicos. 2-3 p. <https://www.fertilab.com.mx/Sitio/notas/acidoss-humicos-y-fulvicos.pdf>
- Ferriol X., (2010). Propiedades nutritivas y otras curiosidades de la fresa. RevistaCitriFrut. Vol. 27, N°2. Cuba
- Garrido, C.; Carbú, M.; Fernández-Acero, FJ; González-Rodríguez, VE; Cantoral, J.M. (2011). Nuevos conocimientos en el estudio de hongos patógenos de la fresa. Genes Genomas Genoma. 2011, 5, 24–39.



- Giampieri, F.; Tulipani, S.; Álvarez-Suárez, JM; Quiles, JL; Mezzetti, B.; Battino, M. (2012). La fresa: Composición, calidad nutricional e impacto en la salud humana. *Nutrición* 2012, 28, 9-19.
- Giampieri, Francesca Álvarez-Suarez, José Mazzoni, L., Romandini, Stefania Bompadre, Stefano Diamanti, Jacopo Capocasa, Franco Mezzetti, Bruno Quiles, José Ferreiro Cotorruelo, Maria Tulipani, Sara Battino, Maurizio. (2012). The potential impact of strawberry on human health. *Natural product research*. 27. 10.1080/14786419.2012.706294.
- Giraldo, G. A. 2006. El efecto del tratamiento de impregnación a vacío en la respiración de frutas (manzana, fresa, melocotón y sandía) mínimamente procesadas. *Vitae*. 13(2):21-25.
- Hernández Valencia, Rey David, Juárez Maldonado, Antonio, Pérez Hernández, Armando, Lozano Cavazos, Carlos Javier, Zermeño González, Alejandro, & González Fuentes, José Antonio. (2022). Influencia de fertilizantes orgánicos y del silicio sobre la fisiología, el rendimiento y la calidad nutracéutica del cultivo de fresa. *Nova scientia*, 14(28).
- Hidroponía, (2017). ¿Qué es y para qué sirve el peatmoss?<https://hidroponia.mx/que-es-el-peat-moss-y-para-que-sirve/>
- Hortipel, (2023). Sustratos hortícolas. <https://www.termolita.com/es/Horticola/Hortiperl/>
- Husaini, A. M. y Zaki, F. A. (2016). Strawberries: A general account. *Strawberry: Growth, Development and Diseases*; Husaini, AM, Neri, D., Eds, 1-9.
- INIFAP (2011). Manuales Prácticos para la Elaboración de Bioinsumos. México. LEISA Recuperado de [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/737316/15\\_Lixiviado\\_de\\_lombriz.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/737316/15_Lixiviado_de_lombriz.pdf)

- InfoAgro (2017). Métodos de control de la mosca blanca. México. InfoAgro  
Recuperado de <https://mexico.infoagro.com/metodos-de-control-de-la-mosca-blanca/>
- Juárez-Rosete, C. R.; Rodríguez-Mendoza, M. N.; Sandoval-Villa, M. y Muratalla-Lúa, A. (2007). Comparación de tres sistemas de producción de fresa en invernadero. *Terra Latinoam.* 25(1):17-23.
- Kessel-Domini, A., (2012). Mejora Genética de la Fresa (*Fragaria ananassa* Duch.), A Través de Métodos Biotecnológicos. *Cultivos Tropicales*, 33(3),34-41 [fecha de Consulta 9 de febrero de 2024].
- Llacuna, L. y Mach, N. (2012). Papel de los antioxidantes en la prevención del cáncer. *Revi. Española de Nutrición Humana y Dietética.* 16(1):16-24.
- López-Valencia, D., Sánchez-Gómez, M., Acuña-Caita, J. F., & Fischer, G. (2018). Propiedades fisicoquímicas de siete variedades destacadas de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cultivadas en Cundinamarca (Colombia), durante su maduración. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 19(1), 147-162.
- Luna-Zapién, E. A.; Preciado-Rangel, P.; Fortis-Hernández, M.; Meza-Velázquez, J. A.; Martínez-Rodríguez, F. J. y Esparza-Rivera, J. R. (2016). Capacidad antioxidante de fresa (*Fragaria vesca*) hidropónica producida bajo diferente aportación de potasio-nitrógeno. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos.* 1(2):307-312.
- Manqueros-Avilés, V. E. (2015). Mediciones nutritivas en un sistema hidropónico NFT mediante el uso de sensores de iones selectivos y LabVIEW. *Rev. Ciencia, Ingeniería y Desarrollo Tec Lerdo.* 1(1):162-171.
- Núñez-Castellano, K.; Castellano, G.; Ramírez-Méndez, R.; Sindoni, M. y Marín, C. (2012). Efecto del cloruro de calcio y una cubierta plástica sobre la conservación de las propiedades organolépticas de la fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.). *Rev. Iberoam. Technol. Postcosecha.* 13(1):21-30.

- Posada, C. (2011). Propiedades fisicoquímicas de fresa (*Fragaria sp*) cultivadas bajo filtros fotoselectivos. *Rev.Fac.Nal.Agr. Medellín* 64(2): 6221-6228.
- Proteggente AR, Pannala AS, Paganga G, Van Buren L, Wagner E, Wiseman. (2002). La actividad antioxidante de las frutas consumidas regularmente y hortalizas reFISu composición fenólica y vitamínica es la siguiente: *GratisRadic Res* 2002; 36:217–33.
- Rodríguez-Bautista, G.; Calderón-Zavala, G.; Jaen-Contreras, D. y Curiel Rodríguez, A. (2012). Capacidad de propagación y calidad de planta de 26 variedades mexicanas y extranjeras de fresa. *Revista Chapingo. Serie Horticultura*. 18(1):113-123.
- Roudeillac, P. and Trajkovski, K. (2004). Breeding for fruit quality and nutrition in strawberries. *Acta Hortic*. 649(1):55-59.
- Scalzo J, Mezzetti B, Battino M. (200). Evaluación antioxidante total: pasos críticos para ensayar las características antioxidantes de las bayas. *Biofactores* 2005; 23:2.
- Secretaria de Agricultura Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) Secretaria Agrícola Nacional 2017-2030. <https://www.gob.mx/cms/uploads//file/257075/PotencialFresa.pdf>
- SAGARPA. (2016). Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Planeación Agrícola Nacional 2017-2030. Fresa Mexicana. 20 [phttps://www.scielo.org.mx/scielo](https://www.scielo.org.mx/scielo).
- Statista, (2024). Producción en miles de toneladas métricas de fresa en México de 2012 al 2023. Disponible en: <https://www.statista.com/statistics/1026707/strawberries-production-mexico/>
- SIAP, (2020). Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, & SADER, Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. Panorama Agroalimentario.

Impreso en México. Disponible en:  
<https://www.inforural.com.mx/wpcontent/uploads/2020/11/Atlas-Agroalimentario-2020.pdf>. [Consultado el 8 de marzo de 2023].

SIAP, (2020b). Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Superficie cubierta y número de instalaciones de agricultura protegida. <http://infosiap.siap.gob.mx/gobmx/>

The potential impact of strawberry on human health. (2024). Scientific Figure on Research Gate. Available from:  
[https://www.researchgate.net/figure/Nutrient-composition-of-fresh-strawberries\\_tbl1\\_229080008](https://www.researchgate.net/figure/Nutrient-composition-of-fresh-strawberries_tbl1_229080008) [accessed 15 May, 2024]

Vásquez, A.; Cala, M.; Miranda, I.; Tafurt, G.; Martínez, J. y Stashenko, E. E. (2007). Actividad antioxidante y contenido total de fenoles de los extractos etanólicos de *Salvia aratocensis*, *S. sochensis*, *Bidensreptons* y *Montanoa ovalifolia*. *Scientia Et Technica*. 8(33):205-207.

Wa.gov.au (2014). Mite pests of strawberry crops <https://agric.wa.gov.au/n/2469>

Wang, H., Cao, G., y Prior, R. L. (1996). Total antioxidant capacity of fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 44(3), 701–705. DOI: 10.1021/jf950579y [Consultado el 17 de julio de 2023].

Wang, N., Wang, Z. Y., Mo, S. L. Loo, T. Y., Wang, D. M., Luo, H. B., Yang, D. P., Chen, Y. L., Shen, J. G., & Chen, J.P. (2012). Ellagic acid, a phenolic compound, exerts antiangiogenesis effects via VEGFR-2 signaling pathway in breast cancer. *Breast Cancer Research and Treatment* 134, 943–955 DOI: 10.1007/s10549-012-1977-9.

Wang S.Y, Lin HS. (2000). Actividad antioxidante en frutos y hojas de mora, La frambuesa y la fresa varían según el cultivar y la etapa de desarrollo. *J Agric Food Chem* 2000; 48:140–6.

## APÉNDICE





