

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Efecto de Ácidos Húmicos y Silicio en Producción de Fresa (*Fragaria spp.*)
Variedad "Albión" en Diferentes Concentraciones

Por:

GUSTAVO EDUARDO PACHECO MALDONADO

TESIS

Presentada como requisito principal para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Saltillo, Coahuila, México

Marzo, 2023

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Efecto de Ácidos Húmicos y Silicio en Producción de Fresa (*Fragaria spp.*)
Variedad "Albión" en Diferentes Concentraciones

Por:

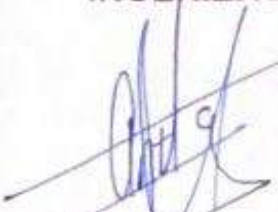
GUSTAVO EDUARDO PACHECO MALDONADO


TESIS


Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

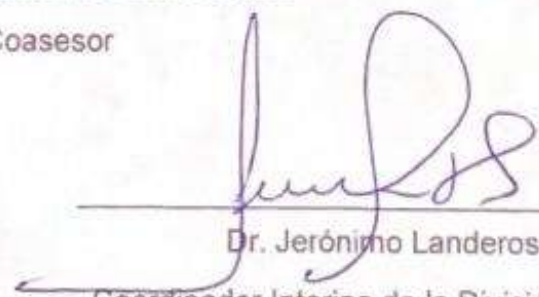
Aprobada por el Comité de Asesoría:


Dr. José Antonio González Fuentes
Asesor Principal


M.C. María Itzel Pérez León
Asesor Principal Externo


M.C. Fidel Maximiano Peña Ramos
Coasesor


Dr. José Alfredo Hernández Maruri
Coasesor


Dr. Jerónimo Landeros Flores
Coordinador Interino de la División de Agronomía



Saltillo Coahuila, México.

Marzo, 2023

DERECHO DE AUTOR Y DECLARACIÓN DE NO PLAGIO

Todo material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor de los Estados Unidos Mexicanos, y pertenece al autor principal quien es el responsable directo y 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, gráficas, 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 el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Por lo anterior nos responsabilizamos de las consecuencias de cualquier tipo de plagio en caso de existir y declaramos que este trabajo no ha sido previamente presentado en ninguna otra institución educativa, organización, medio público o privado.

Atentamente.

Alma Terra Mater



Gustavo Eduardo Pacheco
Maldonado

Autor Principal

AGRADECIMIENTOS

A mi Alma Terra Mater

Agradezco a la **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro** por permitirme formar parte de esta gran casa de estudios y por convertirse en mi segundo hogar, gracias por todo lo aprendido y por las experiencias vividas.

A mis asesores

Dr. José Antonio Gonzales Fuentes por la gran confianza de ser parte de esta investigación, por compartir sus conocimientos, darnos una buena orientación y sobre todo por la paciencia que tuvo.

M.C. Fidel Maximiano Peña Ramos por los consejos y el apoyo en la realización de este proyecto.

M.C. María Itzel Pérez León quien colaboró con la realización de esta proyecto.

A mis amigos de la universidad

Francisco de Anda, Leonel Salinas, Armando López, Ignacio Flores, Mario Martín, Valeria Castañeda, Ernesto Iván, Alejandro Galván, Elesván García, Carlos Zamudio, Salvador Cárdenas, Víctor Castro, Arnoldo García, Uriel Colín, Fernanda Miranda, Oscar Gaytán, Ángel Meza, Fernando Cuevas, Fernando García, Daniel Flores, Manuel López, Mario Jerónimo, Carlos Velasco principalmente por ser mis amigos desde tiempos claves durante mi estancia en la universidad, por su apoyo, por la unión que formamos y porque siempre estuvieron presentes.

A mis primos **David Maldonado, Jesús Pacheco, Mario Maldonado** que compartimos por algunos años a mi alma mater.

DEDICATORIA

A Dios

Quien me ha guiado por el buen camino de mi ser y siempre me ha protegido donde quiera que me encuentre. Él ha sido quien me ha proporcionado la oportunidad de disfrutar y vivir todo lo bueno que ofrece la vida.

A mis padres

Joaquín Pacheco García y **Magdalena Maldonado Rodríguez**, que han sido mi principal fuente de apoyo y motivación en todos los años de mi vida, además de creer en mí, gracias por educarme de esta manera y enseñarme que nada es fácil, que con esfuerzo y dedicación puedo conseguir todo lo que desee y me proponga en esta vida, gracias por esta herencia que es la escuela, no existe mejor herencia que las herramientas para defenderme y luchar en la vida.

A mis hermanos

Andrés, Brenda Paola y Mauricio gracias por siempre estar y por todo el apoyo, los quiero mucho.

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE CONTENIDO.....	VI
ÍNDICE DE TABLAS	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
RESUMEN	X
ABSTRACT	XI
I. INTRODUCCIÓN.....	1
I. OBJETIVO GENERAL.....	2
1.1 Objetivos Específicos.....	2
II. HIPÓTESIS.....	2
III. LITERATURA REVISADA	2
3.1.1 Óxido de silicio como elemento	2
3.2 Óxido de silicio en las plantas.....	2
3.3 Ácidos húmicos en las plantas.....	3
3.4 Antecedentes del Cultivo	3
3.5 Principales características de Albión.....	4
3.6 Descripción Botánica	4
3.6.1 Raíces	4
3.6.2 Tallo/ Estolón.....	4
3.6.3 Hojas	4
3.6.4 Flor	4
3.6.5 Fruto	5
3.7 Taxonomía.....	5
3.8 Producción Mundial.....	5
3.9 Producción Nacional (superficie establecida y volumen de producción)....	5
3.10 Requerimientos Edafoclimáticos.....	6
3.10.1 Clima	6
3.10.2 Suelo	6

3.11	Composición química.....	6
IV.	MATERIALES Y METODOS.....	7
4.1	Ubicación del experimento.....	7
4.2	Material Vegetal utilizado	7
4.3	Diseño Experimental.....	7
4.4	Modelo Estadístico.....	7
4.5	Establecimiento del cultivo.....	7
4.6	Labores culturales para el establecimiento del cultivo	8
4.6.1	Colocación de riego por goteo.....	8
4.6.2	Trasplante	8
4.7	Manejo nutricional.....	8
4.7.1	Requerimientos nutricionales para fresa cv. Alvi3n	8
4.8	Control de plagas y enfermedades	9
4.9	Tratamientos	10
	Fuente: Elaboraci3n Propia	10
4.10	Variables evaluadas.....	11
4.10.1	Rendimiento (R)	11
4.10.2	Peso de fruto	11
4.10.3	Peso fresco y seco	11
4.10.4	Diámetro polar.....	11
4.10.5	Diámetro ecuatorial	11
4.10.6	Sólidos solubles totales	11
4.10.7	Contenido de vitamina C	11
4.10.8	Determinaci3n de compuestos antioxidantes de frutos.	12
V.	Resultados.....	14
5.1	Rendimiento.....	14
5.2	Porcentaje de Acidez Titulable (%A.T).....	15
5.3	Vitamina C (VC)	16
5.4	Diámetro Polar (DP).....	17
5.5	Diámetro Ecuatorial (DE)	18
5.6	Peso Seco de planta (PSP)	19
5.7	Fenoles (F).....	20

5.8	Peso fresco de la planta (PFP)	23
5.9	Peso de fruto (PF).....	24
5.10	Flavonoides (FL)	25
5.11	Solidos Solubles Totales (SST)	26
VI.	Conclusión	27
VII.	Literatura Citada	28

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Requerimientos nutricionales.....	8
Tabla 2.	Tratamiento y descripción.....	10
Tabla 3.	Características agronómicas de las plantas de fresa, con la adición de siete tratamientos y un testigo.....	21
Tabla 4.	Valores promedio de variables medidas a planta de fresa, con la adición de siete tratamientos y un testigo.....	26

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Efectos de la aplicación de silicio y ácido húmicos sobre el rendimiento de frutos cultivar Albión. La barra superior en cada columna representa el error estándar y las letras representan la separación de media por Tukey ($p < 0.05$). .	14
Figura 2.	Efectos de la aplicación de silicio y ácido húmicos sobre el porcentaje de acidez titulable en frutos cultivar Albión. La barra superior en cada columna representa el error estándar y las letras representan la separación de media por Tukey ($p < 0.05$).....	15
Figura 3.	Efectos de la aplicación de silicio y ácido húmicos sobre el contenido de Vitamina C en frutos cultivar Albión. La barra superior en cada columna representa el error estándar y las letras representan la separación de media por Tukey ($p < 0.05$). .	16
Figura 4.	Efectos de la aplicación de silicio y ácido húmicos sobre el Diámetro Polar en frutos cultivar Albión. La barra superior en cada columna representa el error estándar y las letras representan la separación de media por Tukey ($p < 0.05$). .	17

Figura 5. Efectos de la aplicación de silicio y ácido húmicos sobre el Diámetro Ecuatorial en frutos cultivar Albión. La barra superior en cada columna representa el error estándar y las letras representan la separación de media por Tukey ($p < 0.05$). 18

Figura 6. Efectos de la aplicación de silicio y ácido húmicos sobre el Peso Seco de la planta cultivar Albión. La barra superior en cada columna representa el error estándar y las letras representan la separación de media por Tukey ($p < 0.05$). 19

Figura 7. Efectos de la aplicación de silicio y ácido húmicos sobre el contenido de Fenoles en frutos cultivar Albión. La barra superior en cada columna representa el error estándar y las letras representan la separación de media por Tukey ($p < 0.05$). 20

Figura 8. Efectos de la aplicación de silicio y ácido húmicos sobre el Peso Fresco de la planta en cultivar Albión. La barra superior en cada columna representa el error estándar y las letras representan la separación de media por Tukey. ($p < 0.05$). 23

Figura 9. Efectos de la aplicación de silicio y ácido húmicos sobre el peso de frutos cultivar Albión. La barra superior en cada columna representa el error estándar y las letras representan la separación de media por Tukey. ($p < 0.05$). 24

Figura 10. Efectos de la aplicación de silicio y ácido húmicos sobre el contenido de Flavonoides en frutos cultivar Albión. La barra superior en cada columna representa el error estándar y las letras representan la separación de media por Tukey. ($p < 0.05$)..... 25

Figura 11. Efectos de la aplicación de silicio y ácido húmicos sobre el contenido de °Brix en frutos cultivar Albión. La barra superior en cada columna representa el error estándar y las letras representan la separación de media por Tukey. ($p < 0.05$). 26

RESUMEN

El propósito de este estudio fue determinar los efectos causados por ácidos húmicos y silicio, se evaluaron ocho tratamientos siendo el Tratamiento 1 (Testigo) (0.0 mM L⁻¹ de silicio y 0.0 mL L⁻¹ de húmicos), el Tratamiento 2 (0.0 mM L⁻¹ de silicio y 2 mL de húmicos), el Tratamiento 3 (0.0 mM L⁻¹ de silicio y 4 mL de húmicos), el Tratamiento 4 (0.0 mM L⁻¹ de silicio y 4 mL de húmicos), el Tratamiento 5 (2.0 mM L⁻¹ de silicio y 0.0 mL de húmicos), el Tratamiento 6 (2.0 mM L⁻¹ de silicio y 2 mL de húmicos), el Tratamiento 7 (2.0 mM L⁻¹ L de silicio y 4 mL de húmicos), el Tratamiento 8 (2.0 mM L⁻¹ de silicio y 8 mL de húmicos), cada tratamiento se repitió 4 veces. Se evaluaron variables de como: Rendimiento (R), Diámetro Polar (DP), Peso de fruto (PF), Diámetro Ecuatorial (DE), Contenido de Vitamina C (CV),), Sólidos Solubles Totales °Brix (GB), Fenoles (F), Flavonoides (%A:T) %Ácidos Titulable (AN) Peso fresco de la Planta (PFP), Peso Seco de la Planta (PSP).

Palabras clave: Fresa, Silicio, Ácidos Húmicos.

ABSTRACT

The purpose of this study was to determine the effects caused by humic acids and silicon, eight treatments were evaluated being Treatment 1 (Control) (0.0 mM/L of silicon and 0.0 mL L⁻¹ of humics), Treatment 2 (0.0 mM L⁻¹ of silicon and 2 mL of humics), Treatment 3 (0.0 mM L⁻¹ of silicon and 4 mL of humics), Treatment 4 (0.0 mM/L of silicon and 4 mL of humics), Treatment 5 (2.0 mM L⁻¹ silicon and 0.0 mL humic), Treatment 6 (2.0 mM L⁻¹ silicon and 2 mL humic), Treatment 7 (2.0 mM L⁻¹ silicon and 4 mL humic), Treatment 8 (2.0 mM L⁻¹ of silicon and 8 mL of humics), each treatment was repeated 4 times. Variables such as: Yield (R), Polar Diameter (DP), Fruit Weight (PF), Equatorial Diameter (DE), Vitamin C Content (CV), Total Soluble Solids °Brix (GB), Phenols (F) are evaluated, Flavonoids (FL) % titratable acidity (%A.T) Fresh Weight of the Plant (PFP), Dry Weight of the Plant (PSP).

Keywords: Strawberry, Silicon, Humic Acids.

I. INTRODUCCIÓN

La fresa es un fruto altamente perecedero, propenso a pérdidas de agua por transpiración, daños mecánicos, deterioro fisiológico y microbiológico, esto ocasiona la disminución en rendimiento y calidad (Salazar *et al.*, 2017).

Al realizar una combinación óptima de abonos minerales y orgánicos se puede lograr una reducción del uso de agroquímicos, a favor de la salud ambiental y de la salud de los consumidores, al lograr cosechar frutos libres de residuos por químicos (Romero *et al.*, 2012).

El silicio es de gran importancia en la relación planta-ambiente, esto se debe a que proporciona a la planta mejores posibilidades para tolerar condiciones adversas, climáticas, edáficas y biológicas, esto lleva como resultado una mejor calidad en la producción (Rivas, 2015). Una alternativa importante para aumentar la producción orgánica, es considerar la incorporación de bioestimulantes como el silicio en las elaboraciones de fertilizantes y soluciones nutritivas, con el propósito de aumentar el rendimiento y la calidad de muchos cultivos (Hernández *et al.*, 2022).

Por otra parte, la adición de sustancias húmicas en la solución nutritiva causa en una disminución (-14%) del consumo hídrico de cada planta. Este efecto se traduce en un mayor aprovechamiento del agua consumida: para producir la misma cantidad de biomasa (Morard *et al.*, 2006). Las sustancias húmicas componen principales el 60-65% de la materia orgánica presente en los suelos, estas tienen una alta influencia en el desarrollo de las plantas pues elevan la permeabilidad en la membrana de la celular, la respiración, la fotosíntesis, la asimilación de fósforo y oxígeno y el desarrollo de las células. (Kirschbaum *et al.*, 2019).

En base a lo anterior se desarrolló este trabajo, considerando distintas dosis para ver qué porcentaje ofrece mejor respuesta.

I. OBJETIVO GENERAL

Determinar el efecto de ácidos húmicos y silicio en la producción de fresas, cv. “Albión”.

1.1 Objetivos Específicos

Establecer la concentración óptima que favorezca la producción de fresa, cv. “Albión”.

II. HIPÓTESIS

Al menos un tratamiento presentara un efecto positivo en las variables evaluadas al comparar con las plantas testigo.

III. LITERATURA REVISADA

3.1.1 Óxido de silicio como elemento

Después del oxígeno, el elemento que más abunda en la litosfera es el Silicio. La asimilación de Silicio en los cultivos depende en gran parte en como tiene lugar traer la meteorización llevando el Silicio a la solución de suelo (Mengel *et al.*, 2000). Este elemento asimilable con rangos de pH de entre los 2 hasta 9 en forma energéticamente pasiva (Borda *et al.*, 2007).

3.2 Óxido de silicio en las plantas

El silicio no se considera elemento indispensable para las plantas, pero se clasifica por diversos investigadores como benéfico para las plantas, debido a que tiene una función importante al regular el metabolismo, actividad bioquímica y fisiológica, estructural y antioxidante, tiene un impacto positivo con plantas mejorando la resistencia a diferentes tipos de estrés bióticos y abiótico que las plantas presenten (Hernández *et al.*, 2022). Los impactos en beneficio del Si se han comprobado en diferente ocasiones con numerosas plantas. Respecto a problemas fitosanitarios, el Silicio tiene la capacidad de incrementar la resistencia en diversas especies al presentar incidencia de patógenos e insectos. El Si

confiere resistencia, estableciendo una barrera mecánica en las plantas (Castellano *et al.*, 2015). Se ha demostrado que el silicio desempeña un papel importante en la fotosíntesis, reduciendo la transpiración y manteniendo la regulación del transporte y la absorción de nutrientes desde las raíces hasta los brotes, reduciendo así también el estrés oxidativo (Ali *et al.*, 2020).

Se conoce que las sales de silicato que se usa comúnmente para suministrar Si, son muy alcalinas ocasionando problemas de precipitación se no se tiene un manejo correcto, su forma accesible en las plantas del silicio es en Dióxido de Silicio (SiO₂) siendo soluble sólo hasta 2 mM a una temperatura de 25°C (Coskun *et al.*, 2018).

3.3 Ácidos húmicos en las plantas

La palabra humus, se usó en la antigüedad para referirse a la totalidad del suelo. Actualmente se ha empleado haciendo referencia a una fracción de materia orgánica englobando a un grupo de sustancias que en la actualidad difícilmente se pueden clasificar, presentan una tonalidad oscura, siendo altamente resistente al ataque microbiano, de gran peso molecular, de naturaleza coloidal y propiedades ácidas (Hernández, 2011).

El ácido húmico impacta directamente la función de la planta. Trabajar para mejorar las propiedades del suelo y la disponibilidad de elementos, involucrando la regulación de la actividad celular, la actividad metabólica, la modificación de la expresión génica y la actividad hormonal (Veobides *et al.*, 2018).

3.4 Antecedentes del Cultivo

La planta de fresa se produjo en México 1849 por primera vez, entrando a Irapuato en el año 1852. El cultivo de fresa tuvo importancia hasta 1880. A partir de 1940, Guanajuato se colocó como principal productor de fresa en la República Mexicana. En los años 1966 - 1970, México produjo 123,564 t al año en una superficie de 8,832 ha. El Bajío perteneciente a Guanajuato contribuyó, colocando a México en el segundo productor mundial de fresa (López *et al.*, 2014).

3.5 Principales características de Albión

Caracterizada por tener una fruta con calidad excelente, con buen tamaño, firmeza y sabor, con un peso medio de 32 gramos cada fruta. La variedad Albión es de muy fácil recolección y teniendo también una excelente vida de anaquel. Esta variedad resiste a condiciones meteorológicas adversas, así como también a plagas y enfermedades (Santoyo *et al.*, 2009).

3.6 Descripción Botánica

Es una especie hortícola de vida corta que se considera herbácea, caracterizada porque las hojas y otros órganos se conforman en sobre parte leñosa de su corona y es considerada una planta perenne (Eliana, 2015).

3.6.1 Raíces

Consta de una raíz fasciculada, compuesta de raicillas y raíces. La raíz presenta cambium suberoso y vascular, esta no sobrepasa los 40 cm (Huachi, 2019).

3.6.2 Tallo/ Estolón

Conformado por un eje central corto con figura cónica conocido como “corona”, en el dónde se aprecian un gran número de escamas foliares (Lozada, 2011).

3.6.3 Hojas

Se encuentran en la parate de la roseta y se encajan sobre la corona. Siendo extensamente pecioladas, provistas de dos estípulas con tonalidad rojiza. El limbo se divide en tres foliolos pediculados, con un borde tipo aserrado, presentando numerosos estomas, esto origina que exista una considerable pérdida de agua al ocurrir la transpiración (Hernández *et al.*, 2012).

3.6.4 Flor

Las inflorescencias pueden ser basales o distales. La flor se compone de 20 a 35 estambres, con cinco o seis pétalos, y muchos pistilos sobre un receptáculo con características carnosas (Flores, 2016).

3.6.5 Fruto

El fruto es de tipo equino, formado por cada óvulo fecundado. El crecimiento de los aquenios, dispersos en la superficie del receptáculo, incita el color crecimiento del mismo, obteniendo el fruto de la fresa (Gualacata, 2019).

3.7 Taxonomía

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Rosales

Familia: Rosaceae

Género: *Fragaria*

Especie: *Ananassa*

Nombre científico: *Fragaria ananassa*

(Villegas, 2017).

3.8 Producción Mundial.

Los países productores líderes a nivel mundiales son; México, Estados Unidos de América, España y Turquía. Tan solo estos cuatro juntan alrededor de 68% de la producción. México se posiciona el quinto lugar como exportador (Ramírez *et al.*, 2016).

3.9 Producción Nacional (superficie establecida y volumen de producción)

En México, el cultivo de la fresa se introdujo a mitad del siglo pasado; en 1950 inició la exportación a E.U.A (Santoyo *et al.*, 2009).

Actualmente son 12 los estados que producen fresa, pero tan sólo estados Michoacán, Guanajuato y Baja California, producen más del 90% de toda la producción en la nación. De estos estados, la ciudad de; Zamora en Michoacán,

Ensenada en Baja California e Irapuato en Guanajuato, presentan una mayor producción. Existen registros de los 70's, donde el estado de Irapuato fue el principal productor y desde entonces hasta la fecha ha sido históricamente una región de producción de fresa (Contreras *et al.*, 2014).

3.10 Requerimientos Edafoclimáticos

3.10.1 Clima

La fresa se caracteriza por tolerar distintos tipos de climas, la área vegetativa tiene la capacidad de resistir fuertes heladas, tolerando temperaturas de hasta -20 °C, Tan solo con valores menores a 0 °C sus órganos florales se destruyen. Estos también tienen la capacidad de tolerar temperaturas estivales de 55 °C. La temperatura deseable para llevar a cabo un fructificado bueno, se encuentra entre los 15-20 °C. Con temperaturas menores a 12 °C en el cuajado, provocan que las frutas salgan deformadas por golpes de frío. En los tiempos del año de mayor calor pueden llegar a presenta una coloración y maduración de la fruta temprana, lo que no le permite tener las medidas óptimas para estar dentro de las exigencias del mercado (Huachi, 2019).

3.10.2 Suelo

Favorable en suelos enriquecidos de materia orgánica, con valores dentro del 2 a 3 %, con buena aeración, con una buena retención de humedad, que presente un buen balanceo químico de los elementos nutricionales, este último considerándose el más importante, con menor presencia de patógenos, un suelo arenoso o franco-arenoso, con una proporción de: 50 % arena silíceo, 20 % de arcilla, 15 % de calizas y 5 % de M.O. El pH optimo entre 6 y 6.5. Relación Carbono-Nitrógeno en torno a 10 (InfoAgro, 2021).

3.11 Composición química

La fresa esta compuesta químicamente de 89,6% de agua, contiene hidratos de carbono, proteínas, lípidos y fibra, además, la fresa incluye 35 calorías por cada cien gramos (Ramírez *et al.*, 2020).

IV. MATERIALES Y METODOS

4.1 Ubicación del experimento

El Experimento se desarrolló en un invernadero de tecnología media situado en el Departamento de Horticultura en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México; cuyas coordenadas geográficas son: 25°21'22.23" Latitud Norte y 101°02'06.68" Longitud Oeste en relación al meridiano de Greenwich y a 1763 metro obre el nivel del mar (msnm).

4.2 Material Vegetal utilizado

Se utilizó plántula de fresa (*Fragaria*) variedad Albión.

4.3 Diseño Experimental

El experimento se estableció con diseño completamente al azar, teniendo siete tratamientos, un testigo (T1) y con cuatro repeticiones cada uno. Para el análisis de datos se realizó con un análisis de varianza (ANVA) y para la comparación de medias se utilizó el método de Tukey ($\alpha = 0.05$), usando el programa SAS-PC System ® Versión 9.4 para Windows.

4.4 Modelo Estadístico

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

y_{ij} = Valor de la variable de respuesta en el tratamiento i , repetición j

μ =Media general de la población estudiada

τ_i =Efecto del i -esimo tratamiento

ε_{ij} = Error estándar de la media

4.5 Establecimiento del cultivo

El experimento se realizó en bolsas para vivero color negro de 27 cm de largo por x 20 de ancho. Para el riego del cultivo se estableció una bomba sumergible

conectada a una cintilla con piquetas en cada planta. El trasplante se realizó el día 20 de febrero del 2022.

4.6 Labores culturales para el establecimiento del cultivo

4.6.1 Colocación de riego por goteo

Una vez hecho el trasplante se colocaron cintillas para el riego por goteo a doble hilera con dos piquetas en cada maceta.

4.6.2 Trasplante

Antes de realizar el trasplante, retiramos las partes muertas que traían las plántulas, para tener una mejor calidad de planta, se colocaron las bolsas negras de vivero de 20cm de largo por 25 de ancho. En sustrato utilizamos perlita y peat moss en proporción 1:1 (V: V).

4.7 Manejo nutricional

4.7.1 Requerimientos nutricionales para fresa cv. Alvión

Tabla 1. Requerimientos nutricionales.

Soluciones nutritivas para el cultivo de Fresa							
Etapas fenológicas	CE	Requerimientos nutricionales					
	dS/m	N	P	K	Ca	Mg	S
Vegetativa	0.5	49	10	55	36	10	35
	1	98	19	109	72	19	70
Inicio de floración	1.3	127	25	142	94	25	91
Inicio de fructificación	1.5	147	29	164	108	29	105

Fructificación	1.7	167	33	186	122	33	119
----------------	-----	-----	----	-----	-----	----	-----

Fuente: Elaboración propia.

4.8 Control de plagas y enfermedades

Araña roja

Se hicieron aplicación de productos orgánicos:

Atzinga

- Extractos de Euphorbiaceas 60%
- Acondicionadores y diluyentes 40%

Mosca blanca

CONFIDEL 350SC

- Imidacropid: 1-(6-cloro-3-porodon-3-ilmetil)-N-nitroimidazolidin-2-ilideamina.

Gusano del fruto

Barcimín

- Bacillus thuringiensis var. Kurstaki 6.40%
(Equivalente a 64g de I.A./Kg)
- INGREDIENTES INERTES: 93.60 %
Antiaglomerante, Desecante, Agente Humectante, Dispersante y Adherente.

4.9 Tratamientos

Tratamientos en fresa aplicados semanalmente en la solución nutritiva, ocho tratamientos con cuatro repeticiones cada uno (32 plantas en total).

Tabla 2. Tratamiento y descripción

Tratamiento	Descripción
T1(testigo)	0 de silicio y 0 de ácido húmico
T2	0 mM de silicio y 2 mL L ⁻¹ de ácido húmico
T3	0 mM de silicio y 4 mL L ⁻¹ de ácido húmico
T4	0 mM de silicio y 8 mL L ⁻¹ de ácido húmico
T5	2 mM de silicio y 0 mL L ⁻¹ de ácido húmico
T6	2 mM de silicio y 2 mL L ⁻¹ de ácido húmico
T7	2 mM de silicio y 4 mL L ⁻¹ de ácido húmico
T8	2 mM de silicio y 8 mL L ⁻¹ de ácido húmico

Fuente: Elaboración Propia

4.10 Variables evaluadas

4.10.1 Rendimiento (R)

Se cuantificaron los frutos cosechados de cada tratamiento y se colocaron en bolsas, separando uno del otro para cada repetición, para su posterior evaluación.

4.10.2 Peso de fruto

Con ayuda de una báscula gramera se fue pesando cada uno de los frutos por cada repetición de los ocho tratamientos.

4.10.3 Peso fresco y seco

Separamos tallo, raíz y hojas, se pesaron en una balanza digital, registrando el peso fresco. Posteriormente se colocaron en un horno de secado por 76 horas a una temperatura de 76°C para luego pesarse y registrar nuevamente el peso seco expresado en gramos.

4.10.4 Diámetro polar

Se utilizó un vernier digital para medir de la parte superior a la inferior cada fruto cosechado de los ocho tratamientos.

4.10.5 Diámetro ecuatorial

Se utilizó un vernier digital para medir el ancho de cada fruto cosechado de los ocho tratamientos evaluados.

4.10.6 Sólidos solubles totales

Se midieron los sólidos solubles totales (°Brix) con un refractómetro en cinco frutos de cada tratamiento tomando una muestra de cada fruto.

4.10.7 Contenido de vitamina C

Para determinar Vitamina se utilizamos el método de titulación, con 2-6 diclorofenolindofenol (Padayatt *et al.*, 2001). Se tomaron 10 g de peso fresco de cada fruto, con un mortero de porcelana se macero agregando 10 mL de ácido clorhídrico (HCl) al 2% (V/V), posteriormente se filtró el homogen con ayuda de una gasa estéril sobre un matraz de aforación; se aforó a 100 mL con agua destilada.

Se tomó una alícuota de 10 mL del filtrado y se tituló con 2-6 diclorofenolindofenol hasta obtener una coloración rosácea. El contenido de vitamina C, se determinó con ayuda de la (Fórmula 1) y se expresó en mg 100 g⁻¹ de peso fresco (PF) de acuerdo al método de (Padayatt *et al.*, 2001).

Fórmula 1.

$$Vit. = \frac{(\text{mL utilizado de 2-6 diclorofenolindofenol} * 0.088 * \text{volumen total} * 100)}{(\text{volumen alícuota} * \text{peso de muestra})}$$

4.10.8 Determinación de compuestos antioxidantes de frutos.

4.10.8.1 Extracto metanólico.

En un mortero de porcelana se machacaron 150 mg de tejido obtenido de la mezcla de cuatro frutos con 1.5 mL de metanol acuoso 80% (V:V), se utilizó un vórtex para homogenizar la mezcla; después se colocó en sonicación por 15 minutos a temperatura ambiente, se dejó reposar la mezcla por 14 horas y se centrifugó por 10 minutos a 12 500 rpm a 4°C. Con este extracto se cuantificaron los compuestos fenólicos y flavonoides.

4.10.8.2 Fenoles

Se tomó una alícuota de 50 µL de sobrante extracto metabólico, se agregó 200 µL de reactivo Folin-Ciocalteu, 500 µL de carbonato de sodio al 20% (Na₂CO₃) y 5 mL de agua destilada, posteriormente se sometieron a vortex por 30 segundos y se colocaron en baño maría por 30 minutos a 45°C, la absorbancia se leyó a 750 nm. La concentración fue calculada a partir de una curva patrón preparada con ácido gálico y se leyó en mg equivalentes de ácido gálico por 100 g de peso fresco (mg EAG.100 g⁻¹ P.F.) en relación al método de (Yu y Dahlgren, 2000).

4.10.8.3 Flavonoides

Se utilizaron 500 µL de extracto metanólico obteniendo previamente, se agregó 1 mL de tricloruro de aluminio al 2% (Al Cl₃), se dejó reposar por 20 minutos en un cuarto oscuro fuera de la luz. La lectura se tomó a 415 nm. La absorbancia se leyó a 415 nm en un espectrómetro Thermo Spectronic modelo Genesys 10 UV (New York, EUA). La concentración fue determinada con una curva patrón de flavonol quercetina. Los resultados se expresaron en mg equivalente a quercetina por 100 g de preso fresco (mg EQ 100 g⁻¹ P. F.) (Arvouet *et al.*, 1994)

Diseño experimental

Se estableció un diseño Completamente al azar, con siete tratamientos, un testigo y cuatro repeticiones por tratamiento, a las que se sometieron al análisis de varianza y comparación de medias por el método de Tukey ($\alpha = 0.05$), usando el programa SAS-PC System ® versión 9.4 para Windows.

Modelo estadístico

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

y_{ij} = Valor de la variable de respuesta en el tratamiento i , repetición j

μ =Media general de la población estudiada

τ_i =Efecto del i -esimo tratamiento

ε_{ij} = Error estándar de la media

V. Resultados

Los resultados obtenidos del análisis de varianza (ANVA) arrojaron diferencias significativas ($p < 0.05$) para las variables Rendimiento (R), Antioxidantes (AN), Vitamina C (VC), Diámetro polar (DP), Peso seco de planta (PSP) Diámetro ecuatorial (DE) y Fenoles (F) entre tratamientos (Tabla 2).

Los resultados obtenidos del ANVA para las variables Peso fresco de planta (PFP), Peso del fruto (PF), Flavonoides (FL) y Sólidos Solubles Totales (SST) no presentaron diferencias significativas ($p > 0.05$) entre tratamientos (Tabla 3).

5.1 Rendimiento

El análisis estadístico arrojó diferencias significativas ($p < 0.05$) entre tratamiento, siendo el T4 (2 mL Ácidos húmicos) el tratamiento con mayor respuesta, superando al testigo con un 56.25%, lo cual difiere con Hernández (2021) que en su investigación con la adición de silicio superó los resultados obtenidos con este trabajo, puesto que en el T7 (Silicio 2 mM L⁻¹) presentó el menor número de frutos quedando por debajo del testigo con un 50% (Figura 1).

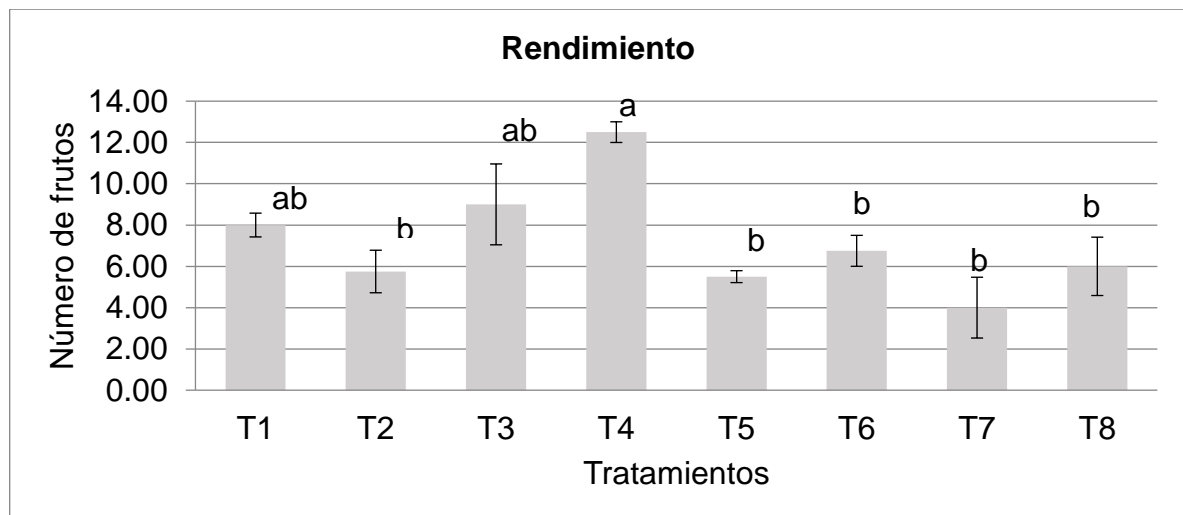


Figura 1. Efectos de la aplicación de silicio y ácido húmicos sobre el rendimiento de frutos cultivar Albión. La barra superior en cada columna representa el error estándar y las letras representan la separación de media por Tukey ($p < 0.05$).

5.2 Porcentaje de Acidez Titulable (%A.T)

El análisis estadístico de %AT mostró diferencias significativas ($p < 0.05$) entre tratamientos, el menor %AT se presentó con la agregación del tratamiento testigo (T1). En esta variable se mostró que el T7 (Silicio 2 mM L⁻¹) más Ácidos Húmicos (4 mL) aventajo a la variable un 62.57 % respecto al testigo. Lo anterior, coincide con la investigación de Hernández (2021) en donde se establece que a mayor de silicio aumenta la cantidad de % de Acidez Titulable (Figura 2).

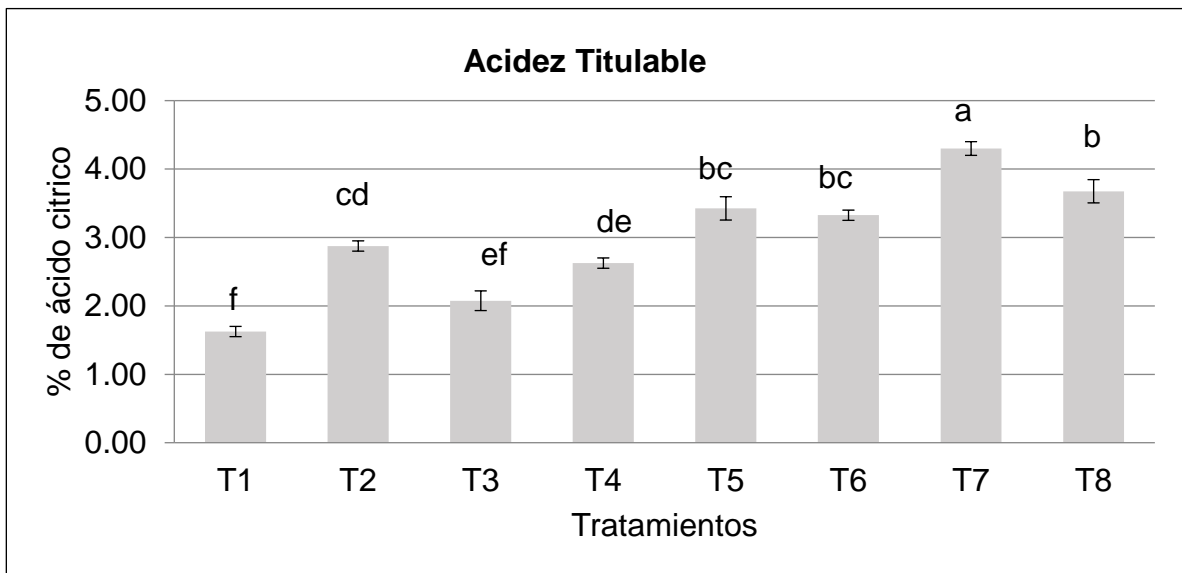


Figura 2. Efectos de la aplicación de silicio y ácido húmicos sobre el porcentaje de acidez titulable en frutos cultivar Albión. La barra superior en cada columna representa el error estándar y las letras representan la separación de media por Tukey ($p < 0.05$).

5.3 Vitamina C (VC)

La variable Vitamina C (Figura 3) presentó efecto significativo ($p < 0.05$) entre tratamientos, en esta variable se mostró que al adicionar 2 mL de ácido húmico se aumentó el contenido de Vitamina C en un 9.4 % respecto del testigo. Sin embargo, al adicionar 2 mM L⁻¹ de silicio y 8 mL L⁻¹ de ácidos húmicos disminuyó el contenido de Vitamina C un 41%, indicando que al adicionar silicio y ácidos húmicos se disminuye el contenido de vitamina C.

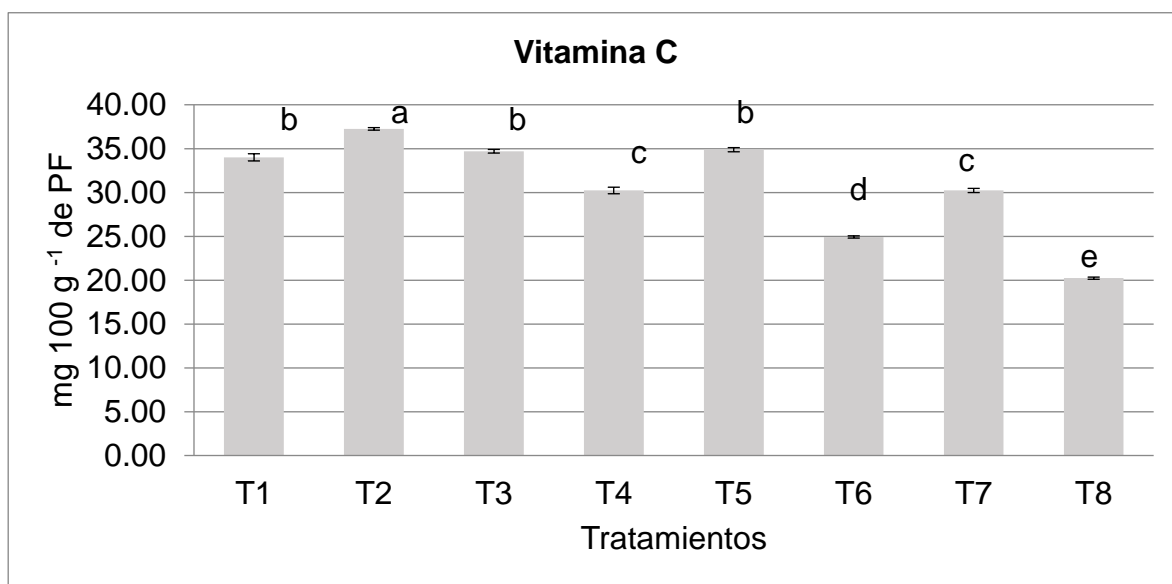


Figura 3. Efectos de la aplicación de silicio y ácido húmicos sobre el contenido de Vitamina C en frutos cultivar Albión. La barra superior en cada columna representa el error estándar y las letras representan la separación de media por Tukey ($p < 0.05$).

5.4 Diámetro Polar (DP)

El análisis estadístico de DP mostró diferencias significativas ($p < 0.05$) entre tratamientos, el menor DP se presentó al adicionar 8 mL L⁻¹ de ácidos húmicos, indicando que el testigo superó en un 10.11% al tratamiento (T4), mientras que al adicionar 2 mL L⁻¹ de ácido húmico aumento un 9.7% a favor del tratamiento (T2). Hernández (2020) expone que al aplicar ácidos húmicos y fúlvicos no se mostró diferencia significativa en esta variable.

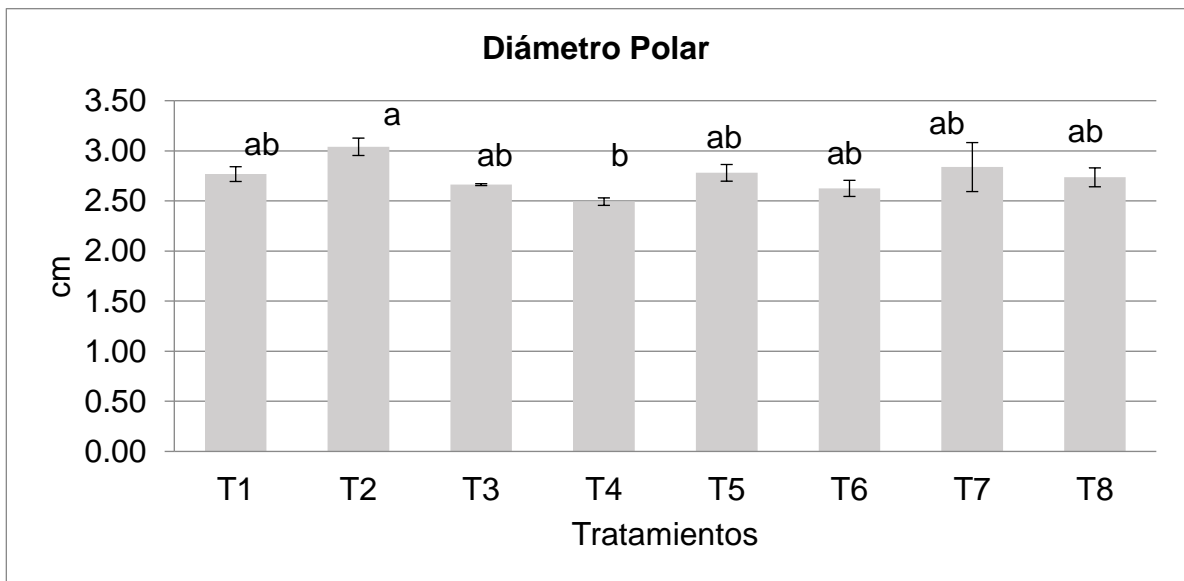


Figura 4. Efectos de la aplicación de silicio y ácido húmicos sobre el Diámetro Polar en frutos cultivar Albión. La barra superior en cada columna representa el error estándar y las letras representan la separación de media por Tukey ($p < 0.05$).

5.5 Diámetro Ecuatorial (DE)

El análisis de varianza (ANVA) del Diámetro ecuatorial presentó diferencias significativas ($p < 0.05$). Sin embargo, la prueba de medias mostró que el testigo superó a los tratamientos por lo que se establece que no hay diferencias significativas, esto concuerda con la investigación de Hernández (2020) donde menciona que al aplicar ácidos húmicos y fúlvicos se incrementa positivamente el DE. Sin embargo, Amaya (2017) menciona que encontró diferencia altamente significativa al aplicar dosis bajas de ácidos húmicos

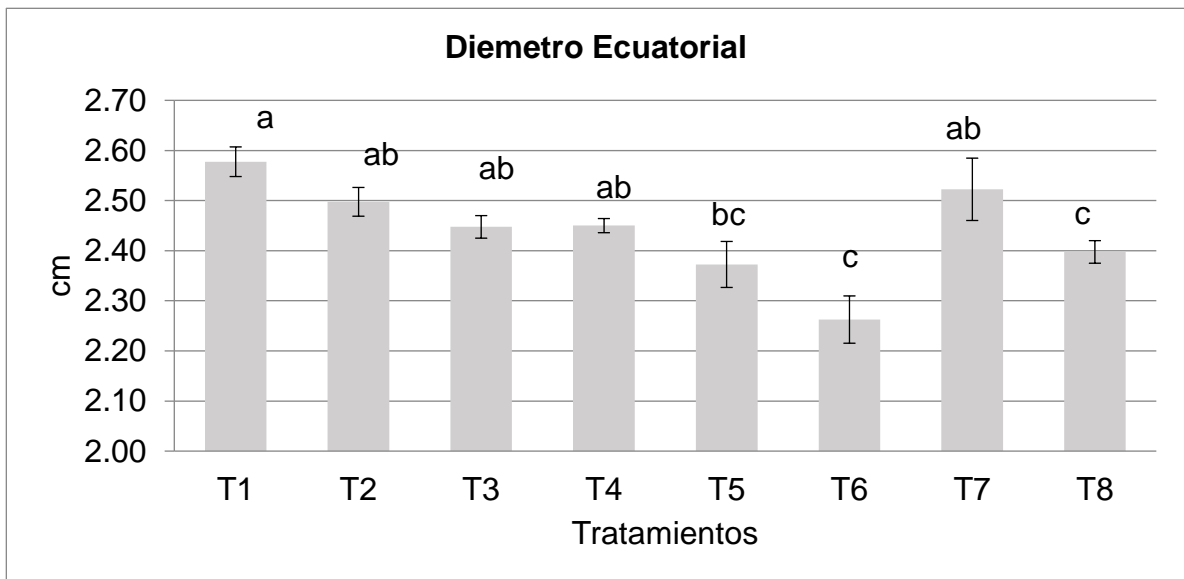


Figura 5. Efectos de la aplicación de silicio y ácido húmicos sobre el Diámetro Ecuatorial en frutos cultivar Albión. La barra superior en cada columna representa el error estándar y las letras representan la separación de media por Tukey ($p < 0.05$).

5.6 Peso Seco de planta (PSP)

El peso seco de la planta (Figura 6) presentó efecto significativo ($p < 0.05$) entre tratamientos, en esta variable se mostró que al adicionar 2 mM L^{-1} de silicio y 4 mL L^{-1} de ácidos húmicos (T7) se incrementó un 36.89% el PS respecto del testigo (T1), mientras que al adicionar 8 mL L^{-1} (T4), disminuye el PS en un 5.27 %.

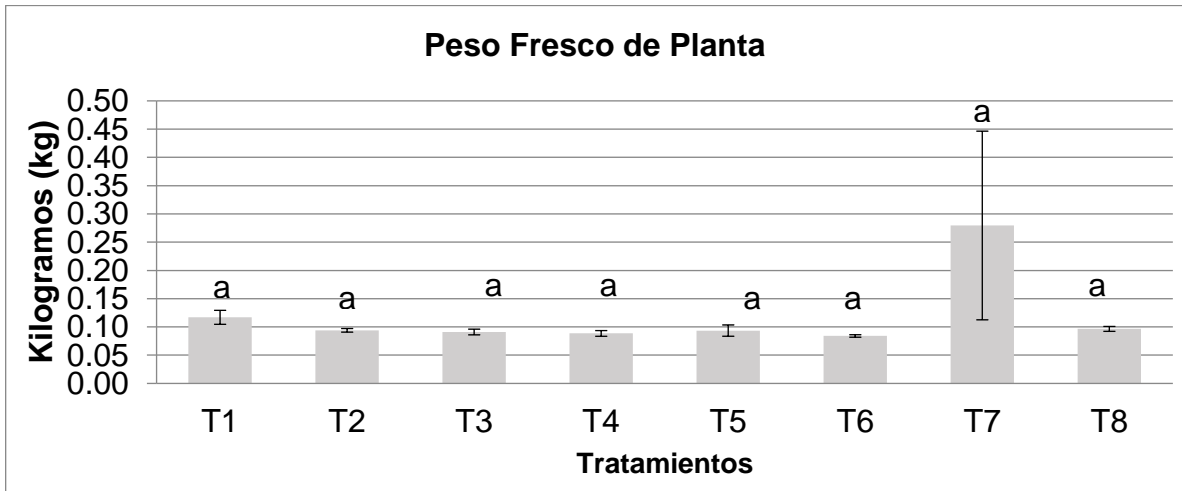


Figura 6. Efectos de la aplicación de silicio y ácido húmicos sobre el Peso Seco de la planta cultivar Albión. La barra superior en cada columna representa el error estándar y las letras representan la separación de media por Tukey ($p < 0.05$).

5.7 Fenoles (F)

Para esta variable, de acuerdo a los resultados obtenidos los tratamientos aplicados mostraron diferencias altamente significativas ($p < 0.05$) de acuerdo al análisis de varianza, siendo el T1 y T3 quienes presentaron los valores medios más altos (186.36 y 184.77 mg 100 g⁻¹ de PF) en comparación con el resto de los tratamientos. Sin embargo, se puede comentar que al no superar los tratamientos al testigo no hubo efecto significativo.

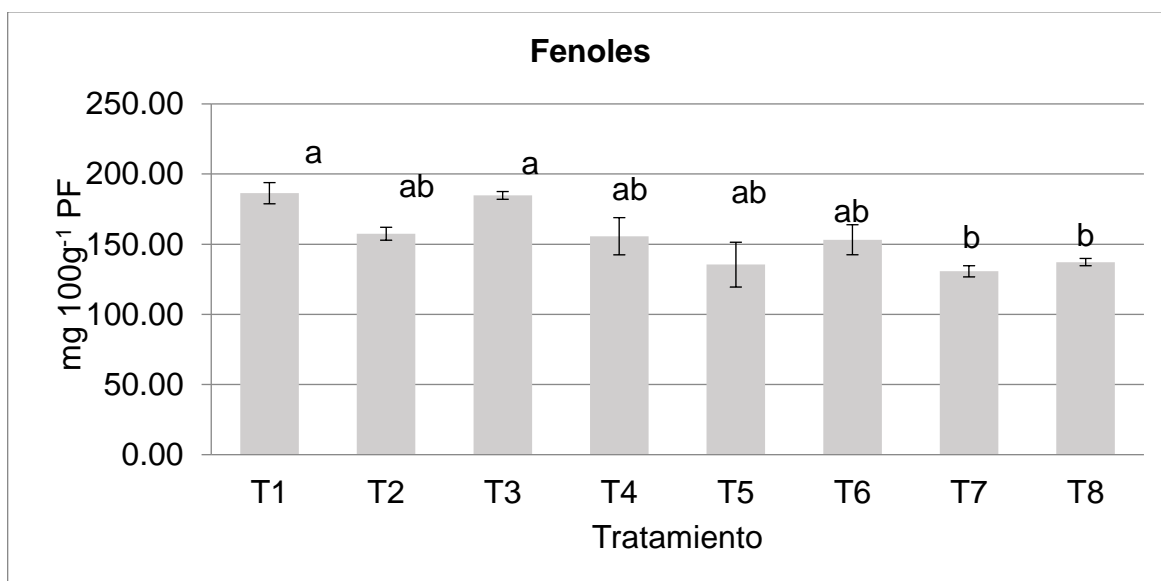


Figura 7. Efectos de la aplicación de silicio y ácido húmicos sobre el contenido de Fenoles en frutos cultivar Albión. La barra superior en cada columna representa el error estándar y las letras representan la separación de media por Tukey ($p < 0.05$).

Tabla 3. Características agronómicas de las plantas de fresa, con la adición de siete tratamientos y un testigo.

Tratamientos	R	%A.T	VC	DP	DE	PS	F
T1	8ab	1.63 f	34.0 b	2.77 ab	2.57 a	0.038 bc	186.36a
T2	5.7b	2.88 cd	37.2 a	3.04 a	2.49 ab	0.040 bc	157.5ab
T3	9 ab	2.08 ef	34.68 b	2.66 ab	2.44 ab	0.040 bc	184.77a
T4	12.5a	2.63 de	30.22 c	2.49 b	2.45 ab	0.036 c	155.68ab
T5	5.5b	3.41 bc	34.62 b	2.78 ab	2.37 bc	0.043 abc	135.45ab
T6	6.75b	3.34 bc	24.92 d	2.623 ab	2.26 c	0.037 c	153.18ab
T7	4b	4.28 a	30.24 c	2.84 ab	2.52 ab	0.052 a	130.68b
T8	6b	3.68 b	20.21 e	2.74 ab	2.39 c	0.047 ab	137.27b
P < 0.05	0.002	<.0001	<.0001	0.1036	0.0005	0.0003	0.001
CV (%)	33.51	8.11	1.63	8.32	3.19	10.11	11.58

Los resultados del análisis de varianza para las variables Peso fresco de planta (PFP), Peso de fruto (PF), Flavonoides (FL) y Sólidos Solubles Totales (SST) fueron no significativos ($p > 0.05$) (Tabla 4),

Los valores medios en la variable Peso fresco de planta oscilaron entre los 0.279 a 0.084 kg obteniendo el tratamiento siete (T7) y el testigo (T1) los valores más altos (Figura 8 y Cuadro 4). Lo anterior coincide con la investigación de Martínez (2022), al aplicar ácidos húmicos y rizobacterias se incrementó el follaje significativamente, lo anterior es porque los ácidos húmicos funcionan como agentes quelatantes y las bacterias lo usan como alimento para aumentar el contenido de K, Ca, P, N, Mg y Fe.

Los resultados del análisis de varianza para la variable Peso de fruto, mostró que no existe diferencia significativa ($p > 0.05$) entre los tratamientos. Obteniendo el tratamiento siete y el tratamiento dos (T7 y T2) los valores medios más altos (Figura 9). Por otro lado, Amaya (2017) al adicionar dosis de 20 mL L⁻¹ de ácidos húmicos vía suelo encontró diferencia significativa ($p < 0.05$), Romero-Romano *et al.* (2012) al combinar ácidos húmicos, fertilización química, reguladores del crecimiento y vermicomposta a diferentes dosis encontraron diferencias significativas. De esta manera se comprueba la efectividad de los ácidos húmicos

El análisis de varianza de resultados en Flavonoides no mostró diferencia significativa ($p>0.05$). Lo anterior establece que no se mostró efecto de tratamientos (Figura 10 y Cuadro 4), lo que significa que al aplicar el tratamiento testigo (T1) se presentó mayor cantidad de Flavonoides, superando a los tratamientos T2 (3.67%), T3 (0.14%), T4 (3.26%), T5 (8.7%), T6 (17%), T7 (15.63%) y T8 (4.08%) con los porcentajes indicados. Al respecto Cinvestav (2022), cita que el aumento del contenido de flavonoides está relacionado con la luz, por lo que, a mayor cantidad de luz, se produce mayor contenido de esta sustancia de forma natural.

Los resultados obtenidos del análisis de varianza no mostraron diferencia significativa entre tratamientos para la variable °Brix (Figura 11 y Cuadro 4). Obteniendo el testigo (T1 y T2) los valores medios más altos (10.33 y 9.03 °Brix, respectivamente) siendo estadísticamente iguales y los valores más bajo lo obtuvieron el T8 y T6 (8.25 y 8.63 °Brix, respectivamente). Los valores anteriores de los °Brix son inferiores a los reportados por Hernández (2020) quien reporto variaciones de 6.97 y 7.52 °Brix. Aguilar (2014) menciona que el efecto de dosis medias de ácidos fúlvicos aumenta los sólidos solubles totales (Figura 12 y Cuadro 2). Por otro lado, Martínez (2018) menciona que los ácidos húmicos actúan como coadyuvantes para aumentar el contenido de °Brix.

5.8 Peso fresco de la planta (PFP)

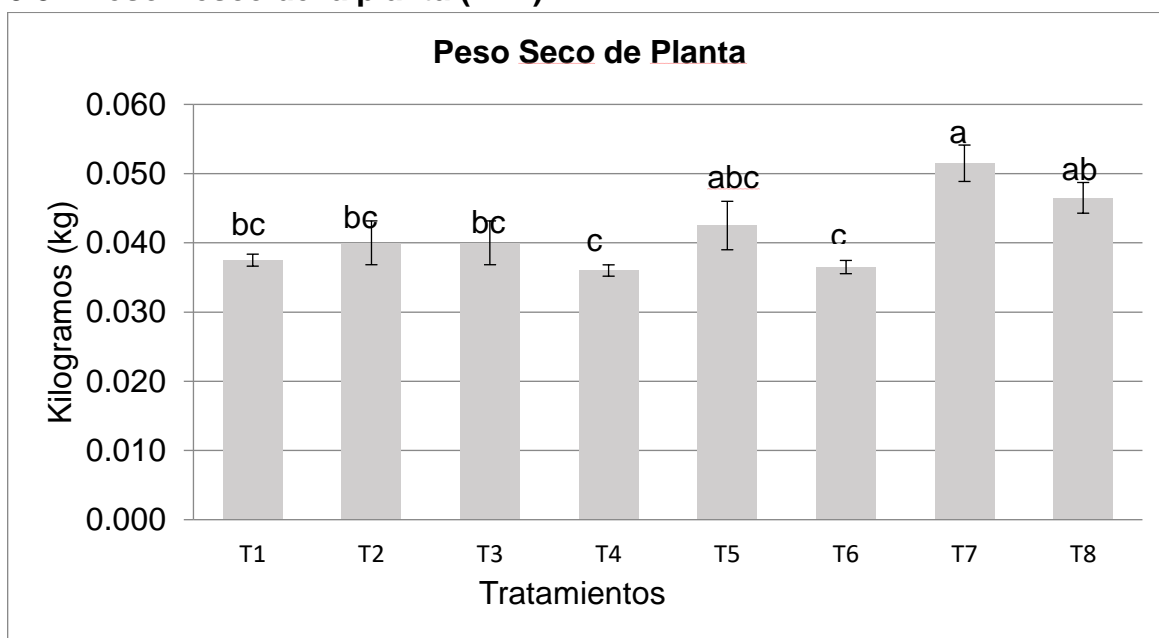


Figura 8. Efectos de la aplicación de silicio y ácido húmicos sobre el Peso Fresco de la planta en cultivar Albión. La barra superior en cada columna representa el error estándar y las letras representan la separación de media por Tukey. ($p < 0.05$).

5.9 Peso de fruto (PF)

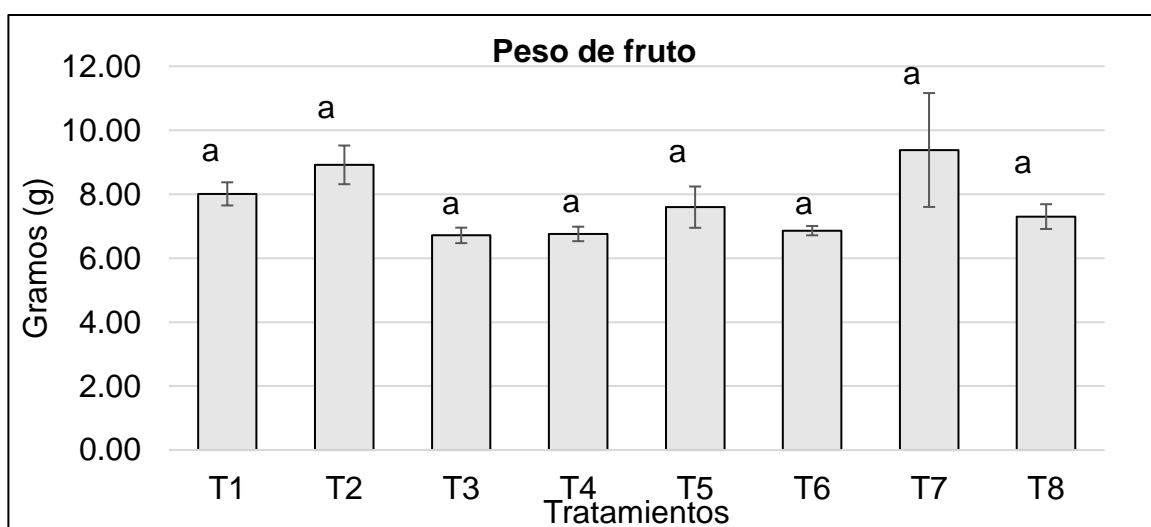


Figura 9. Efectos de la aplicación de silicio y ácido húmicos sobre el peso de frutos cultivar Albión. La barra superior en cada columna representa el error estándar y las letras representan la separación de media por Tukey. ($p < 0.05$).

5.10 Flavonoides (FL)

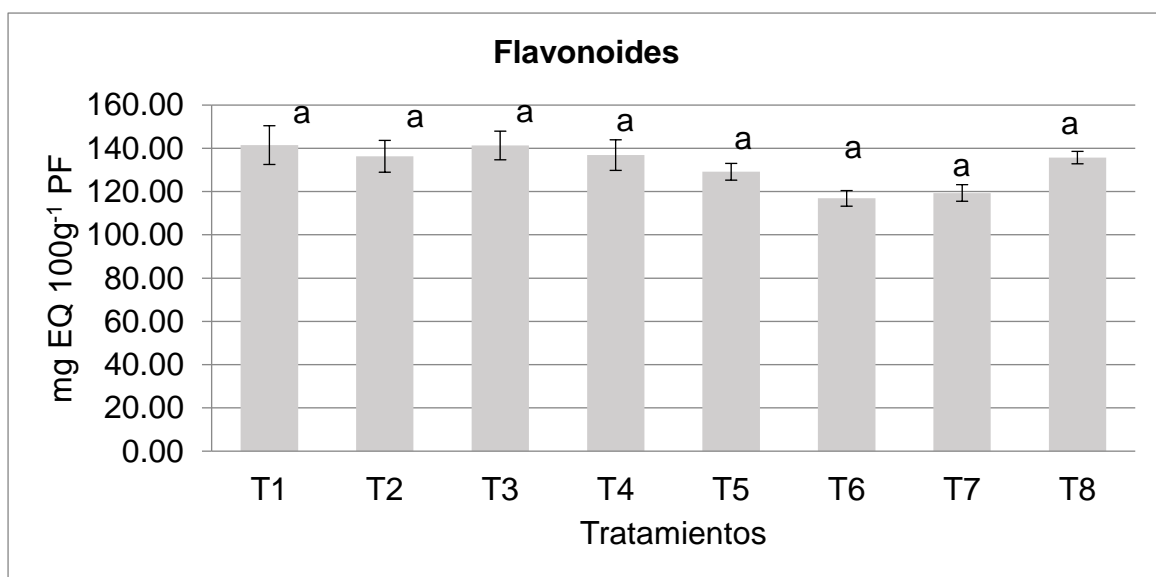


Figura 10. Efectos de la aplicación de silicio y ácido húmicos sobre el contenido de Flavonoides en frutos cultivar Albión. La barra superior en cada columna representa el error estándar y las letras representan la separación de media por Tukey. ($p < 0.05$).

5.11 Sólidos Solubles Totales (SST)

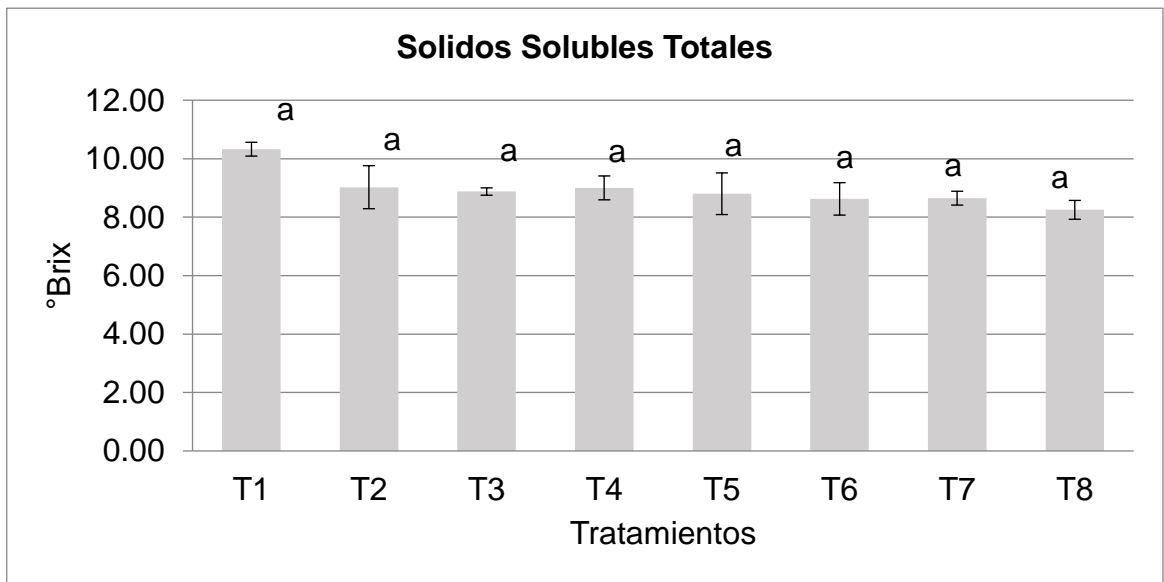


Figura 11. Efectos de la aplicación de silicio y ácido húmicos sobre el contenido de °Brix en frutos cultivar Albión. La barra superior en cada columna representa el error estándar y las letras representan la separación de media por Tukey. ($p < 0.05$).

Tabla 4. Valores promedio de variables medidas a planta de fresa, con la adición de siete tratamientos y un testigo.

Tratamientos	PFP	PF	FL	SST
T1	0.117 a	8.01 a	141.50a	10.33 a
T2	0.094 a	8.92 a	136.31a	9.03 a
T3	0.091 a	6.71 a	141.31a	8.86 a
T4	0.089 a	6.76 a	136.89a	9.00 a
T5	0.094 a	7.59 a	129.19a	8.80 a
T6	0.084 a	6.86 a	116.89a	8.63 a
T7	0.279 a	9.38 a	119.39a	8.65 a
T8	0.091 a	7.3 a	135.73a	8.25 a
P > 0.05	0.33	0.15	0.06	0.17
CV (%)	10.89	19.75	9.22	10.57

VI. Conclusión

La adición de sustancias húmicas por si solas en bajas concentraciones (T2; 2 mL L⁻¹ ácidos húmicos) incrementaron las variables; Vitamina C y Diámetro Polar. En mayores concentraciones (T4 8 mL L⁻¹ ácidos húmicos) Incremento Rendimiento, Fenoles, y Flavonoides. Cuando se hace en combinación de ácidos húmicos y silicio en altas concentraciones (T7 4 mL L⁻¹ ácidos húmicos y 2 mM L⁻¹ Silicio), se incrementó Peso Seco, Peso del Fruto y % Acidez Titulable. Sin embargo, la aplicación de tratamiento no tuvo un efecto significativo para las variables; Diámetro Ecuatorial, Fenoles, Flavonoides y °Brix al comparar con las plantas del testigo.

VII. Literatura Citada

- Arvouet-Grand, A., Vennat, B., Pourrat, A., & Legret, P. (1994). [Standardization of propolis extract and identification of principal constituents]. *Journal De Pharmacie De Belgique*, 49 (6), 462-468.
- Ali, N. Réthoré, E. Claude, J. Abdollah, S. (2020). El papel regulador del Silicio en la mitigación de estrés nutricional de las plantas. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7765459/>
- Amaya, L, A. (2017). Comportamiento de algunos compuestos orgánicos e inorgánicos en la calidad de la fresa. <file:///C:/Users/gusta/Downloads/K%2064757%20LUIS%20ALFREDO%20AMAYA%20SOLARES.pdf>
- Borda, O, A. Barón, F. Gómez, M. (2007). El silicio como elemento benéfico en avena forrajera (*Avena sativa* L.): respuestas fisiológicas de crecimiento y manejo. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-99652007000200009
- Castellanos, L., Mello, R., Silva, N. (2015). El silicio en la resistencia de los cultivos. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S025859362015000500002&script=sci_arttext&tlng=pt
- Cinvestav. (2022). Patentan método para enriquecer compuestos de la fresa y otros frutos rojos. <https://conexion.cinvestav.mx/Publicaciones/patentan-m233todo-para-enriquecer-compuestos-de-la-fresa-y-otros-frutos-rojos>
- Contreras, C, A., Silva, L., Gallagos, V. Ortiz, M, L. Jofre, A, E. Dávalos, P, A. (2014). Incidencia de Infecciones Virales Mezcladas en un Área de Producción de Fresa en Guanajuato, México <https://www.scielo.org.mx/pdf/rmfi/v32n1/v32n1a2.pdf>
- Coskun, D. Deshmukh, R. Humira, S. Manzies, J. Reynolds, O. Feng, J. Kronzucker, H. Belanger, R. (2018). Las controversias del papel del Silicio en la biología vegetal. <https://nph.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/nph.15343>

- Eliana, (2015). Programa de apoyo agrícola y agro industrial vicepresidencial de froma de establecimiento empresarial cámara de comercio de bogota. fresa. <https://bibliotecadigital.ccb.org.co/bitstream/handle/11520/14312/Fresa.pdf?sequence=1>
- Flores, C, M. (2016). Boro en la producción de fresa (fragaria x ananassa duch.) cv. Albion. <https://repositorio.chapingo.edu.mx/server/api/core/bitstreams/453fe376-53fd-4923-bf9a-2ee13a03383e/content>
- Gualacata, J, D. (2019). “Control químico del (Micosphaerella fragraria), en la hoja del cultivo de la fresa (Fragaria ananassa) en la zona de Intihuaycopungo, Otavalolmbabura”. <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/6409/E-UTB-FACIAG-ING%20AGRON-000175.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Hernández, A. (2011). Ácidos húmicos y fúlvicos en la producción hidropónica de chile manzano (Capsicum pubescens R y P) en invernadero. http://colposdigital.colpos.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/10521/381/Hernandez_Hernandez_A_MC_Edafologia_2011.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Hernández, R. D., Juárez, A., Pérez, A., Lozano, C., Zermeño, A., González, J. (2022). Influencia de fertilizantes orgánicos y del silicio sobre la fisiología, el rendimiento y la calidad nutracéutica del cultivo de fresa. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S200707052022000100101&script=sci_arttext
- Hernández, S. Alvarez, A. (2012). Fresa. <https://agroinvernaderos.webnode.es/products/fresa/>
- Huachi, D, J. (2019). Evaluación de dos bioestimulantes en el cultivo de fresa (Fragaria annanasa) variedad Albión Californiana. <http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/30577/1/Tesis-242%20%20Ingenier%c3%ada%20Agron%c3%b3mica%20-CD%20647.pdf>
- InfoAgro. (2021). Requerimientos de la fresa. <https://mexico.infoagro.com/requerimientos-de-la-fresa/>

- Kirschbaum, D. S. Heredia, A. Funes, C. Quiroga, R. (2019). Efectos de aplicaciones de bioestimulantes en el rendimiento y la calidad del cultivo de frutilla o fresa. https://repositorio.inta.gob.ar/bitstream/handle/20.500.12123/5508/INTA_CRTu_cuman-Santiago_EEAFamailla_Kirschbaum_DS_Efectos_aplicaciones_bioestimulantes_rendimiento_calidad_cultivo_frutilla.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- López, L., Guzmán, D., Garcia, A., Chávez C., Peña, J. (2014). Consideraciones para mejorar la competitividad de la región “El Bajío” en la producción nacional de fresa. <https://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v5n4/v5n4a11.pdf>
- Lozada, A, J. (2011). Evaluación de productos orgánicos para el control de araña roja (*Tetranychus urticae* Koch) en el cultivo de fresa (*Fragaria vesca*). http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/879/1/Tesis_t004agr.pdf
- Martínez, J, E. (2018). Uso de soluciones nutritivas en la calidad de la fresa variedad. “Camino Real” en condiciones protegidas. <file:///C:/Users/gusta/Downloads/K%2063206%20Mart%C3%ADnez%20V%C3%A1zquez%20Jessica%20Elizabeth.pdf>
- Martínez, S. (2022). Efecto de un bioestimulante a base de sustancias húmicas y rizobacterias en la calidad de fresa (*Fragaria x ananassa*) y frambuesa (*Rubus idaeus* L.). <file:///C:/Users/gusta/Downloads/SIME%2093N%20MART%208DNEZ%20DE%20LA%20CRUZ.pdf>
- Mengel, K. Kirkby, E. (2000). Principios de nutrición vegetal. [PRINCIPIOS DE NUTRICIÓN VEGETAL \(1\).pdf](#)
- Morard, M. Morard, P. (2006). Las sustancias húmicas mejoran la producción de las fresas. http://www.horticom.com/revistasonline/horticultura/rh193/020_023.pdf

- Padayatt, S.J., R Daruwala, Y. Wang P,K. Eck, J. Song, W. S. Koh, And M. Levine. 2001. Vitamin C: from molecular action to optimum intake. pp. 117-145. In: E. Cardenas and L. Packer (eds.). Handbook of antioxidants. CRC Press. Washinton, DC USA.
- Ramírez, L, C. Caamal, I. Pat, V, G. Martínez, L, D. (2016). Índices de competitividad de la fresa (*Fragaria vesca* L.) de México en el mercado mundial file:///C:/Users/gusta/Downloads/valeria_sias,+Journal+manager,+con-5.pdf
- Ramírez, L. C. (2020). Análisis de los indicadores de competitividad de las exportaciones de fresa mexicana. [https://cienciasagricolas.inifap.gob.mx/index.php/agricolas/article/download/2049/3297?inline=1#:~:text=con%201%20431%20050%20t,mundo%20\(FAOSTAT%2C%202019\).](https://cienciasagricolas.inifap.gob.mx/index.php/agricolas/article/download/2049/3297?inline=1#:~:text=con%201%20431%20050%20t,mundo%20(FAOSTAT%2C%202019).)
- Rivas, G. (2015). Beneficios del silicio en fresa. <https://www.hortalizas.com/nutricion-vegetal/beneficios-del-silicio-en-fresas/#:~:text=El%20silicio%20tiene%20un%20papel,mejor%20calidad%20en%20la%20producci%C3%B3n.>
- Romero, C. O., Ocampo, J., Sandoval, E., Tobar, J, R. (2012). Fertilización orgánica – mineral y orgánica en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananasa* Duch.) bajo condiciones de invernadero. http://uaim.edu.mx/webraximhai/Ej25aarticulosPDF/4.%20FERTILIZACION%20ORGANICA%20MINERAL_Carlos%20Osvaldo.pdf
- Salazar, J, A., Somoza, C, E., Pérez, B., Velásquez, M., Torres, G., Huerta, A., Ortega, L, D. (2017). Uso y manejo de plaguicidas en diferentes sistemas de producción de fresa en México. <file:///C:/Users/gusta/Downloads/5424.pdf>
- Santoyo, J, A. Martínez, C, O. (2009). Paquete tecnológico para la producción de fresa. [file:///C:/Users/gusta/Downloads/Paquete%20tecnologico%20para%20la%20producci%C3%B3n%20de%20fresa%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/gusta/Downloads/Paquete%20tecnologico%20para%20la%20producci%C3%B3n%20de%20fresa%20(2).pdf)

- Veobides, H., Guridi, F., Vázquez, V. (2018). Las sustancias húmicas como bioestimulantes de plantas bajo condiciones de estrés ambiental. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0258-59362018000400015&script=sci_arttext&tlng=pt
- Villegas, J. D. (2017). Producción y de fresa variedad Albión (*Fragaria ananassa*) en un área de 1200m² ubicada en el corregimiento del Queremal, municipio de Dagua – Valle del Cauca. https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1030&context=ingenieria_agronomica
- Yu, Z., y Dahlgren, R. A. (2000). Evaluation of Methods for Measuring Polyphenols in Conifer Foliage. *Journal of Chemical Ecology*, 26 (9). 2119-2140