

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



**Respuesta de Fresa cv. Albión a la Aplicación de Bioestimulantes, Sometida a
Estrés Hídrico**

Por:

MARÍA MAGDALENA BRIONES RODRÍGUEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Saltillo, Coahuila, México

Noviembre, 2023

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Respuesta de Fresa cv. Albión a la Aplicación de Bioestimulantes,
Sometida a Estrés Hídrico

Por:

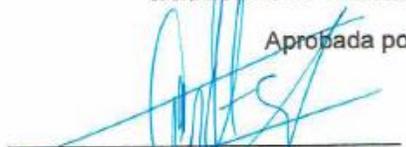
MARÍA MAGDALENA BRIONES RODRÍGUEZ

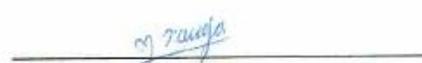
TESIS

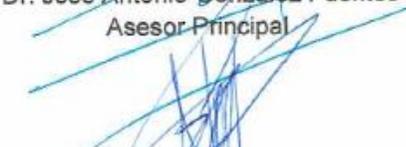
Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Aprobada por el Comité de Asesoría:


Dr. José Antonio González Fuentes
Asesor Principal


Ing. María de Lourdes Javera Rincón
Asesor Principal Externo


Dr. José Alfredo Hernández Maruri
Coasesor


M.C. Fidel Maximiano Peña Ramos
Coasesor


Dr. Alberto Sandoval
Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México

Noviembre, 2023

DERECHOS 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 razonamiento 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 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.

Pasante



María Magdalena Briones Rodríguez

Nombre y Firma

AGRADECIMIENTOS

A **Dios** por haberme dado la paciencia, la fuerza de culminar este proyecto que hoy en día término.

A mi Alma Terra Mater

Doy gracias a la **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro** por haberme dando la oportunidad de formar parte de esta gran familia, por regalarme nuevas experiencias, por brindarme lo mejor de cada profesor.

A mis asesores:

Al **Dr. José Antonio González Fuentes** por acompañarme y ser cómplice de este gran proyecto, por brindarme su apoyo, su conocimiento y asesoramiento cuando se recurría y principalmente por la paciencia.

A la **Ing. María de Lourdes Javera Rincón** por apoyarme y ayudarme en este proyecto, por compartir tus conocimientos y asesorarme cuando necesitaba algo, por tener mucha paciencia conmigo.

Al **Dr. José Alfredo Hernández Maruri** y al **M.C Fidel Maximiano Peña Ramos**, por el apoyo y por formar parte de este proyecto.

A **Diatomix** quien nos proporcionó el Ácido Salicílico.

A **mis abuelos, tíos y primos** por animarme y acompañarme en esta gran etapa de mi vida.

A **mis amigos y compañeros** de esta trayectoria Universitaria:

Nayeli Vengas, Maite Gómez, Rubén Amaro, Paola Domínguez, Rubí Aguilar, Alison Velasco, Hilda Estela, Edith Ortiz, Monserrat Ramírez.

Gracias por formar parte de esta gran etapa, por brindarme su amistad, por cada anécdota vivida junto a ustedes, por ese acompañamiento. ¡GRACIAS!

A **María Guadalupe García Sandoval**, que es como una hermana, gracias por formar parte de este gran camino, por darme esos ánimos, esos consejos cuando los recurría que sin duda me sirvieron y me han servido hasta hoy. ¡MUCHAS GRACIAS!

DEDICATORIA

A mis padres:

María Guadalupe Rodríguez Sandoval y José Luis Briones Martínez, que han sido testigo de hasta donde hemos llegado, por darme todo su amor y su apoyo incondicional por ser ese ejemplo a seguir, por nunca dejarme sola sin ustedes nada de esto fuera posible. Este gran logro no es solo mío sino también de ustedes.

A mis hermanos:

Fernando Briones Rodríguez por siempre animarme y motivarme para poder terminar esta gran etapa.

Leslie Guadalupe Briones Rodríguez por siempre estar animándome y apoyándome por tenerme paciencia, por escucharme, por ser mi roomie durante un gran tiempo.

José Luis Briones Rodríguez por motivarme, y siempre estar al pendiente, por ser un gran ejemplo a seguir a pesar de no ser el más grande.

A mi abuela **Ma. Isabel Martínez Chávez** por siempre estar al pendiente, por esos ánimos que siempre me ha dado y aun me sigue dando.

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	I
DEDICATORIA.....	II
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	III
ÍNDICE DE TABLAS	VI
ÍNDICE DE FIGURAS	VI
RESUMEN	VIII
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
2.1 Objetivo general	3
2.2 Objetivo específico	3
III. HIPÓTESIS.....	3
3.1 Hipótesis alterna.....	3
3.2 Hipótesis nula.....	3
IV. REVISIÓN DE LITERATURA	4
4.1 Origen e historia	4
4.2 Importancia del cultivo	4
4.3 Taxonomía.....	5
4.4 Morfología.....	5
4.5 Requerimientos edafoclimáticos	6
4.6 Importancia de la calidad de fresa	6
4.7 El estrés en las plantas.....	7
4.8 Estrés hídrico.....	7
4.9 Metabolitos secundarios	8
4.10 Fases de respuesta al estrés.....	8

4.11	Estrés abiótico	8
4.12	Vitamina C	9
4.13	Ácido salicílico	9
4.14	Ácido glutámico	9
4.15	Cisteína	10
V.	MATERIALES Y MÉTODOS	11
5.1	Ubicación del experimento	11
5.2	Descripción del material genético	12
5.3	Manejo nutricional	12
5.4	Preparación del sustrato	13
5.5	Trasplante	14
5.6	Tratamientos	15
5.7	Manejo del cultivo	15
	5.7.1 Riego	15
	5.7.2 Control de plagas y enfermedades	16
	5.7.3 Monitoreo pH.	17
	5.7.4 Medición de estrés	18
5.8	Variables evaluadas	19
	5.8.1. Peso de frutos	19
	5.8.2. Diámetro polar	20
	5.8.3. Diámetro ecuatorial	20
	5.8.4. Sólidos solubles totales.....	21
	5.8.5. Firmeza	21
	5.8.6. Contenido de vitamina C	22
	5.8.7. Capacidad de antioxidante.....	22

5.9	Diseño experimental	23
5.10	Análisis estadístico.....	23
VI.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	24
6.1	Peso de frutos	24
6.2	Diámetro ecuatorial	26
6.3	Diámetro polar	28
6.4	Sólidos solubles totales	30
6.5	Firmeza	32
6.6	Contenido de vitamina C	34
6.7	Capacidad de antioxidante	36
6.8	Correlación peso/°Brix.....	38
6.9	Correlación peso/firmeza.....	40
6.10	Correlación °Brix/firmeza.....	42
VII.	CONCLUSIÓN.....	43
VIII.	LITERATURA CITADA	44

ÍNDICE DE TABLAS

Cuadro 1. Solución Nutritiva Steiner	13
Cuadro 2. Descripción de los tratamientos.....	15

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Invernadero donde se realizó la investigación.	11
Figura 2. Material vegetativo utilizado.	12
Figura 3. Realización de la mezcla utilizada.....	13
Figura 4. Plantación de la fresa.....	14
Figura 5. Aplicación de insecticidas y fungicidas para prevenir y atacar.....	16
Figura 6. Preparación de la solución y medición de pH y CE.....	17
Figura 7. Medición y monitoreo del estrés en planta de fresa.	18
Figura 8. Determinación del peso.....	19
Figura 9. Determinación del diámetro polar.....	20
Figura 10. Toma de lectura de sólidos solubles totales.....	21
Figura 11. Toma de lectura de la firmeza.	21
Figura 12. Interacción en la variable peso de frutos al aplicar bioestimulantes con respecto al riego.....	24
Figura 13. Efecto de aplicación de bioestimulantes con diferentes regímenes de riego en fresa.	25

Figura 14. Interacción en la variable diámetro ecuatorial al aplicar bioestimulantes con respecto al riego.....	26
Figura 15. Efecto del diámetro ecuatorial en aplicación de bioestimulantes con diferentes regímenes de riego en fresa (Cv. Albión).	27
Figura 16. Interacción del Diámetro polar entre tratamientos con respecto al riego..	28
Figura 17. Efecto del diámetro polar en aplicación de bioestimulantes con diferentes regímenes de riego en fresa (Cv. Albión).....	29
Figura 18. Interacción de los sólidos solubles totales entre tratamientos con respecto al riego.	30
Figura 19. Efecto de Sólidos Solubles Totales en la aplicación de bioestimulantes con diferentes regímenes de riego en fresa (Cv. Albión).	31
Figura 20. Interacción de firmeza entre tratamientos con respecto al riego.	32
Figura 21. Efecto de la firmeza en la aplicación de bioestimulantes con diferentes regímenes de riego en fresa (cv. Albión).	33
Figura 22. Interacción de firmeza entre tratamientos con respecto al riego.	34
Figura 23. Efecto de la vitamina C en la aplicación de bioestimulantes con diferentes regímenes de riego en fresa (Cv. Albión).....	35
Figura 24 Efecto del DPPH Hidrofílico en la aplicación de bioestimulantes con diferentes regímenes de riego en fresa (Cv. Albión).	36
Figura 25. Correlación de repeticiones peso/°Brix en riego regular (sin estrés) más ácido glutámico.	38
Figura 26 Correlación de repeticiones peso/°Brix en riego por quince días con estrés más ácido glutámico	39
Figura 27. Correlación entre repeticiones peso/firmeza en riego regular sin estrés más ácido glutámico.	40
Figura 28. Correlación entre repeticiones peso/firmeza en riego por treinta días con estrés más ácido glutámico.....	41
Figura 29. Correlación entre repeticiones °Brix/firmeza en riego regular sin estrés más ácido glutámico.	42

RESUMEN

La calidad de fresa se ve afectada por factores como la sequía, aunado a las condiciones del sistema de producción, el propósito de esta investigación es obtener la mejor calidad con la aplicación de bioestimulantes como antiestresante en plantas bajo estrés hídrico. Se aplicaron tres dosis diferentes de bioestimulantes **ácido Salicílico 17.265 mg/L, ácido glutámico 5 g/L y cisteína 50 mg/L** con riegos de quince y treinta días dejando un estrés después del riego hasta llegar a 10 bar en potencial hídrico del tallo y un riego normal sin estrés. Para la evaluación de los datos se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo factorial 3*4 y prueba de medias LSD ($p < 0.05$) Se trabajó con fresa cv. Albión evaluando doce tratamientos, T1 Riego por quince días más **17.265 mg/L de Ácido salicílico**, T2 riego por quince días más **5g/L de Ácido Glutámico**, T3 riego por quince días más **50 mg/L de Cisteína**, T4 riego por quince días sin aplicación, T5 riego por treinta días más 17.265 mg/L de Ácido Salicílico, T6 riego por treinta días más **5g/L de Ácido Glutámico**, T7 riego por treinta días más **50 mg/L de Cisteína**, T8 riego por treinta días sin aplicación, T9 riego regular más **17.265 mg/L de Ácido Salicílico**, T10 Riego regular con aplicación de **5g/L de ácido glutámico**, T11 riego regular más **50 mg/L de Cisteína**, T12 Riego regular (Sin estrés) sin aplicación siendo este el testigo absoluto. Obteniendo como resultados un efecto positivo en cada variable evaluada al agregar los bioestimulantes antes de sufrir un estrés y ser como promotores. Concluyendo que en el riego por quince días y estrés obtenemos un aumento en rendimiento, sólidos solubles totales, diámetro ecuatorial y polar.

Palabras clave: Bioestimulantes, fresa, estrés, calidad, riego.

I. INTRODUCCIÓN

La producción de fresa coloca a México en tercer lugar a nivel mundial, obteniendo un promedio de 639 mil toneladas esto en el periodo 2016 a 2020. Teniendo como principales estados productores Michoacán con 431 mil toneladas, Baja California 123 mil toneladas y Guanajuato con 79 mil toneladas (SAGARPA, 2022). La demanda de estos frutos aumenta en las mismas proporciones que la expansión del cultivo, por lo que muy difícilmente podrá llegar a saturar nuestros mercados, garantizando buenas cotizaciones para el fruto (Baudilio, 1983).

México en el 2020, se convirtió por primera vez en el mayor exportador de fresas del mundo, desplazando a España, quien ocupó esta posición por lo menos en las últimas décadas. Las exportaciones mexicanas de fresa sumaron 851 millones de dólares en 2020, teniendo un incremento interanual de 12.4% (SENASICA, 2021).

El estrés por sequía o por déficit hídrico se produce en las plantas por una escasez de agua, donde la tasa de transpiración excede al consumo de agua. Este déficit hídrico no solo ocurre cuando hay poca agua, sino también por bajas temperaturas y por elevada salinidad del suelo (Moreno, 2009).

El uso de bioestimulantes utilizado para incrementar los rendimientos agrícolas, prevención y tratamiento de plagas y enfermedades en las plantas se ha extendido en diferentes cultivos (López *et al.*, 2021)

Una de las funciones de los bioestimulantes es que mitiga el estrés biótico y abiótico. Estos son totalmente seguros, ya que están libres de **fitotoxicidad**, **ecotoxicidad** y **genotoxicidad**, considerando como compuestas para los cultivos hortofrutícolas que necesitan mejoras en el estrés vegetal y en su fisiología (Hortocampo, 2022).

Existen sustancias sintéticas (químicas) que aplicadas de manera exógena en las plantas tienen funciones similares a las fitohormonas, conocidos como reguladores de crecimiento. Estos reguladores de crecimiento son sustancias que estimulan o inhiben procesos biológicos en la planta, generalmente son activas a concentraciones muy pequeñas (Fagro, 2022).

La fertilización en combinación con el **ácido Salicílico** favorece a las plantas de frijol (Rosales, 2019). Además de que incluye la activación de la muerte celular, así como la inducción de la resistencia local, la expresión de proteínas-PR y la sistémica a enfermedades (Rangel *et al.*, 2012).

En la aplicación exógena de **ácido Glutámico** se obtienen resultados satisfactorios en contenido de clorofila foliar, rendimiento y algunos atributos de la calidad física y química de frutos (Ramírez, 2021). De acuerdo con Serna (2007) nos dice que en la aplicación foliar de **ácido glutámico** favorece a la formación de clorofila b, además de que el efecto acumulado provoca un incremento en la actividad glutámica sintetasa que se refleja en el aumento de la producción de los frutos.

La cisteína es la primera molécula sintetizada en plantas que contiene azufre reducido y ocupa una posición central en el metabolismo debido a sus funciones bioquímicas (Álvarez, 2011)

En este trabajo de investigación se evaluarán tres dosis de diferentes bioestimulantes: ácido salicílico 17.265 mg/L, ácido glutámico 5 g/L y cisteína 50 mg/L en la fresa (cv. Albión) con el objetivo de obtener efecto positivo en rendimiento y calidad, además de reducir el consumo de agua.

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Determinar los efectos de los bioestimulantes aplicados en el cultivo de la fresa, cv. Albión sometidos a un estrés hídrico.

2.2 Objetivo específico

- ✓ Evaluar y comparar la efectividad del uso de bioestimulantes (ácido Salicílico, ácido Glutámico y Cisteína) en fresa sometidas a estrés hídrico.
- ✓ Determinar el mejor riego sin afectar las características físicas (rendimiento, sólidos solubles totales y firmeza) de la fresa.

III. HIPÓTESIS

3.1 Hipótesis alterna

Al menos un tratamiento presentara efecto positivo en la calidad y rendimiento de fresa tras haber sido sometida a estrés hídricas.

3.2 Hipótesis nula.

La aplicación de bioestimulantes no presento una mejora para contrarrestar el estrés.

IV. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1 Origen e historia

El origen de la fresa es europeo, conocida como una fruta pequeña y sabor intenso. En el siglo XVIII se descubrió, entonces se le conoció como fresón o frutilla, sin embargo, actualmente recibe el nombre genérico de "fresa" (Maza y Silipa, 2008). Durante el siglo XV no se conocía otro fresal más que el silvestre, que se encontraba en Europa, éste ofrecía un fruto pequeño que a muy pocos les interesaba (Baudilio, 1983).

4.2 Importancia del cultivo

La fresa en México es un cultivo que va en aumento no solo en cuanto a la producción y la aplicación de la tecnología. El impacto a nivel nacional es notable, ya que se requiere de una gran cantidad de mano de obra teniendo una derrama económica considerable de \$395 582, 640.000 (Rodríguez *et al.*, 2016).

El sector de fresa del valle de Zamora, Michoacán, México. Es de gran importancia económica ya que representa aproximadamente el 40% del volumen total de producción de México. En el 2009, México fue uno de los principales países productores y el tercer país con mayor volumen de exportación (Arana y Trejo, 2014) El valle de Zamora es la principal zona productora de fresa con desarrollo y esfuerzos de industrialización del producto, por lo que se ha convertido en un cultivo estratégico generador de desarrollo económico para la región (Zamora y Mosqueda, 2018).

4.3 Taxonomía

La fresa es una planta dicotiledónea del género *Fragaria*. Su clasificación sistemática es:

Reino: Eukarya

Subreino: Embryobionta

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Subclase: Rosidae

Superorden: Rosanae

Orden: Rosales

Familia: Rosaceae

Subfamilia: Rosoideae

Tribu: Potentilleae

Subtribu: Fragariinae

Género: *Fragaria*

Desarrollo y caracterización de herramientas genómicas en *fragaria* diploide para la mejora del cultivo de fresa.

4.4 Morfología

Raíz: sistema radicular fasciculado constituido por raíces y raicillas; sirviendo como soporte y la absorción de los nutrientes además de almacenar los materiales o sustancias de reserva (Acuña, 2022).

Tallos: emite tallos sarmentosos llamados hilos o guías, desnudos en casi toda su longitud, pero llevando de trecho en trecho unas yemas que emiten raíces adventicias y sirven para multiplicar la planta. (Alsina, 1978)

Hoja: suelen ser alargadas, pecioladas, provistas de dos estípulas rojizas, un limbo dividido en tres foliolos de bordes aserrados y con envés recubierto de pelos (Acuña, 2022).

Flores: pueden ser perfectas (hermafroditas), con órganos masculinos y femeninos, o imperfectas con un solo órgano masculino o femenino, de color blanco. Tienen de cinco a seis pétalos, de 20 a 35 estambres (Acuña, 2022).

Fruto: es el receptáculo de la flor, carnoso, azucarado y perfumado, troncocónico, cónico puntiagudo, cónico no puntiagudo, cónico con cima en cresta, cónico alargado, y cordiforme, globuloso con o sin punta, en abanico, rectangular de sección con cima puntiaguda, rectangular de sección con cima en cresta, diforme, ovoide (Alsina, 1978).

4.5 Requerimientos edafoclimáticos

Temperatura

Los mejores productos se obtienen en regiones cuya temperatura media anual varia de 12° a 20°C (Alsina, 1978).

El factor óptimo de temperatura para la producción de fruta está en promedio de 14°C, pero se puede adaptar muy bien entre 15 y 29°C (Sola Guevara, 2014).

Humedad relativa: para el cultivo de fresa se debe mantener entre 60 y 75%, se pueden adaptar a altitudes desde los 1200 msnm hasta 3000 msnm (Grijalba, 2015).

4.6 Importancia de la calidad de fresa

Los diferentes sistemas de producción afectan la calidad fisicoquímica de los frutos, el uso de malla sombra y acolchado negro permite que la fresa conserve los atributos de calidad y fisicoquímica (Alvarado, 2020).

Martínez (2018) sugiere realizar análisis del tejido foliar por etapa fenológica del cultivo, para tener una mejor elaboración de diagnóstico nutricional y llevar a cabo el

manejo de solución nutritiva de manera puntual, con la finalidad de corregir balances nutricionales y así mejorar la calidad del rendimiento y evitar deficiencias nutricionales. Amaya (2017) al agregar diferentes dosis de compuestos orgánicos: ácidos Fúlvicos, ácidos húmicos y la melaza obtuvo un efecto positivo en la calidad de la fresa, al sobrepasar a los compuestos inorgánicos.

4.7 El estrés en las plantas

Las plantas están constante mente a cambios en su ambiente, que estas a su vez se someten a cambios estacionales de temperatura y cantidad de luz. En ocasiones son demasiados y la planta sale de su zona de confort. (Rodríguez, 2017)

El estrés es un factor biótico o abiótico causando una disminución en el proceso fisiológico de la planta. Pone a la planta en un grado de resistencia o sobrevivencia. (Rodríguez, 2017)

4.8 Estrés hídrico

Es una de las principales causas de muerte en las plantas, esto ocurre cuando la transpiración excede el agua absorbida por las raíces. (Luna *et al.*, 2012).

El estrés afecta al crecimiento como a la reproducción, produciendo una disminución en la tasa de los procesos fisiológicos más importantes, como lo es la fotosíntesis. (Rodríguez, 2017)

4.9 Metabolitos secundarios

Actúan como defensa química a heridas y al ataque de microorganismos patógenos en las plantas, se induce la síntesis y acumulación de compuestos de bajo peso molecular. Además, algunos metabolitos contribuyen a destruir las especies reactivas de oxígeno que son tóxicas para la misma célula vegetal (Sepúlveda, 2003).

4.10 Fases de respuesta al estrés

Fase de alarma: Provoca una caída en los valores metabólicos.

Estado de resistencia o aclimatación: Recupera los valores metabólicos e incluso supera los estándares, dándose una máxima resistencia.

Estado de agotamiento: Las tasas metabólicas disminuyen hasta valores mínimos debido a los daños crónicos, que pueden ocasionar la muerte de las células.

Fase de regeneración: Generación de nuevas células a causa de la eliminación del agente estresante, devolviendo los valores metabólicos a los estándares (Rodríguez, 2017)

4.11 Estrés abiótico

Es una de las principales causas en las pérdidas de producciones agrícolas a nivel mundial. Este influye en factores como la salinidad y temperaturas extremas (Chávez *et al.*, 2012).

La adaptación al estrés abiótico puede ser controlada por redes moleculares que desarrollan una serie de respuestas a nivel morfológico y fisiológico (Méndez y vallejo, 2019).

Las tendencias actuales del cambio climático pronostican un aumento en la severidad y frecuencia de fenómenos climáticos y condiciones ambientales adversas como lo es

la sequía, salinidad del agua y suelo, así como temperaturas extremas (Méndez y vallejo, 2019).

4.12 Vitamina C

González (2020) al evaluar diferentes conductividades eléctricas (CE) en el riego, obtuvo que, en la variable vitamina C se obtuvo un aumento del 34% con la conductividad más alta elevada CE 2.7.

4.13 Ácido salicílico

Es un regulador de crecimiento de naturaleza fenológica, participante de varios procesos fisiológicos en las plantas, así como también como mecanismo de defensa al estrés biótico y abiótico. Además, participa en el funcionamiento de las membranas celulares, incrementa el crecimiento, relaciones hídricas, y la fotosíntesis (Chávez *et al*, 2012).

4.14 Ácido glutámico

El ácido glutámico como tal o en forma ionizada L-Glutámico (GLU) es uno de los aminoácidos que más abunda en la naturaleza, a beneficio de sus funciones importantes a nivel celular y sistémico (Albarracín, 2016)

Al realizar aplicaciones foliares de ácido glutámico se favorece la formación de clorofila b, el efecto acumulado en su aplicación provoca incremento en la actividad de la glutamina sintetasa, lo cual se refleja en un aumento de producción de frutos (Serna, 2011).

4.15 Cisteína

La síntesis de cisteína es muy importante, ya que constituye la fuente inicial del azufre que necesitamos, además ejercer un papel esencial en la defensa de las plantas a situaciones de estrés (Martínez, 2010).

El realizar diferentes concentraciones de L-Cisteína y polivinilpirrolidona (PVP) para controlar la oxidación en explantes *in vitro* de guanábana, se obtuvo que en la aplicación de 10 mg/L de L-Cisteína con 5 g de PVP, 50 mg/L de L-Cisteína con 5 g de PVP y 150 mg/L de L-Cisteína con 1 g de PVP se observó una mayor sobrevivencia, pero no presentaron menor oxidación de explantes (Cruz, 2020).

V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Ubicación del experimento

La investigación se realizó de febrero a agosto del 2022 en un invernadero de tecnología media recubierto de plástico de polipropileno blanco, este cuenta con una pared húmeda, ventiladores, medidores de temperatura y radiación, ubicado en el departamento de Horticultura en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Bellavista, Saltillo, México. Entre las coordenadas geográficas 25°21'22.23" latitud Norte y 101°02'06" longitud oeste y a 1763 metros sobre el nivel del mar.



Invernadero donde se realizó la investigación

Figura 1. Invernadero donde se realizó la investigación.

5.2 Descripción del material genético

El material vegetativo utilizado fue plantas de fresa cultivar Albión de dos meses de edad con un fotoperiodo de día neutral, provenientes de Jalisco, con diámetros de corona de 6-15 cm a raíz desnuda.



Figura 2. Material vegetativo utilizado.

5.3 Manejo nutricional

Para la aplicación se aplicó solución Steiner, en un inicio se fue al 25% después se incrementó a 75% en medida que las plantas avanzaron en su etapa fenológica. No se incrementó hasta el 100% debido a que, si se subía al 100% la conductividad se aumentaba a niveles de estrés para la fresa.

Cuadro 1. Solución Nutritiva Steiner

	Solución Nutritiva						
	Aniones			Cationes			
	NO ³⁻	H ² PO ⁴⁻	SO ⁴⁼	NH ⁴⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺
Steiner	12	1	7	0	7	9	4

Fuente: Infoagro (1961)

5.4 Preparación del sustrato

Para tener un 25% de aireación se realizaron pruebas hasta obtener las proporciones de 70:30 peat moss y perlita, mezclando perfectamente con un poco de agua para mantener una humedad adecuada, cuidando las propiedades físicas y químicas de este obteniendo un pH de 6, estas mezclas se colocaron en bolsas de cultivo de 22x10 cm.



Figura 3. Realización de la mezcla utilizada.

5.5 Trasplante

El trasplante se realizó el 21 de febrero del 2022, seleccionando y clasificando de acuerdo con la medida del diámetro de la corona, para trasplantarlas en bolsas negras de 4 litros, se obtuvieron 75 plantas mismas que fueron distribuidas en el invernadero para continuar con un riego de agua sin solución, con la finalidad de mantener la humedad.



Figura 4. Plantación de la fresa.

5.6 Tratamientos

Cuadro 2. Descripción de los tratamientos

Estrés cada:	Tratamientos	Bioestimulante	Dosis
15 días	T1	Ácido Salicílico	17.265 mg/L
	T2	Ácido Glutámico	5 g/L
	T3	Cisteína	50 mg/L
	T4	Sin aplicación (T)	0
30 días	T5	Ácido Salicílico	17.265 mg/L
	T6	Ácido Glutámico	5 g/L
	T7	Cisteína	50 mg/L
	T8	Sin aplicación (T)	0
Regular sin estrés	T9	Ácido Salicílico	17.265 mg/L
	T10	Ácido Glutámico	5 g/L
	T11	Cisteína	50 mg/L
	T12	Sin aplicación (Testigo absoluto)	0

Fuente: Elaboración propia

5.7 Manejo del cultivo

Es importante tener un buen manejo en el cultivo por lo que debemos monitorear el riego, plagas y enfermedades, pH y el en este caso la medición del estrés hídrico.

5.7.1 Riego

Los riegos se realizaron manualmente agregando un litro por planta y cuidando un drenaje del 30%. Realizando los riegos cada tercer día o dependiendo las condiciones climáticas.

5.7.2 Control de plagas y enfermedades

Durante el desarrollo de la fresa hubo presencia de mosca blanca, palomilla y araña roja por lo que se realizaron aplicaciones de confidel, captan, además de realizar aplicaciones de jabón Roma para controlar.



Figura 5. Aplicación de insecticidas y fungicidas para prevenir y atacar.

5.7.3 Monitoreo pH.

Las mediciones para el pH y CE se realizaban antes de aplicar el riego, utilizando un potenciómetro de la marca Hanna de alta gama, con la finalidad de mantenerlos con un pH de 5.5-6 y una CE de 1.3 ds/m.



Figura 6. Preparación de la solución y medición de pH y CE.

5.7.4 Medición de estrés

Esta medición se realizaba con ayuda de una cámara de presión Scholander PMS con bomba integrada de aire, después de que se realizará el riego por quince y el de treinta días. Se tapaba una de las hojas de la fresa con aluminio y una bolsa, se dejaba por 5 minutos para después cortarla e introducirla a la cámara de presión evitando que se escapara el aire, para enseguida bombear y observar que tan estresada estaba la planta. Se debía poner atención para evitar que este tuviera un estrés de 15 bar lo que nos indicaba que la planta se encontraba en punto de marchitez permanente, se hacían mediciones cada dos días según el clima y cuando se acercara a 9-10 bar se volvía a iniciar su riego.



Figura 7. Medición y monitoreo del estrés en planta de fresa.

5.8 Variables evaluadas

5.8.1. Peso de frutos

Una vez cosechada la fruta con ayuda de una balanza marca Rhino se pesaba la fresa, obteniendo los datos en gramos realizando esta actividad con cada fresa cosechada.



Figura 8. Determinación del peso.

5.8.2. Diámetro polar

La medición se realizaba con ayuda de un vernier, recolectado el fruto se tomaba la medida del diámetro polar representado en milímetros (mm) esto con cada fruto que se cosechaba.



Figura 9. Determinación del diámetro polar.

5.8.3. Diámetro ecuatorial

Para obtener las medidas del diámetro ecuatorial de cada fresa cosechada se utilizó un vernier marca Truper CALDI-6MP, calibrador digital con capacidad máxima de 6 “/150 milímetros (mm), y una capacidad mínima de 0.0005” /0.01 milímetros (mm). Capturando 2 medidas de diferentes ángulos por cada fresa y obtener un promedio.

5.8.4. Sólidos solubles totales

Utilizando un refractómetro marca ATAGO y con ayuda de un cúter se retiró un pedazo de fruta de fresa para obtener un poco de jugo y proseguir a colocar la muestra en el refractómetro arrojándonos el contenido de °Brix.

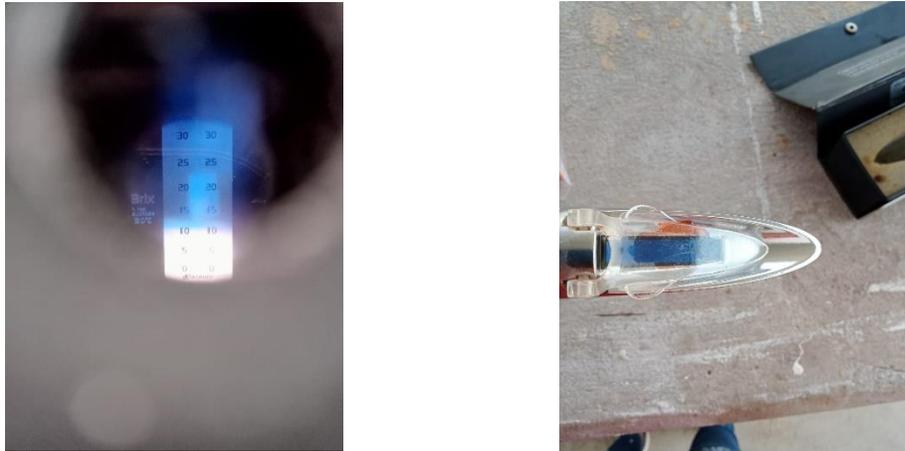


Figura 10. Toma de lectura de sólidos solubles totales.

5.8.5. Firmeza

Con ayuda de un penetrómetro, perforamos la fruta y observamos el dato arrojado que se mostró para obtener valores promedio.



Figura 11. Toma de lectura de la firmeza.

5.8.6. Contenido de vitamina C

Utilizando una tabla y una navaja o cúter se picó un poco la fresa y con ayuda de una balanza eléctrica Torrey PS-5 se pesaron 20g, para pasarlos a un mortero agregar 10 ml de ácido clorhídrico al 2%, triturando hasta obtener una mezcla homogénea. Una vez lista la mezcla se le agregaron 100 ml de agua destilada para después filtrar con una gasa estéril en un matraz de aforación de Erlenmeyer.

Se aforo a 100 ml con agua destilada, enseguida se tomó una un alícuota de 10 ml del filtrado y se realizó el proceso de titulación con 2-6 diclorofenolindofenol hasta poder obtener una coloración rosácea persistente (Padayatt et al., 2001)

El contenido de vitamina C se determinó con ayuda de la (formula) y se expresó en mg 100 g⁻¹ de peso fresco de acuerdo con el método de (Padayatt et al., 2001)

$$Vit = \frac{(ml \text{ utilizados de } 2 - 6 \text{ diclorofenolindofenol} * 0.088 * \text{Volumen total} * 100)}{(\text{Volumen alicuato} * \text{Peso de muestra})}$$

5.8.7. Capacidad de antioxidante

Determinación de capacidad antioxidante por el método del reactivo DPPH en micro placa.

Para las extracciones se usaron 1,500 µL de cada solvente, ya que se realizaron tanto extracciones lipofílicas, Hexano:Acetona, a razón 3:2; como hidrofílicas, para el cual se hace uso de un buffer de fosfatos, el cual se conforma de fosfato de sodio monobásico y dibásico, siendo su concentración final de 14 mM y 36 mM respectivamente. Se añadieron 5mg de polivinilpirrolidona (PVP) el cual es un estabilizador que se adiciona con el fin de evitar la pérdida de los compuestos y preservar la capacidad antioxidante real. Se llevó a vortex y se procedió a zonificar 10 minutos. Se centrifugó a 12,500 RPM a 4°C y finalmente se filtró con filtros de

politetrafluoroetileno (PTFE). Cada extracción se diluyó en una razón 1:9 para continuar con el procedimiento.

En microplaca se añadieron 235 μL del reactivo DPPH y se 6 μL de la muestra a evaluar o blanco, el cual es buffer de fosfatos. Se espera un tiempo de reacción de 30 minutos y se procede a leer en espectrofotómetro a una longitud de onda de 600nm.

5.9 Diseño experimental

El experimento se estableció con un diseño factorial completamente al azar 3x4, con 5 repeticiones por tratamiento, la unidad experimental consistió en 60 macetas, obteniendo 12 tratamientos con 5 repeticiones cada uno teniendo un estrés después del riego por quince y treinta días.

5.10 Análisis estadístico

Los datos se analizaron mediante el análisis estadístico ANOVA y una comparación de medias LSD Fisher ($p < 0.05$), mediante un paquete estadístico InfoStat.

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Peso de frutos

El análisis estadístico indicó interacción estadísticamente significativa ($P>0.05$) teniendo a los tratamientos por arriba del testigo que es el riego regular (sin estrés) sin aplicación. En la aplicación de **17.265 mg/L de Ácido Salicílico** con un riego regular, riego por quince días con estrés y riego por treinta días con estrés hay una diferencia numérica mayor del 50, 57, y 24% con respecto al testigo absoluto (Riego regular sin aplicación). Comparado con Domínguez (2016), que al agregar Ácido Salicílico en las dosis de 10^{-3} y 10^{-4} M L⁻¹ aplicado foliar obtuvo una diferencia menor de 39.2 y 41.8% menos que el testigo.

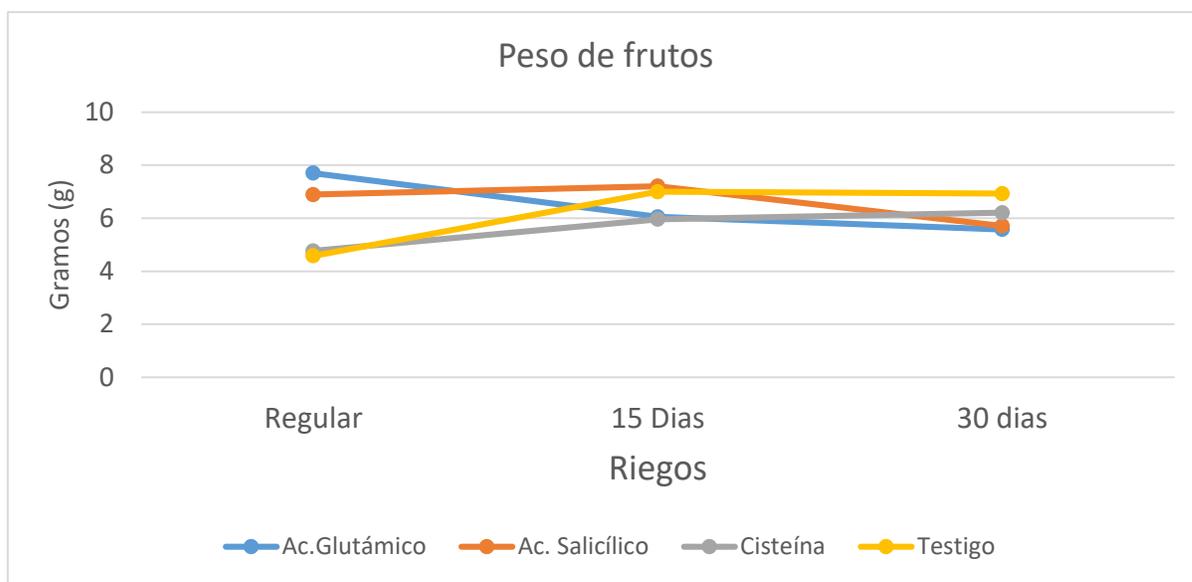


Figura 12. Interacción en la variable peso de frutos al aplicar bioestimulantes con respecto al riego.

En la variable peso del fruto, el tratamiento 10 riego regular más 5 g/L ácido Glutámico obtuvo el mayor peso con un aumento del 68% respecto al testigo absoluto. Esto con cuerda con la investigación realizada por Serna *et al.*, (2011) quien al agregar diferentes dosis de Ácido Glutámico obtuvo diferencias significativas con respecto al testigo. Mientras que López (2016), en su investigación obtuvo diferencias significativas al agregar 1.98 g/L de Ácido Glutámico con respecto al testigo (sin aplicación), donde hubo una diferencia numérica menor del 69.5%. La aplicación se realizó foliar lo cual estuvo disponible principalmente en rutas metabólicas con respecto a la respiración.

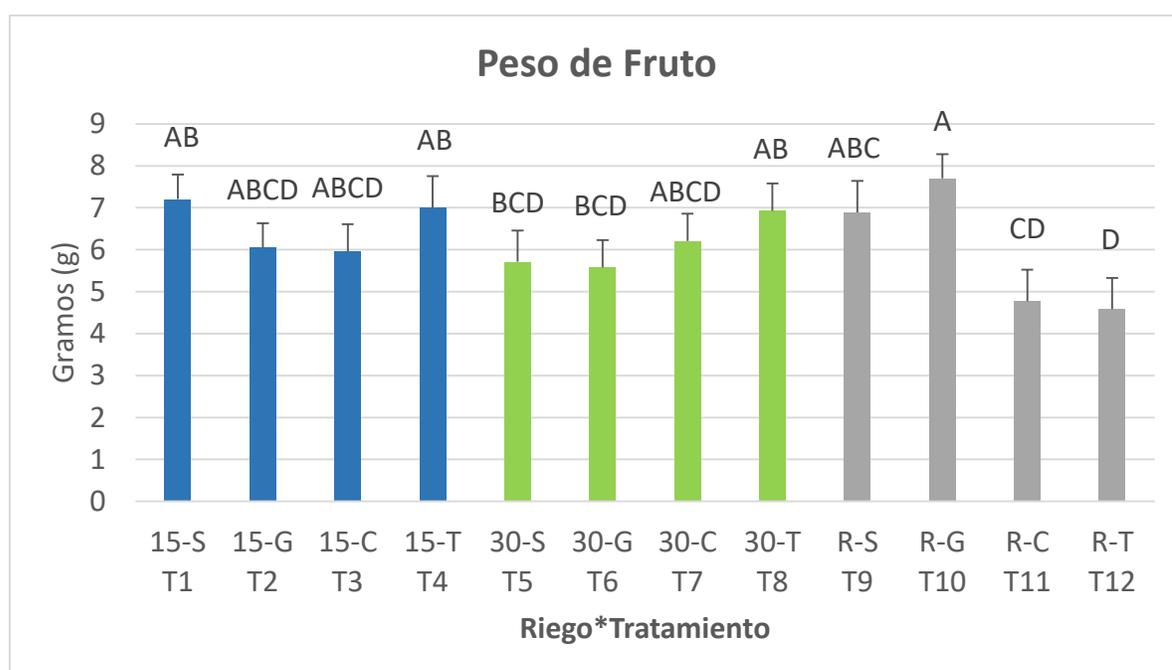


Figura 13. Efecto de aplicación de bioestimulantes con diferentes regímenes de riego en fresa.

¹ T1 riego quincenal más 17.265 mg/L de Ácido Salicílico, T2 riego quincenal más 5 g/L de Ácido Glutámico, T3 riego quincenal más 50mg/L de Cisteína, T4 riego quincenal sin aplicación, T5 riego cada treinta días más 17.265 mg/L de Ácido Salicílico, T6 riego cada treinta días más 5 g/L de Ácido Glutámico, T7 riego cada treinta días más 50mg/L de Cisteína, T8 riego cada treinta días sin aplicación, T9 riego regular más 17.265 mg/L de Ácido Salicílico, T10 riego regular más 5 g/L de Ácido Glutámico, T11 riego regular más 50mg/L de Cisteína, T12 riego regular (sin estrés) sin aplicación.

6.2 Diámetro ecuatorial

Se observa que el punto que sobresale en la gráfica de líneas es el de riego regular más Ácido Salicílico teniendo un valor de 2.22 cm de diámetro ecuatorial siendo el mayor respecto al testigo absoluto.

En la investigación realizada por (Aguilar, *et al.*, 2011) al evaluar diferentes dosis de Ácido Salicílico concluyó que al agregar 0.0001 micro mol (μM) de Ácido Salicílico hay efecto positivo en la fresa presentando un incremento de altura de la planta, número de flores y número de frutos. Pudiendo señalar que el Ácido Salicílico es un regulador de crecimiento que estimula la bioproduktividad de fresa.

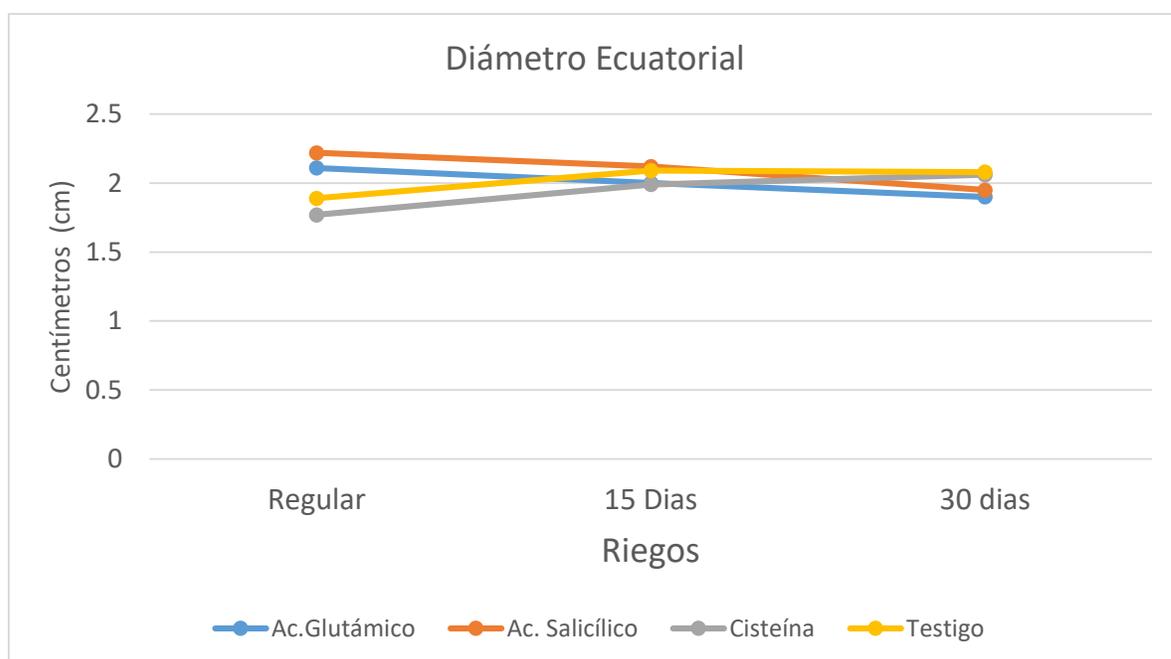


Figura 14. Interacción en la variable diámetro ecuatorial al aplicar bioestimulantes con respecto al riego.

De acuerdo con el análisis de varianza ANOVA y comparación de medias Fisher los tratamientos presentaron diferencias estadísticas significativas al compararlo con las plantas testigo. Se observa (**figura 15**) que en el riego regular más ácido Salicílico presento una diferencia mayor de 17% comparado con las plantas testigo absoluto. García, (2016), al evaluar diferentes porcentajes de desaturación de sustrato, obtuvo que donde se encuentran los frutos con el mayor diámetro ecuatorial son el testigo y las plantas que reciben el 10% de desaturación, siendo el de 15 y 20% de desaturación los diámetros más bajos.

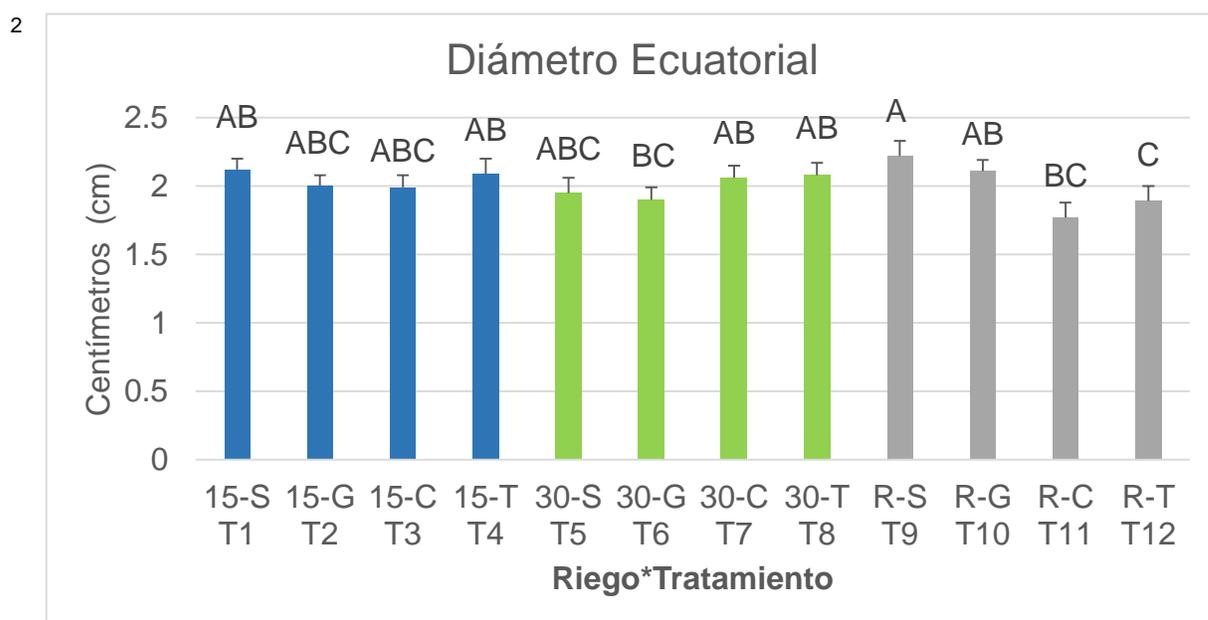


Figura 15. Efecto del diámetro ecuatorial en aplicación de bioestimulantes con diferentes regímenes de riego en fresa (Cv. Albión).

² T1 riego quincenal más 17.265 mg/L de Ácido Salicílico, T2 riego quincenal más 5 g/L de Ácido Glutámico, T3 riego quincenal más 50mg/L de Cisteína, T4 riego quincenal sin aplicación, T5 riego cada treinta días más 17.265 mg/L de Ácido Salicílico, T6 riego cada treinta días más 5 g/L de Ácido Glutámico, T7 riego cada treinta días más 50mg/L de Cisteína, T8 riego cada treinta días sin aplicación, T9 riego regular más 17.265 mg/L de Ácido Salicílico, T10 riego regular más 5 g/L de Ácido Glutámico, T11 riego regular más 50mg/L de Cisteína, T12 riego regular (sin estrés) sin aplicación.

6.3 Diámetro polar

En cuanto al diámetro polar podemos observar (**figura 16**) que las interacciones entre las aplicaciones no difieren mucho, ya que se pueden observar muy cercanas entre ellas Platas (2022), al evaluar diferentes niveles de humedad (100, 90, 80 y 70%) no encontró diferencias estadísticas significativas.

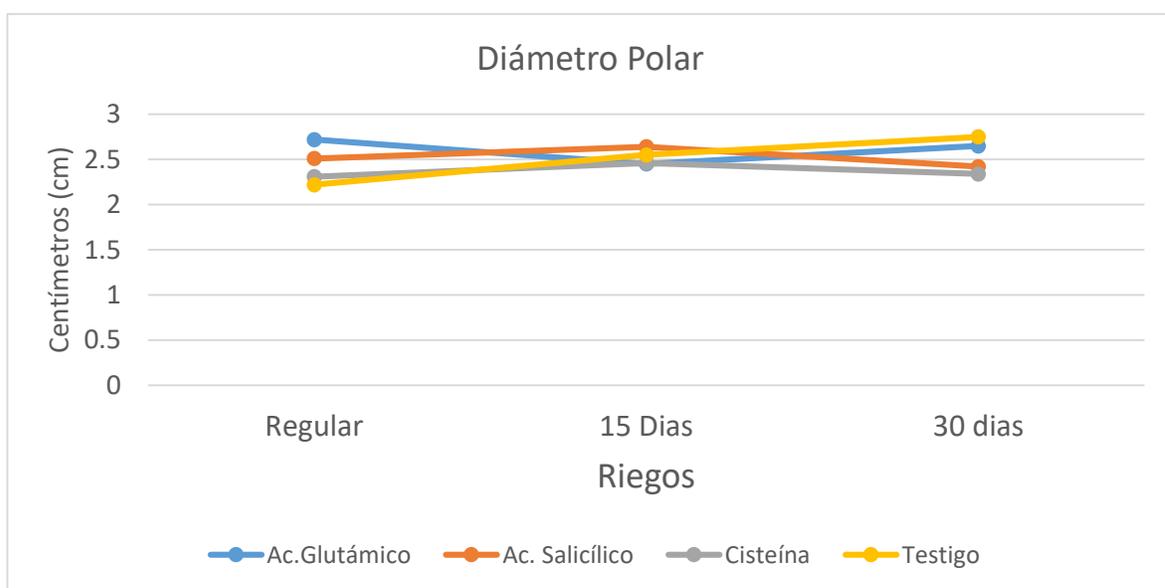


Figura 16. Interacción del Diámetro polar entre tratamientos con respecto al riego.

En los tratamientos T1 al T10 no hay diferencias significativas entre ellos, pero si difieren del T12 testigo absoluto, siendo el T8 riego por treinta días sin aplicación y el T10 riego regular más 5 g/L de ácido Glutámico los valores numéricos mayores con un aumento de 23 y 22%.

De acuerdo a García (2016) en su investigación estadísticamente no encontró diferencias significativas mediante la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$). Sin embargo, si se presentaron diferencias numéricas entre tratamientos, en el tratamiento dos con 10% de desaturación alcanzo un valor mayor de 4.48 cm, mientras que en el tratamiento tres se obtuvo un valor de 3.64 cm menor al testigo.

3

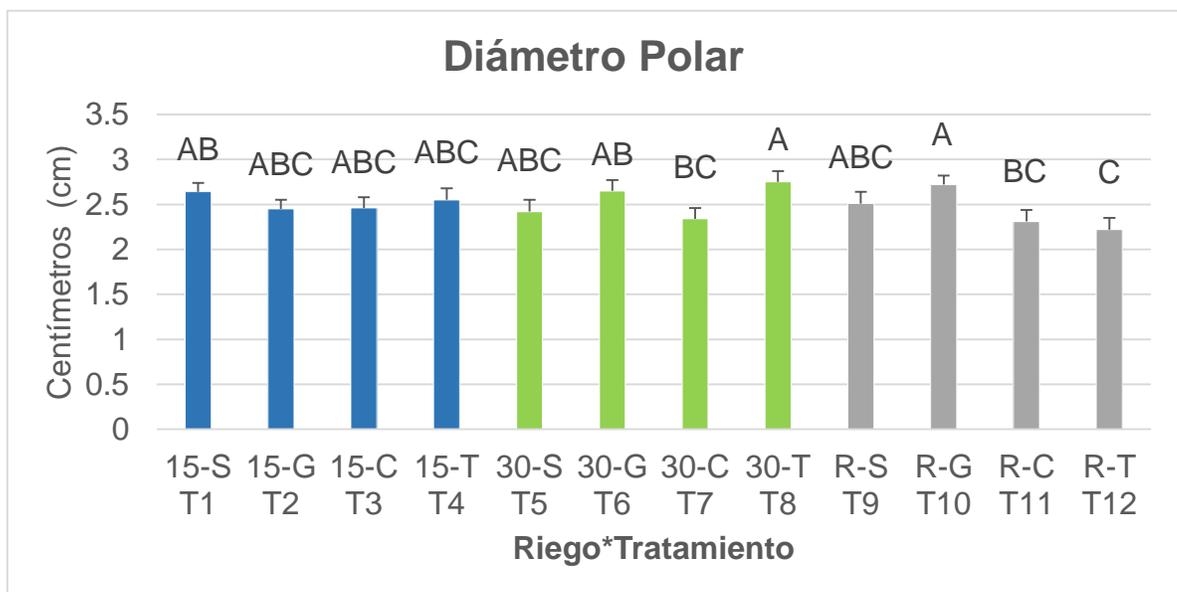


Figura 17. Efecto del diámetro polar en aplicación de bioestimulantes con diferentes regímenes de riego en fresa (Cv. Albión).

³ T1 riego quincenal más 17.265 mg/L de Ácido Salicílico, T2 riego quincenal más 5 g/L de Ácido Glutámico, T3 riego quincenal más 50mg/L de Cisteína, T4 riego quincenal sin aplicación, T5 riego cada treinta días más 17.265 mg/L de Ácido Salicílico, T6 riego cada treinta días más 5 g/L de Ácido Glutámico, T7 riego cada treinta días más 50mg/L de Cisteína, T8 riego cada treinta días sin aplicación, T9 riego regular más 17.265 mg/L de Ácido Salicílico, T10 riego regular más 5 g/L de Ácido Glutámico, T11 riego regular más 50mg/L de Cisteína, T12 riego regular (sin estrés) sin aplicación.

6.4 Sólidos solubles totales

Se observa que hay un incremento continuo con respecto al testigo absoluto (riego regular sin aplicación), teniendo en la aplicación de 5 g/L de Ácido Glutámico un aumento notable en riego regular y en riego por quince días, pero una disminución en el riego por treinta días. Sin embargo, López Meza (2016) no encontró diferencias significativas al agregar 1.96 g/L de Ácido Glutámico comparado con las plantas testigo teniendo una diferencia numérica menor 18.33%.

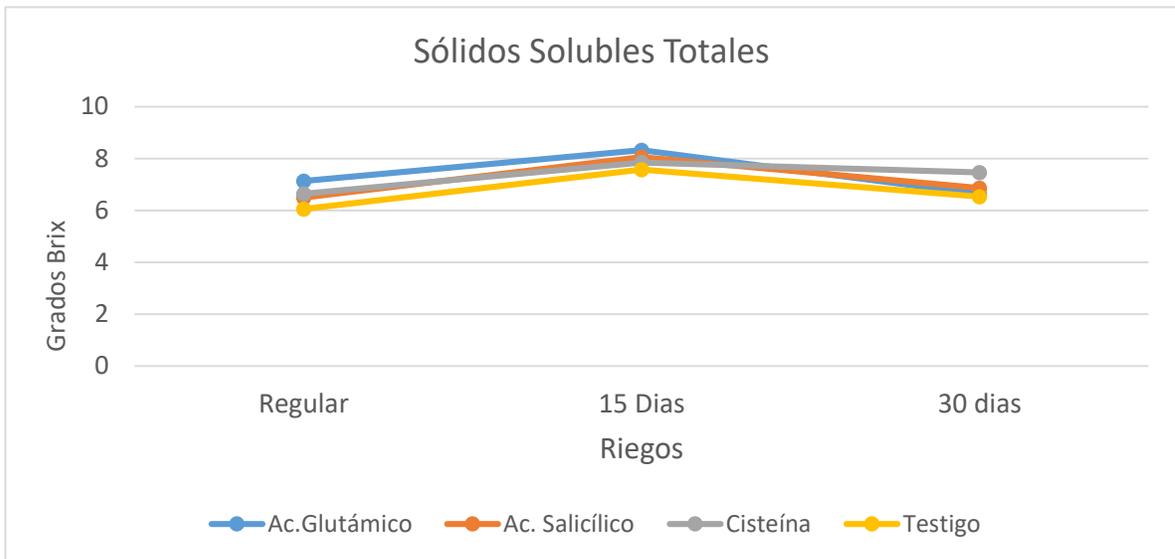


Figura 18. Interacción de los sólidos solubles totales entre tratamientos con respecto al riego.

De acuerdo a los datos arrojados por el análisis de varianza los tratamientos muestran diferencias significativas sobre los Sólidos Solubles Totales. Siendo el T2 riego por quince días más 5 g/L de Ácido Glutámico el que mostro un incremento del 37% con respecto al testigo absoluto (T12). Los tratamientos que se regaron por quince días T1, T3 y T4 mostraron un incremento del 33, 29 y 25% sin dejar a un lado el T6 riego por treinta días, quien mostro un aumento del 9%. Sin embargo, los resultados no concuerdan con García, (2016) que al evaluar diferentes porcentajes de desaturación del sustrato en fresa no encontró diferencias significativas, pero si diferencias numéricas, los frutos provenientes de las plantas regadas con un porcentaje de desaturación del 15% fueron los valores más altos.

Debido a que la planta sufre un estrés, la transpiración se ve afectada lo que provoco un aumento en los sólidos solubles totales.

4

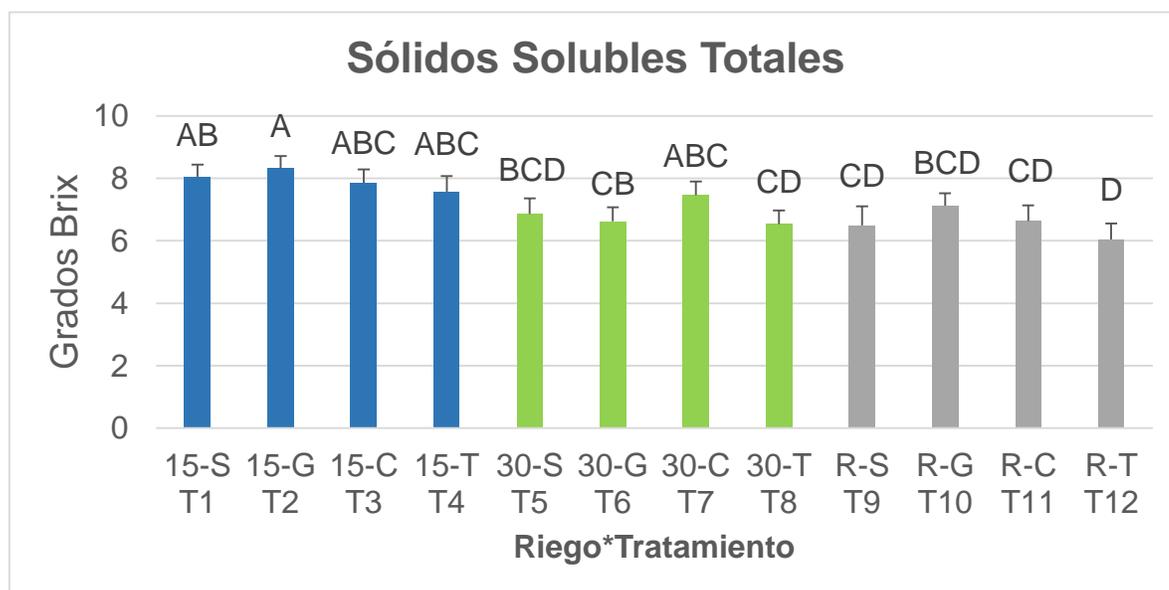


Figura 19. Efecto de Sólidos Solubles Totales en la aplicación de bioestimulantes con diferentes regímenes de riego en fresa (Cv. Albión).

⁴ T1 riego quincenal más 17.265 mg/L de Ácido Salicílico, T2 riego quincenal más 5 g/L de Ácido Glutámico, T3 riego quincenal más 50mg/L de Cisteína, T4 riego quincenal sin aplicación, T5 riego cada treinta días más 17.265 mg/L de Ácido Salicílico, T6 riego cada treinta días más 5 g/L de Ácido Glutámico, T7 riego cada treinta días más 50mg/L de Cisteína, T8 riego cada treinta días sin aplicación, T9 riego regular más 17.265 mg/L de Ácido Salicílico, T10 riego regular más 5 g/L de Ácido Glutámico, T11 riego regular más 50mg/L de Cisteína, T12 riego regular (sin estrés) sin aplicación.

6.5 Firmeza

En las gráficas de líneas observamos que los valores más altos los podemos observar en el riego por treinta días con sus diferentes aplicaciones, en cuestión del riego regular y riego por treinta días los valores son muy similares entre ellos. Masabanda y García, (2023) concluyeron que el uso de sistemas de riego como el riego por goteo y fertirriego permiten un consumo preciso de agua y nutrientes a las plantas. Esto mejora el uso del agua y los recursos, reduce pérdidas y optimiza la absorción de nutrientes. Además, el riego deficitario controlado puede ser estrategia para mejorar la calidad de las fresas.

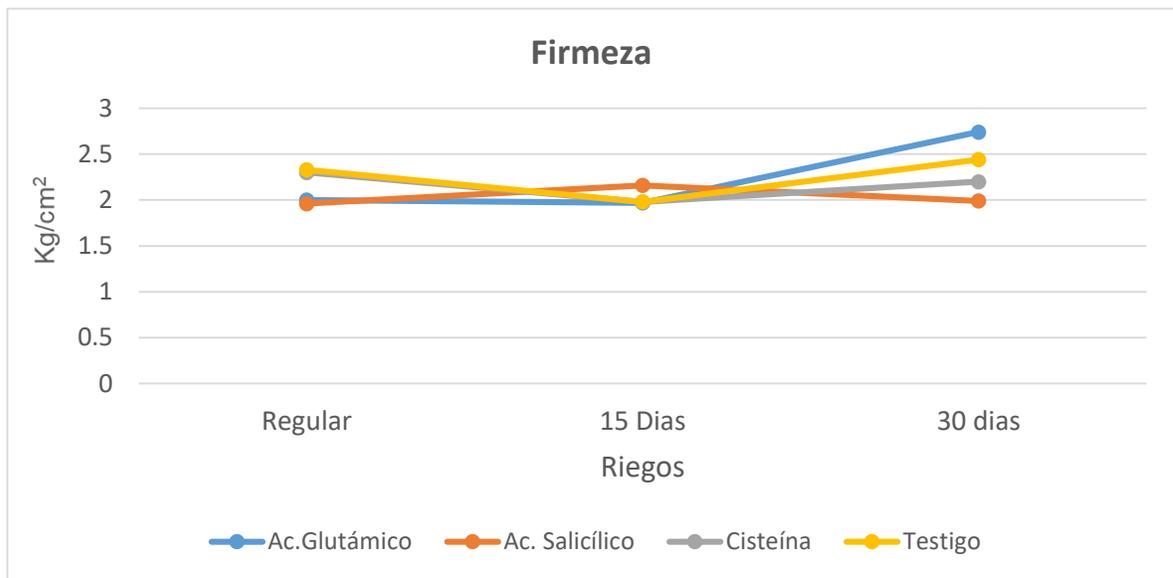


Figura 20. Interacción de firmeza entre tratamientos con respecto al riego.

En esta variable no se encontró diferencia significativa con respecto al testigo absoluto T12. Numéricamente el que presentó un valor mayor fue el T6 riego por 30 días más Ácido Glutámico con un 17%. Los resultados coinciden con García (2016) quien no obtuvo una diferencia significativa en los diferentes porcentajes de desaturación de sustrato. Sin embargo, si obtuvo frutos con mayor firmeza en los tratamientos del 5 y 10%. Al igual que Huachi (2019) que al agregar dos diferentes tipos de bioestimulantes no encontró diferencias estadísticas significativas.

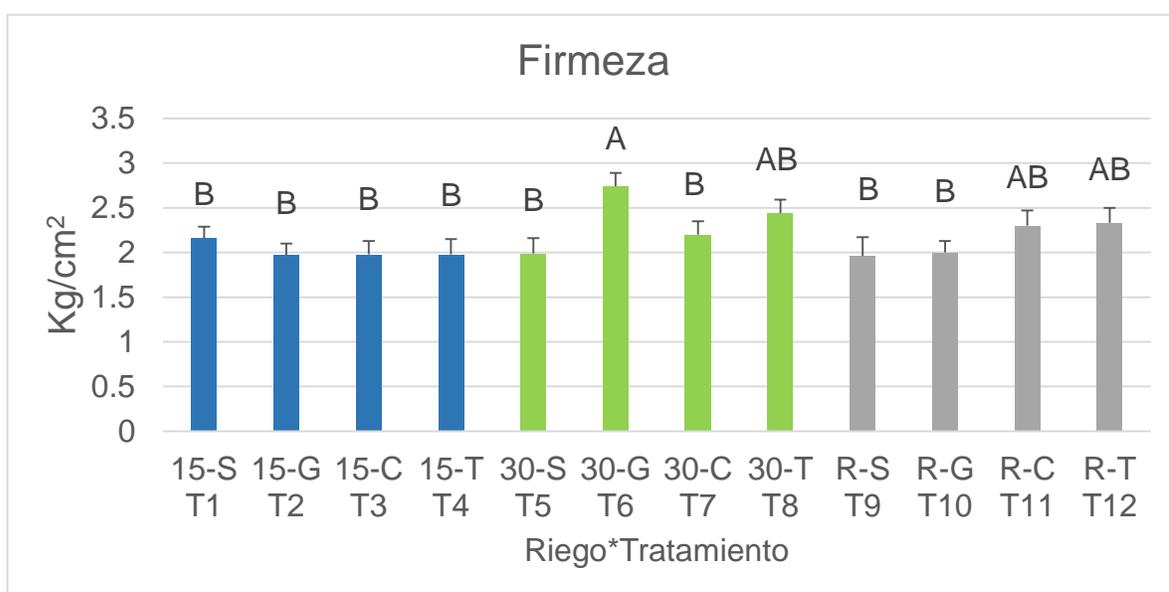


Figura 21. Efecto de la firmeza en la aplicación de bioestimulantes con diferentes regímenes de riego en fresa (cv. Albión).

⁵ T1 riego quincenal más 17.265 mg/L de Ácido Salicílico, T2 riego quincenal más 5 g/L de Ácido Glutámico, T3 riego quincenal más 50mg/L de Cisteína, T4 riego quincenal sin aplicación, T5 riego cada treinta días más 17.265 mg/L de Ácido Salicílico, T6 riego cada treinta días más 5 g/L de Ácido Glutámico, T7 riego cada treinta días más 50mg/L de Cisteína, T8 riego cada treinta días sin aplicación, T9 riego regular más 17.265 mg/L de Ácido Salicílico, T10 riego regular más 5 g/L de Ácido Glutámico, T11 riego regular más 50mg/L de Cisteína, T12 riego regular (sin estrés) sin aplicación.

6.6 Contenido de vitamina C

En la variable vitamina C (**figura 22**) se observa que hay diferencias entre aplicaciones de bioestimulantes con respecto al riego aplicado. En la aplicación de ácido salicílico con un riego por treinta días presenta el valor más alto. Amaya (2017) concluyó que al agregar compuestos orgánicos: Fúlvicos, ácidos húmicos y la melaza presentaron un efecto positivo en la calidad de la fresa.

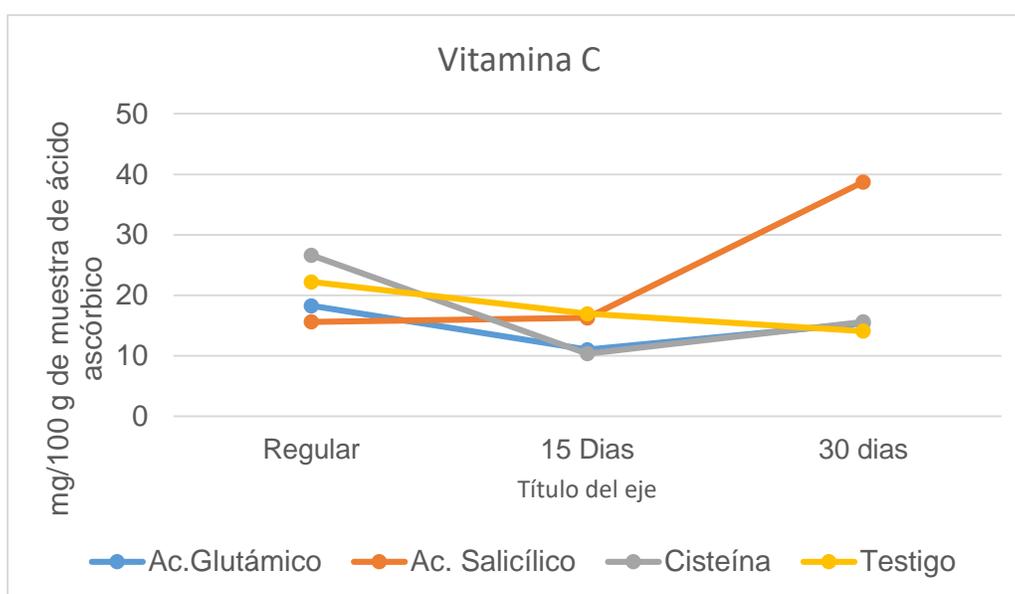


Figura 22. Interacción de firmeza entre tratamientos con respecto al riego.

La variable Vitamina C presento efecto significativo ($P>0.05$) entre los tratamientos, el riego por treinta días más ácido salicílico presento una diferencia del 74% respecto al testigo absoluto, obteniendo el valor numérico más alto. Mientras que el T2 riego por quince días más ácido glutámico presento un valor bajo con una disminución del 49% y de la misma manera el T3 riego por treinta días más cisteína presento una diferencia menor del 46%. Alonso, (2004) no encontró diferencias significativas entre tratamientos, pero si numéricas presentando un valor menor en el contenido de Vitamina C en el tratamiento dos al agregar Ácido Salicílico en el cultivo de tomate.

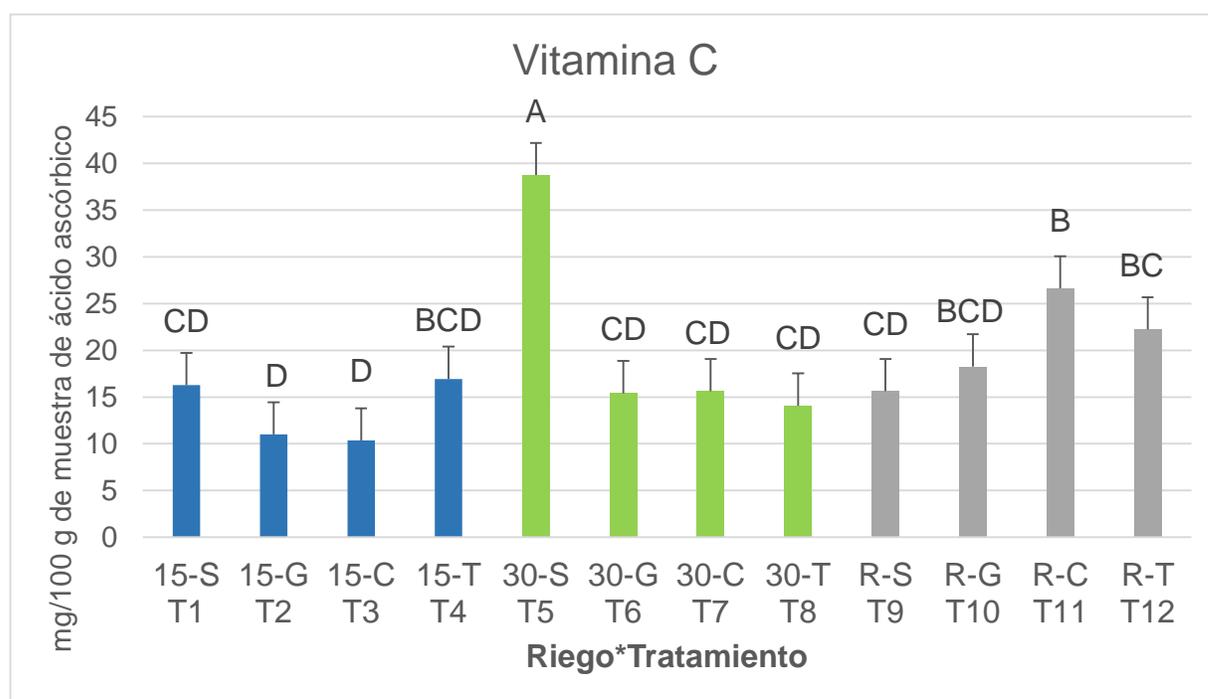


Figura 23. Efecto de la vitamina C en la aplicación de bioestimulantes con diferentes regímenes de riego en fresa (Cv. Albión).

⁶ T1 riego quincenal más 17.265 mg/L de Ácido Salicílico, T2 riego quincenal más 5 g/L de Ácido Glutámico, T3 riego quincenal más 50mg/L de Cisteína, T4 riego quincenal sin aplicación, T5 riego cada treinta días más 17.265 mg/L de Ácido Salicílico, T6 riego cada treinta días más 5 g/L de Ácido Glutámico, T7 riego cada treinta días más 50mg/L de Cisteína, T8 riego cada treinta días sin aplicación, T9 riego regular más 17.265 mg/L de Ácido Salicílico, T10 riego regular más 5 g/L de Ácido Glutámico, T11 riego regular más 50mg/L de Cisteína, T12 riego regular (sin estrés) sin aplicación.

6.7 Capacidad de antioxidante

En la aplicación de bioestimulantes tuvo un efecto positivo el riego de quince días en la cantidad de DPPH Hidrofílico. Vargas (2023) concluye que se han desarrollado múltiples sustancias bioestimulantes que han proporcionado resultados positivos en la producción de fresa.

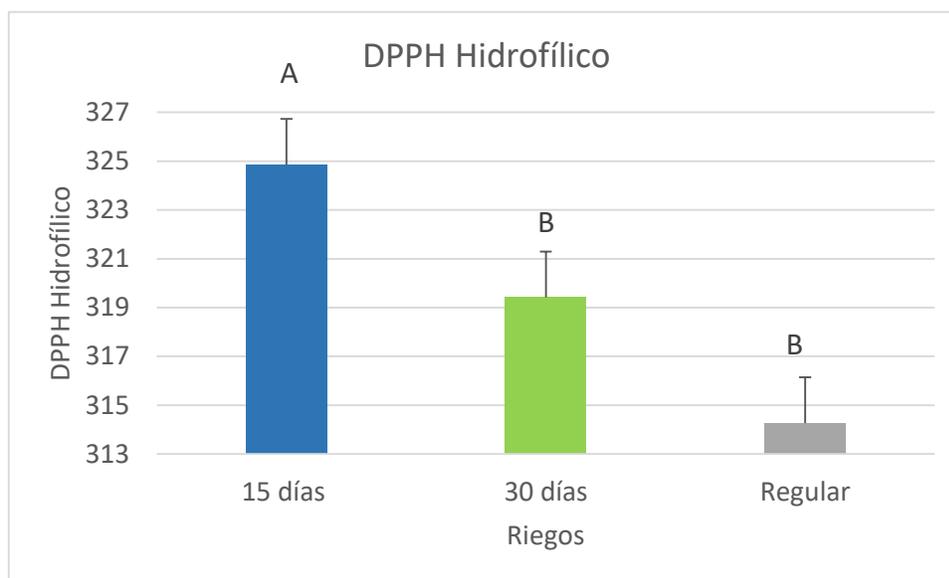


Figura 24 Efecto del DPPH Hidrofílico en la aplicación de bioestimulantes con diferentes regímenes de riego en fresa (Cv. Albión).

Si bien los bioestimulantes mostraron un efecto positivo al presentar un aumento en la variable peso, diámetro ecuatorial, diámetro polar, sólidos solubles totales y vitamina C. El **ácido salicílico** ayuda en el incremento de la floración, siendo la prolina el aminoácido que ayuda cuando la planta está sufriendo un estrés en este caso estrés hídrico (Gutiérrez, 2017).

Sin embargo, el **ácido glutámico** ayuda en la entrega de energía a la planta. La planta tiene dos rutas de entrada de nutrientes, la ruta apoplástica que esta no requiere de energía ya que pasa sobre las células y entra a través de transpiración por lo que no requiere de energía en forma de **ATP** (Trifosfato de adenosina), mientras que la ruta simplastica también transporta nutrientes, pero solo los más esenciales como el calcio, fosforo y potasio, estos son transportados a través de la células por lo que requiere de energía **ATP** (Trifosfato de adenosina), esta ruta se activa cuando la planta se encuentra en un estrés por lo que la planta enfoca su energía en solo tomar lo necesario (Intagri, 2018).

El aumento en el diámetro ecuatorial y sólidos solubles totales pudo haber sido a que al agregar **cisteína** ayuda en el incremento de masa y la expansión foliar, aunado a que un aumento de follaje hay un aumento de biomasa porque lo que se tendrá mayor rendimiento en la fresa (Angulo, 2009).

6.8 Correlación peso/°Brix

Hay un factor importante que se debe considerar que es la maduración en la fresa, aunque una característica de estas variables es que entre mayor sea el peso mayor es la cantidad de sólidos solubles totales.

Riego regular sin estrés más ácido glutámico

La **figura 25** indica una correlación positiva (R^2 de 0.8379) entre peso de frutos y contenido de grados brix, siendo esto una característica deseable ya que entre más peso mayor grados brix.

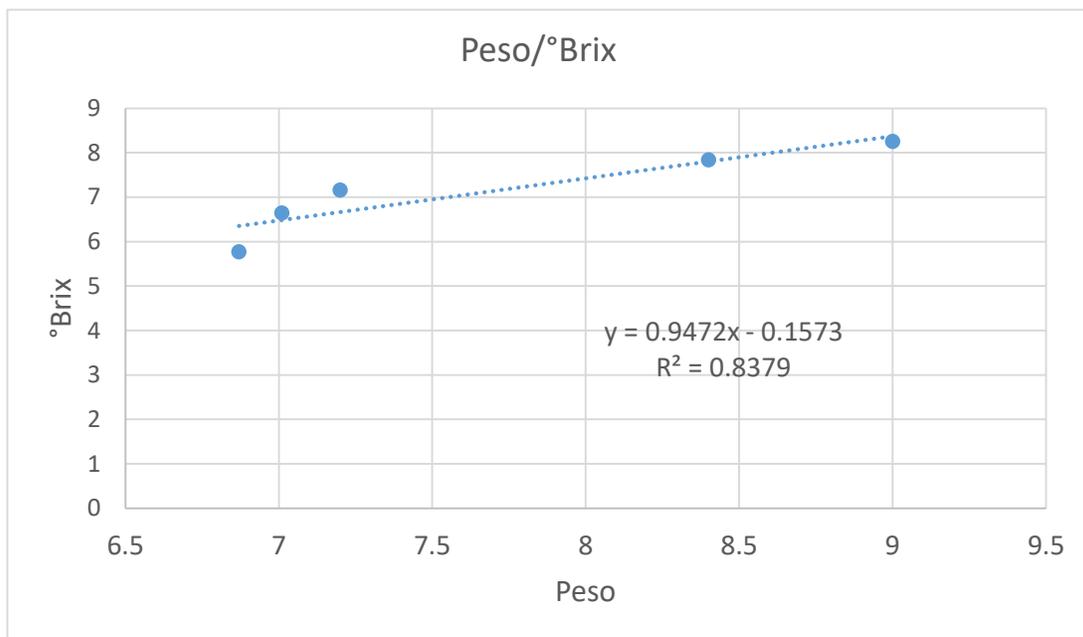


Figura 25. Correlación de repeticiones peso/°Brix en riego regular (sin estrés) más ácido glutámico.

Riego por quince días con estrés más ácido glutámico

La **figura 26** nos muestra una correlación negativa teniendo un valor de (R^2 de 0.4305) entre peso en relación grados brix en el riego por quince días con estrés más ácido glutámico. Pero observamos lo contrario de la figura que entre mayor peso menor cantidad de sólidos solubles totales.

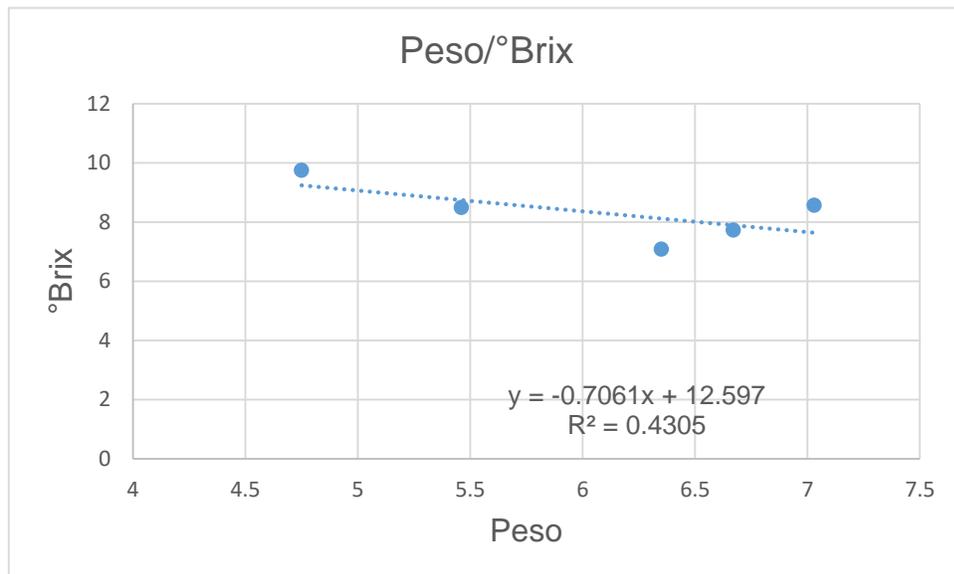


Figura 26 Correlación de repeticiones peso/°Brix en riego por quince días con estrés más ácido glutámico

6.9 Correlación peso/firmeza

Riego regular sin estrés más ácido glutámico

En la **figura 27** indica que la correlación es positiva arrojando un valor de (R^2 de 0.6738) entre el peso con firmeza en el riego sin estrés más ácido glutámico. Además de observar que entre mayor es el peso se presenta menor firmeza.

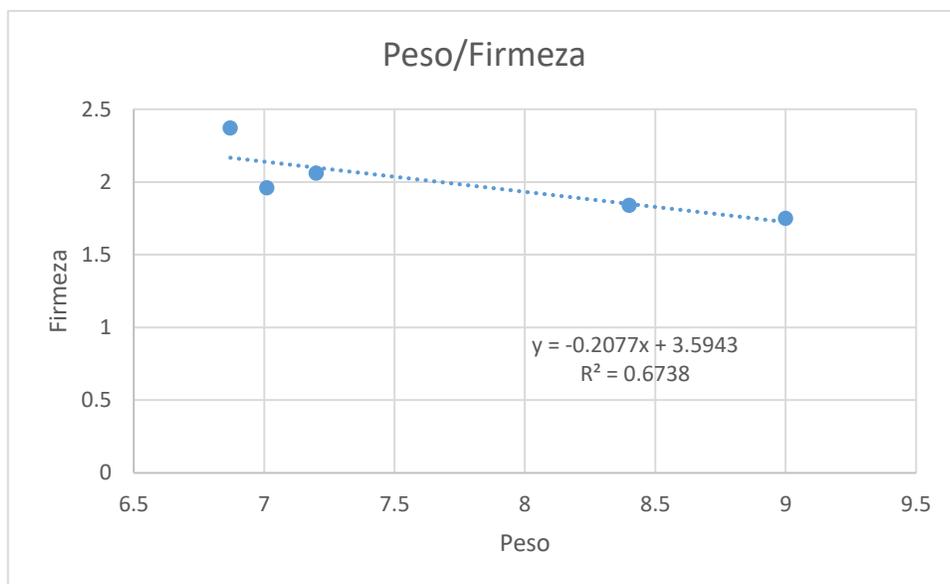


Figura 27. Correlación entre repeticiones peso/firmeza en riego regular sin estrés más ácido glutámico.

Riego por treinta días con estrés más ácido glutámico

La **figura 28** indica que entre mayor sea el peso menor es la firmeza de la fresa arrojando una (R^2 de 0.6655), observando variabilidad entre los puntos.

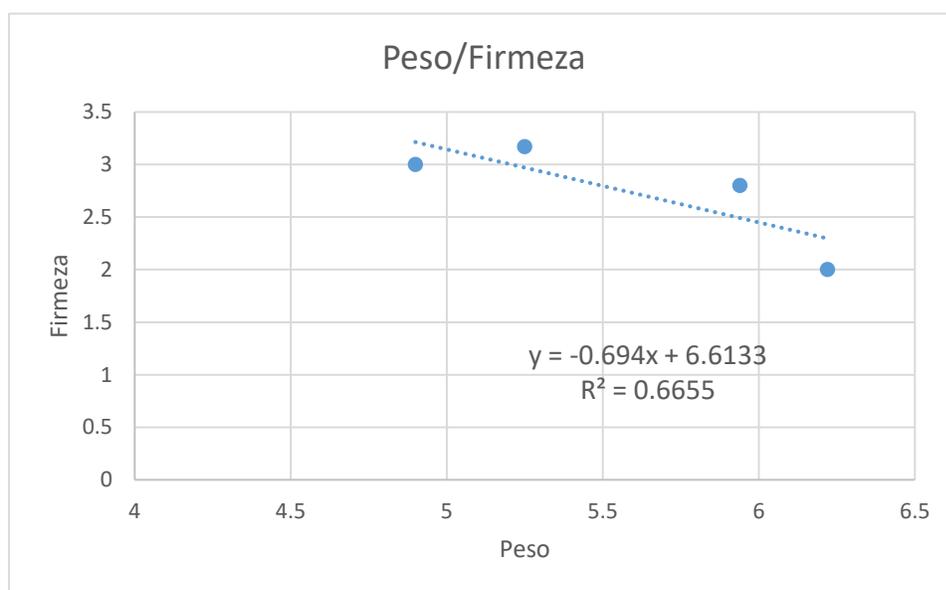


Figura 28. Correlación entre repeticiones peso/firmeza en riego por treinta días con estrés más ácido glutámico

6.10 Correlación °Brix/firmeza

Al analizar la firmeza con respecto a la cantidad de sólidos solubles totales (°Brix), debemos tomar en cuenta que entre más madura sea la fresa, esta tiende a perder firmeza y ganar °Brix. En las correlaciones del riego regular se comprueba esta característica.

Riego regular sin estrés más ácido glutámico

En la **figura 29** se señala una correlación positiva (R^2 de 0.8651) entre variables Sólidos Solubles Totales y Firmeza, así como también que entre mayor peso menor firmeza de los frutos.

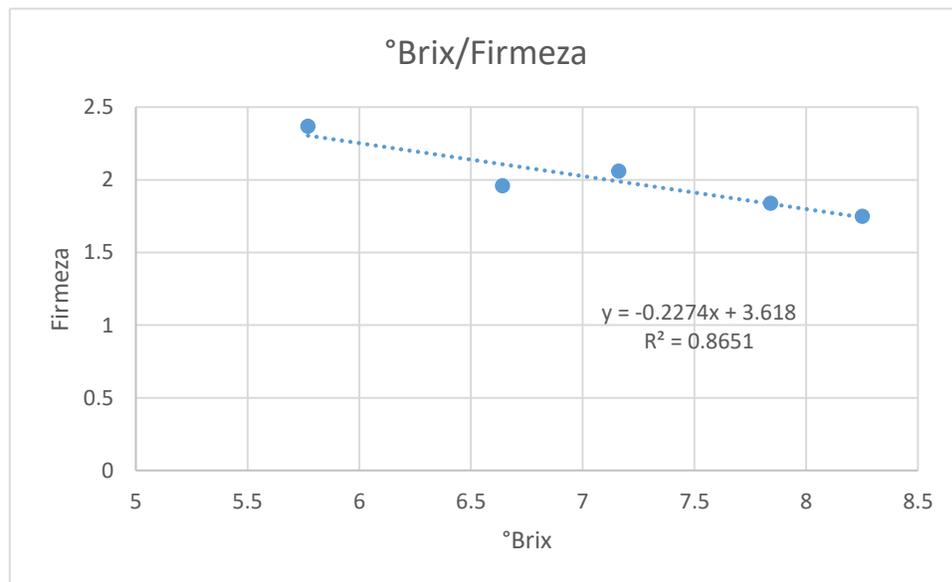


Figura 29. Correlación entre repeticiones °Brix/firmeza en riego regular sin estrés más ácido glutámico.

VII. CONCLUSIÓN

El uso de ácido Salicílico, ácido glutámico y cisteína como bioestimulantes de la planta ante el estrés hídrico, se concluye que tiene un efecto positivo en calidad y rendimiento, además de que el consumo de agua es menor realizando un estrés después de un riego por quince días.

En las variable firmeza y capacidad de antioxidante no se presentaron diferencias entre las aplicaciones de los bioestimulantes.

VIII. LITERATURA CITADA

- Acuña Caita J.F. (2022). Manual de recomendaciones técnicas para su cultivo en el departamento de Cundinamarca.
- Aguilar et al, (2011) Efecto del ácido Salicílico en la Bioproduktividad de la fresa (*Fragaria ananassa*) cv Aromosa.
- Albarracín-Luz S. (2016). L-Glutamato: un aminoácido clave para las funciones sensoriales y metabólicas. Revista de la Sociedad latinoamericana de Nutrición, Vol.66, No.2. <https://www.alanrevista.org/ediciones/2016/2/art-2/>
- Alonso Y.L. 2004. Efecto de la aplicación de señaladores del estrés en el contenido de vitamina C y minerales en tomate (*Lycopersicon esculentum* (L) Mill.). Tesis de licenciatura UAAAN. Saltillo, Coahuila, México.
- Alsina, (1978) Cultivo de fresas y fresones, segunda edición.
- Alvarado-Cepeda, Y.A, et al. 2020. Calidad fisicoquímica y sensorial de frutos de fresa obtenidos en dos sistemas de cultivo. Revista Internacional de Investigación Innovación Tecnológica. Vol.8, No.43
- Álvarez N.C. 2011. La cisteína y su contribución a diferentes procesos de señalización en *Arabidopsis thaliana*. Tesis de Doctorado. CSIC-Universidad de Sevilla.
- Amaya Solares, L.A 2017. Comportamiento de algunos compuestos orgánicos en la calidad de la fresa. Tesis de licenciatura. UAAAN. Saltillo, Coahuila México.
- Angulo R, F.R. 2009. Evaluación de cuatro bioestimulantes comerciales en el desarrollo de plantas injertadas de cacao (*Theobroma cacao*L). Cultivar nacional. Tesis. Escuela de ingeniería agronómica Riobamba-ecuador.
- Arana-Coronado y Trejo-Pech (2014). El sector de la fresa en México costos de transacción económicos y gestión de cadenas de abastecimiento.

<http://www.custoseagronegocioonline.com.br/numero2v10/Artigo%207%20morango%20mexico.pdf>

Baudilio Juscafresa, (1983). Cómo cultivar Fresas, Fresones y Tomates. Editada por EDITIA MEXICANA, S.A. Pag.13 y 14.

Chávez- Suárez, *et al*, (2012) Apuntes sobre algunos reguladores del crecimiento vegetal que participan en la respuesta de las plantas frente al estrés abiótico. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0258-59362012000300007&script=sci_arttext

Cruz-Gutiérrez, *et al*, (2020). Uso de L-Cisteína para el control de oxidación in vitro de *Annoma muricata* L. Revista Multidisciplinaria de Avances de Investigación vol.6, No.3. pág. 4 y 5

Domínguez, (2016). Efecto de compuestos Orgánicos Asperjados sobre el crecimiento y Producción de Fresa Cultivar “Albión”.

Fagro. (2022). Función de los bioestimulantes en el cultivo de fresa. <https://blogdefagro.com/2022/09/13/funcion-de-los-bioestimulantes-en-el-cultivo-de-fresa/>

García, (2016). Respuesta de las Plantas de Fresa (*Fragaria spp*) cultivar “Albión”, a diferentes Porcentajes de desaturación (Pérdida de peso) del medio de crecimiento.

González-Jiménez, *et al* (2020) Respuesta de fresa cv festival a la salinidad. Artículo Científico <https://www.scielo.org.mx/pdf/rfm/v43n1/0187-7380-rfm-43-01-53.pdf>

Grijalva, C.M. (2015). Crecimiento, desarrollo y rendimiento de los cultivos de fresa Albión y Monterrey establecidos bajo macrotúnel y a campo abierto en el alto. Tesis de maestría. Universidad Militar Nueva Granada, Colombia.

Gutiérrez C,M.A. 2017. Los silicatos como bioestimulantes en los cultivos. Instituto Tecnológico de sonora.

- Gutiérrez, *et al.*(2010). Evaluación de estrés hídrico en plantas de fresa a raíz desnuda. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas Vol. 1 núm. 3. 1 de julio-30 de sep., 2010 p 439-444.
- Hortocampo,(2022). ¿Cuáles son las funciones de los aminoácidos en los cultivos hortícolas? <https://www.hortocampo.com/blog/cuales-son-las-funciones-de-los-aminoacidos-en-los-cultivos-hortofruticolas-12-funciones-claves>
- Huachi A, J.D 2019. Evaluación de dos bioestimulantes en el cultivo de fresa (*Fragaria annanassa*) variedad Albión california. Proyecto final para obtener el grado de ingeniero agrónomo. Cevallos-Ecuador 33 p.
- INTAGRI. 2018. El Ácido Glutámico en la Bioestimulación de los Cultivos. Serie Nutrición Vegetal. Núm. 108. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 5 p.
- López *et al.* 2021. Uso de bioestimulantes en el cultivo del garbanzo. Revista Cultivos tropicales. Vol.42, no 4, e13. <https://ediciones.inca.edu.cu/index.php/ediciones/article/view/1622/pdf>
- López Meza, (2016). Respuesta al Estrés provocado por medio de aplicación foliar de diferentes Productos a altas concentraciones en fresa cultivar “Albión”. Tesis Licenciatura. Pp 25-27.
- Luna *et al.*, (2012). Efecto del estrés hídrico sobre el crecimiento y eficiencia del uso del agua en plántulas de tres especies arbóreas caducifolias. Artículo publicado en Terra latinoamerico volumen 30, No.4
- Martínez-Gavor, C. 2010. El poder de la cisteína. Revista. pág. 18
- Martínez-Vázquez, J.E. 2018. Uso de soluciones nutritivas en la calidad de la fresa variedad. “Camino Real” en condiciones protegidas. Tesis de Licenciatura UAAAN. Saltillo, Coahuila, México.
- Masabanda y García (2023) Condiciones de riego para el cultivo de fresa (*Fragaria Ananassa*) en invernaderos en el Ecuador.

<https://www.studocu.com/ec/document/universidad-estatal-de-milagro/historia-y-filosofia-del-derecho/cultivo-de-fresa-18/69908049>

Maza y silipa (2008) Estudio de la fresa en el Perú y el Mundo.

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

Méndez y vallejo. (2019) Mecanismos de respuesta al estrés abiótico: hacia una perspectiva de las especies forestales.

https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11322019000600033

Moreno P.L. (2009). Respuesta de las plantas al estrés por déficit hídrico. Agrono.colombia. Vol.27 no.2 Bogotá

http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-99652009000200006#:~:text=El%20estr%C3%A9s%20por%20d%C3%A9ficit%20h%C3%ADdrico%20o%20por%20sequ%C3%ADa%20se%20produce,una%20elevada%20salinidad%20del%20suelo.

Platas (2022). Índice de estrés hídrico con un indicador del momento del riego en fresa (*fragaria x ananassa*)

Ramírez C, M.A. 2021. Efecto del ácido glutámico en plantas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). Tesis de Maestría instituto Politécnico Nacional, santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca.

Rancaño Arriola J.H. 2005. Influencia de señalizadores del estrés en hortalizas y su relación con antioxidantes. Tesis de maestría. UAAAN. Saltillo, Coahuila, México.

Rangel S, G. *et al.* 2012.El ácido salicílico y su participación en la resistencia a patógenos en plantas. Revista de la DES Ciencias Biológico Agropecuarias, 12(2):90-95. Pág. 93 y 94.

<https://www.exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/Elacidosalic%C3%A9licoysresistenciaenplantas.pdf>

- Rodríguez *et al.*, (2016). Fresa transgénica: importancia, beneficios y avances en México. Artículo <http://reaxion.utleon.edu.mx/Art Impr Fresa transgenica importancia beneficios y avances cientificos en Mexico.html>
- Rodríguez, (2017) El estrés en las plantas. <https://www.infobiologia.net/2017/01/estres-plantas.html>
- Rosales, E.J. 2019. Efecto del ácido salicílico en el desarrollo de frijol ayocote (*Phaseolus coccineus L.*), en minirizotrones. Tesis de licenciatura Tetela de Ocampo, Puebla. 68p.
- SAGARPA. (2022). Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/que-quiere-la-nina-fresa-mexico-y-su-produccion-nacional>
- SENACICA. (2021). México fue el mayor exportador de fresas en 2020. <https://prod.senasica.gob.mx/ALERTAS/inicio/pages/single.php?noticia=8186>.
- Sepúlveda-Jiménez, (2003) La participación de los Metabolitos Secundarios en la defensa de las plantas. Revista Mexicana de Fitopatología. <https://www.redalyc.org/pdf/612/61221317.pdf>
- Serna R, J.R.2007.Aplicacion foliar de ácido glutámico en plantas de jitomate. Tesis de Maestría. Chapingo, México.
- Serna-Rodríguez, *et al.*, 2011) Aplicación foliar de Ácido Glutámico en plantas de Jitomate (*Lycopersicon esculentum Mill*). Revista Chapingo.
- Sola-Guevara J.D. (2014). El cultivo de la fresa bajo condiciones edafoclimáticas de zonas llanas orientales de Cuba. Universidad de granama. Monografía. <https://www.monografias.com/trabajos107/cultivo-fresa-condiciones-edafoclimaticas-zonas-llanas-orientales-cuba/cultivo-fresa-condiciones-edafoclimaticas-zonas-llanas-orientales-cuba>

Vargas Torres, F.A. 2023. Bioestimulantes en el cultivo de fresa. Monografía, UAAAN. Saltillo, Coahuila, México. P 48.

Zamora y Mosqueda, (2018) Importancia de la producción de fresa en el sector Agrícola en Zamora, Michoacán. P 120.