

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE BOTÁNICA



Impacto de la Aplicación de Bioestimulantes Sobre la Calidad de Frutos de  
Tomate *Solanum lycopersicum* Var. Rubí

Por:

**LUIS JOAQUÍN SANTILLANA SAUCEDA**

TESIS

Presentada como requisito parcial para la obtención del título de:

**INGENIERO EN AGROBIOLOGÍA**

Saltillo, Coahuila, México.

Junio, 2021

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE BOTÁNICA

Impacto de la Aplicación de Bioestimulantes Sobre la Calidad de Frutos de  
Tomate *Solanum lycopersicum* Var. Rubí

Por:

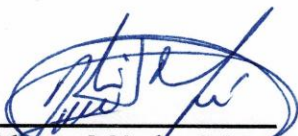
**LUIS JOAQUÍN SANTILLANA SAUCEDA**


TESIS

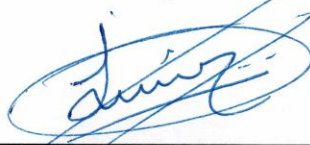
Presentada como requisito parcial para obtener el título de:


**INGENIERO EN AGROBIOLOGÍA**

Aprobada por el Comité de Asesoría:

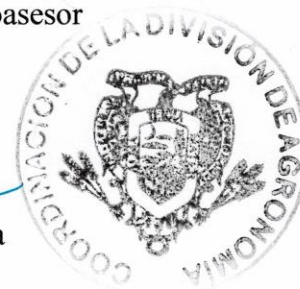
  
\_\_\_\_\_  
Dr. Alonso Méndez López  
Asesor Principal Interno

  
\_\_\_\_\_  
Dra. Miriam Sanchez Vega  
Asesor Principal Externo

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Antonio Juárez Maldonado  
Coasesor

  
\_\_\_\_\_  
Dra. Silvia Yudith Martínez Amador  
Coasesor

  
\_\_\_\_\_  
Dr. José Antonio González Fuentes  
Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México  
Junio, 2021

## Declaración de no plagio

El autor quien es el responsable directo, jura bajo protesta de decir verdad que no se incurrió en plagio o conducta académica incorrecta en los siguientes aspectos: Reproducción de fragmentos o textos sin citar la fuente o autor original (corta y pega); reproducir un texto propio publicado anteriormente sin hacer referencia al documento original (auto plagio); comprar, robar o pedir prestados los datos o la tesis para presentarla como propia; omitir referencias bibliográficas o citar textualmente sin usar comillas; utilizar ideas o razonamientos de un autor sin citarlo; utilizar material digital como imágenes, videos, ilustraciones, graficas, mapas o datos sin citar al autor original y/o fuente, así mismo tengo conocimiento de que cualquier uso distinto de estos materiales como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por las autoridades correspondientes. Por lo anterior nos responsabilizamos de las consecuencias de cualquier tipo de plagio en caso de existir y declaramos que este trabajo es original.

Pasante



Luis Joaquín Santillana Saucedo

Firma y Nombre

## AGRADECIMIENTOS

*A Dios, por darme tantas bendiciones y acompañarme en cada sueño. Agradezco el crecimiento personal adquirido en cada momento y cada experiencia vivida.*

*Con gran gratitud a mi madre, porque fue quien, con su entrega, amor y dedicación, me dio la oportunidad de demostrarme que podía llegar hasta el final de este pequeño trayecto de mi vida, respaldando cada decisión tomada, añadiendo fortaleza dando lo mejor cada día hasta llegar al final.*

*Agradezco firmemente a la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro por ser tan noble institución y forjar en cada uno de sus egresados el valor al trabajo y el esfuerzo.*

*A todos los maestros que directa o indirectamente me ayudaron a culminar este logro en mi vida, dejando en mí, una huella de sabiduría.*

*A mi asesor de tesis Dr. Alonso Méndez López por darme dirección, apoyo, paciencia y por esa entrega y pasión a su trabajo, por brindarme su amistad y cada una de esas lecciones de vida compartidas. Gracias.*

*A mi familia, amigos y compañeros quienes formaron parte indispensable en esta etapa de mi vida.*

## DEDICATORIAS

*A mi madre Patricia Saucedo Morales, por enseñarme que el proponerse algo en la vida es trabajar hasta cumplirlo, por darme incondicionalmente el amor y el apoyo emocional y económico necesario. Cualquier obstáculo en el camino es una oportunidad de crecimiento, esta es una pequeña parte de lo mucho que puedo agradecer, el sueño que cumplimos los dos.*

*A mi abuelo Virgilio Saucedo Ortega quien se fue dejándome el ejemplo que se puede llegar muy lejos iniciando desde cero.*

*A mi familia quienes con sus oraciones me dieron fortaleza para seguir adelante.*

*A mi Padre Luis Armando Santillana Reyna y hermana Natalia Yaneth Santillana Saucedo por darme una razón para lograr lo que me propongo.*

*A cada una de las personas que influyeron, amigos, compañeros, maestros.*

*A la familia Ibarra Herrera en especial a María Luisa Ibarra Herrera, por su incondicional respaldo y apoyo en la última etapa de este trayecto.*

## INDICE DE CONTENIDO

<b>AGRADECIMIENTOS .....</b>	<b>iii</b>
<b>DEDICATORIAS.....</b>	<b>iv</b>
<b>INDICE DE CUADROS.....</b>	<b>viii</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>ix</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1    Justificación .....	2
1.2    Objetivos.....	3
1.2.1        Objetivo General.....	3
1.2.2        Objetivos Específicos .....	3
1.3    Hipótesis .....	3
<b>2. REVISIÓN DE LITERATURA.....</b>	<b>4</b>
2.1. Origen del cultivo del tomate.....	4
2.2. Taxonomía .....	4
2.3. Valor nutricional.....	5
2.4. Descripción botánica de la planta de tomate .....	6
2.5. Aspectos fenológicos del cultivo del tomate .....	7
2.6. Requerimientos climáticos .....	8
2.7. Habito de crecimiento .....	8
2.8. Plantas de crecimiento determinado.....	8
2.9. Plantas de crecimiento Indeterminado.....	9
2.10. Plantas de crecimiento semideterminado.....	9
2.11. Principales variedades de tomate .....	9
2.12. Variedad Rubí.....	10
2.13. Ventajas e importancia de cultivo de tomate en invernadero.....	10
2.14. Manejo del cultivo de tomate bajo condiciones de invernadero .....	11
2.15. Producción nacional e internacional del tomate.....	11
2.16. Normativa de calidad del tomate en México. ....	12
2.17. Aspectos generales de la nutrición foliar de las plantas .....	13

2.18.	Ventajas de la nutrición foliar.....	13
2.19.	Los Bioestimulantes .....	14
2.20.	Formulaciones a base de ácidos húmicos y fúlvicos.....	14
2.21.	Formulaciones con hidrolizados de proteínas y otros compuestos nitrogenados.....	15
2.22.	Formulaciones a base de aminoácidos con reguladores de crecimiento	15
2.23.	Beneficios de los bioestimulantes en la agricultura .....	15
2.24.	Diferencia entre bioestimulantes y fertilizantes convencionales .....	16
2.25.	Importancia económica de los Bioestimulantes.....	17
2.26.	Descripción comercial de los productos aplicados.....	17
<b>3.</b>	<b>MATERIALES Y METODOS .....</b>	<b>22</b>
3.1.	Ubicación del experimento .....	22
3.2.	Material biológico utilizado.....	22
3.3.	Preparación de macetas.....	22
3.5.	Diseño experimental .....	23
3.6.	Cosecha de frutos para análisis.....	24
3.7.	Parámetros evaluados.....	24
3.7.1.	<b>Color</b> .....	24
3.7.2.	<b>Firmeza</b> .....	25
3.7.3.	<b>pH</b> .....	25
3.7.4.	<b>Sólidos solubles totales (°Brix)</b> .....	25
3.7.5.	<b>Acidez titulable (AcT)</b> .....	25
3.7.6.	<b>Vitamina C (VitC)</b> .....	26
3.7.7.	<b>Pérdida de peso (PP)</b> .....	27
3.8.	Análisis estadístico .....	27
<b>4.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>28</b>
4.1.	Parámetros de color de cascara de fruto .....	28
4.1.1	Análisis de varianza .....	28
4.2.	Parámetros de postcosecha de frutos .....	28
4.3.	Parámetros de calidad externa .....	29
4.3.1.	<b>Color</b> .....	29

4.3.1.1 Comparación múltiple de medias .....	29
4.3.1.2. Luminosidad (L*) .....	29
4.3.1.3. Coordenadas de color (a*) .....	31
4.3.1.4. Coordenadas de color (b*).....	32
4.4. Parámetros Bioquímicos .....	33
4.4.1 Análisis de varianza .....	33
<b>4.4.2 Comparación múltiple de medias.....</b>	<b>34</b>
4.4.2.1. Firmeza de fruto (Fza) .....	34
4.4.2.2. Parámetro de Sólidos solubles totales (°Brix) .....	35
4.4.2.3. Parámetro de pH .....	36
4.4.2.4. Parámetro de Acidez Titulable (AcT).....	37
4.4.2.5. Vitamina C (VitC) .....	38
4.5. Pérdida de peso del fruto .....	39
<b>5. CONCLUSIONES.....</b>	<b>42</b>
<b>6. LITERATURA CONSULTADA .....</b>	<b>43</b>



## INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Composición nutritiva por 100 g de peso fresco.....	5
Cuadro 2. Solución nutritiva Steiner (Steiner, 1961) utilizada.....	23
Cuadro 3 Productos y dosis de aplicación de los Bioestimulantes.....	23
Cuadro No. 4 Cuadrados medios del análisis de varianza de los parámetros de color externo de frutos de tomate.....	28
Cuadro No. 5 Cuadrados medios del análisis de varianza ( $p>0.05$ ) de los componentes Bioquímicos de tomate.....	34

## INDICE DE FIGURAS

Figura No. 1. Comparación de medias de Tukey ( $\alpha\leq 0.05$ ) para el componente Luminosidad ( $L^*$ ) en el color de fruto de tomate.....	30
Figura No. 2 Comparación de medias de Tukey ( $\alpha\leq 0.05$ ) para la variable coordinada ( $a^*$ ) del color del fruto de tomate.....	32
Figura No. 3 Comparación de medias de Tukey ( $\alpha\leq 0.05$ ) para la variable coordinada de color ( $b^*$ ) en el color de fruto de tomate.....	33
Figura No. 4 Comparación de medias de Tukey ( $\alpha\leq 0.05$ ) para la variable de firmeza ( $Fza$ ) fruto de tomate.....	35
Figura No. 5 Comparación de medias de Tukey ( $\alpha\leq 0.05$ ) para la variable de °Brix en fruto de tomate.....	36
Figura No. 6. Comparación de medias de Tukey( $\alpha\leq 0.05$ ) para la variable de pH en fruto de tomate.....	37
Figura No. 7 Comparación de medias de Tukey ( $\alpha\leq 0.05$ ) para la variable de Acidez titulable en fruto de tomate.....	38
Figura No. 8. Comparación de medias de Tukey ( $\alpha\leq 0.05$ ) para la variable de Vitamina C en fruto de tomate.....	39

## RESUMEN

En la actualidad la agricultura pasa por un proceso de cambio, buscando nuevas opciones de nutrición para complementar las necesidades que el cultivo exige, al mismo tiempo que se busca incrementar el rendimiento y reducir el costo de los insumos. La composición bioquímica de los bioestimulantes contiene activos que mejoran y aumentan la calidad del fruto. En el presente trabajo se evaluó el efecto de tres bioestimulantes sobre los parámetros postcosecha [firmeza (Fza), color de la cascara ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ), vitamina C (VitC), acidez titulable (Act), porcentaje de materia seca (Pmat), potencial hidrogeno (pH)] de los frutos de tomate variedad Rubí en un sistema de producción bajo invernadero, en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con cuatro repeticiones y cuatro tratamientos de los cuales fueron Paquete GC en dos formulaciones, hormonal y orgánico, Optifert<sup>®</sup> + Agromil, y el control al cual se le agrego solo agua. En el análisis de comparación de medias de Tukey ( $\alpha \leq 0.05$ ) de los componentes relacionados a las variables del color y parámetros bioquímicos mostraron diferencias estadísticas entre tratamientos. Los productos bioestimulantes del paquete GC orgánico mejoraron las características de color ( $L^*$  y  $b^*$ ), firmeza de fruto, el contenido de °Brix, la vida de anaquel, y afecto en forma negativa al contenido de vitamina C; en tanto que, el Optifert + Agromil<sup>®</sup> mejoraron la croma ( $a^*$ ) de los frutos, los contenidos de ácido cítrico y vitamina C, y acidificó el pH del fruto; el paquete GC hormonal mejoro la croma del fruto ( $a^*$ ) pero afecto en forma negativa al contenido de °Brix. Las aplicaciones exógenas de los bioestimulantes promovieron tanto efectos positivos como negativos sobre los componentes de color y de la calidad comercial de frutos de tomate.

**Palabras clave:** Bioestimulación, calidad de frutos, postcosecha, tomate.



## 1. INTRODUCCIÓN

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) pertenece a la familia Solanaceae, es una planta dicotiledónea y herbácea perenne que se cultiva en forma anual para el consumo de sus frutos (Starke, 2014). Es uno de los cultivos hortícolas más importantes, populares y de los de mayor extensión cultivada en el mundo debido a su alto valor nutritivo y económico (Benazzouk et al., 2020). El 57.4 por ciento de la superficie cosechada de tomate en 2017 se concentró en cinco países: China (21.2 por ciento), India (16.4 por ciento), Nigeria (12.2 por ciento), Turquía (3.9 por ciento) y Egipto (3.8 por ciento). México ocupó la onceava posición mundial, con una participación de 1.9 por ciento (FIRA, 2019). Este cultivo es producido principalmente bajo sistemas intensivos con elevado uso de agroquímicos que pueden tener efectos negativos sobre la salud humana y el medio ambiente (Sharma y Singhvi, 2017).

Los bioestimulantes han tomado gran importancia en la actualidad y son considerados como una alternativa ecológica viable y sostenible para sustituir el uso excesivo de agroquímicos, ya que no solo mejoran la producción agrícola, sino que también disminuyen la contaminación ambiental (Rivas *et al.*, 2021; Kawalekar, 2013). Estos bioproductos contienen microorganismos vivos o compuestos naturales derivados de organismos como bacterias, hongos y algas que mejoran el crecimiento de las plantas y restauran la fertilidad del suelo (Abdel-Raouf *et al.*, 2012).

El bioestimulante orgánico es una herramienta de nutrición complementaria, permite obtener beneficios adicionales en los sistemas de producción. Se emplean para incrementar su calidad activando el desarrollo de diferentes órganos (raíces, frutos, hojas, entre otros) y reducir los daños causados por el estrés (fitosanitarios, enfermedades, frío, calor, entre otros), trabajan tanto fuera como dentro de la planta, aumentando la disponibilidad de nutrientes, mejorando la estructura y

fertilidad de los suelos, aportando un incremento a la velocidad, la eficiencia metabólica y fotosintética. Adicionalmente, mejoran el contenido de antioxidantes (González *et al.*, 2017).

El propósito de esta investigación fue determinar el efecto de la aplicación foliar de diferentes productos bioestimulantes en el cultivo de tomate variedad Rubí bajo las condiciones de invernadero, mediante el análisis de parámetros de calidad de fruto. Así mismo un breve análisis económico para conocer la factibilidad de cada producto o paquete de productos utilizados.

### **1.1 Justificación**

La producción agrícola es una de las principales actividades económicas con un impacto importante en el medio ambiente, una de las problemáticas más grandes es la ocasionada por el uso excesivo de materia prima química utilizada en los sistemas de producción intensivos. Las condiciones climáticas son cada vez más cambiantes provocando así limitantes para la producción de cultivos, así mismo la presencia de plagas inesperadas. La demanda de alimento día con día es más difícil de satisfacer, lo cual incrementa la necesidad de contar con productos agrícolas que nos proporcionen los nutrientes necesarios para que el resultado sea una cosecha con las características que el mercado exige. Los bioestimulantes son productos complementarios utilizados como una alternativa empleada en la agricultura sostenible, su composición orgánica es favorable para el medio ambiente, tienen impacto sobre la productividad y la calidad de los frutos al promover la síntesis de nutrientes y enzimas que los favorecen en su composición bioquímica, características favorables para el productor y el consumidor final.

## **1.2 Objetivos**

### 1.2.1 Objetivo General

Determinar el impacto de la aplicación foliar de diferentes productos bioestimulantes sobre los parámetros de calidad de los frutos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) producidos bajo condiciones de invernadero.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

- Medir el efecto en la calidad de los frutos derivados de plantas tratadas con bioestimulantes.
- Evaluar los parámetros bioquímicos de la calidad y pérdida de peso de los frutos de tomate.
- Realizar un análisis económico sobre la factibilidad de los bioestimulantes aplicados.

## **1.3 Hipótesis**

Los bioestimulantes son sustancias que contribuyen al aporte nutrimental de las plantas y activan el desarrollo de diferentes órganos (raíces, frutos, hojas, entre otros), por lo que se espera que al menos uno de los tratamientos, tenga impacto positivo sobre los parámetros de la calidad de frutos de tomate.

## 2. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Origen del cultivo del tomate

El tomate silvestre se originó en el sur de América, muy probablemente en las montañas de los Andes, pero el fruto no fue cultivado por el pueblo andino. En su lugar, viajó más de 2000 millas al norte de su centro de origen a Centroamérica donde el pueblo Maya creció y domesticó las plantas, nombrándolos xitomatl. Los frutos de *Solanum lycopersicum* var. cerasiforme todavía pueden encontrarse creciendo silvestres en las montañas costeras de Perú, Ecuador y el norte de Chile. A Hernán Cortés y sus exploradores, se les atribuye la búsqueda del tomate en un mercado Azteca alrededor de 1520 y transportar la semilla a España. A partir de ahí, el tomate viajó por toda Europa y a través del canal a Inglaterra (DAFF, 2012; National Garden Bureau inc. 2012).

### 2.2. Taxonomía

De acuerdo a la Comisión nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad [CONABIO], (2009) la clasificación taxonómica es la siguiente:

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Solanales

Familia: Solanaceae

Género: *Solanum*

Especie: *Solanum lycopersicum*

### 2.3. Valor nutricional.

El tomate está clasificado en la parte superior de todas las frutas y verduras como una fuente de vitaminas y minerales. El tomate desempeña un papel importante en la nutrición humana. Es excelente fuente de fósforo, hierro y vitamina A, B y C (Cuadro 1). Como verdura constituye un componente importante en la dieta del hombre, especialmente en los países en desarrollo. Sin embargo, el consumo per cápita de las hortalizas en los países desarrollados tiende a ser mayor que en países en desarrollo, posiblemente porque las personas de los países desarrollados tienen una mejor apreciación del valor nutricional de los cultivos vegetales (Brezeanu *et al.*, 2014).

**Cuadro 1.** Composición nutritiva por 100 g de peso fresco.

<b>Componente</b>	<b>Valor</b>
Agua	94%
Vitamina A	82.3%
Vitamina C	26%
Vitamina B12	0 %
Vitamina B6	0.11 mg
Vitamina E	1.2 mg
Carbohidratos	3.5g
Lípidos	0.11g
Proteínas	1g
Fibra	1.4g
Fosforo	27 mg
Calcio	11 mg
Hierro	0.6 mg
Sodio	3 mg
Potasio	290 mg
Valor energético	22-24 kcal

**Fuente:** Moreiras *et al.* (2013)



## 2.4. Descripción botánica de la planta de tomate

De acuerdo con el Department of Agriculture Forestry and Fisheries, la descripción botánica de la planta de tomate es la siguiente (DAFF 2012).

- **Sistema radicular.** Sistema de raíz de grifo vigoroso que crece hasta una profundidad de 50 cm o más. La raíz principal produce densas raíces laterales y adventicias.
- **Tallo.** El hábito de crecimiento oscila entre erectos y postrados. Crece hasta una altura de 2-4 m. El tallo es sólido, grueso, peludo y glandular.
- **Hojas.** Dispuestas en espiral, de 15-50 cm de largo y 10-30 cm de ancho. Los folíolos son ovados a oblongos, cubiertos con pelos glandulares. Pequeños pinnes aparecen entre los folíolos más grandes. La inflorescencia se agrupa y produce 6-12 flores. Pecíolo es 3-6 cm.
- **Flor.** La flor es bisexual, regular y 1.5-2 cm de diámetro. Crece frente o entre las hojas. El tubo de CALYX es corto y peludo, los sépalos son persistentes. Por lo general, 6 pétalos de hasta 1 cm de longitud, amarillo y se reflejan cuando madura. 6 estambres, anteras son de color amarillo brillante en torno al estilo con una punta estéril alargada. El ovario es superior y con 2-9 compartimentos. Mayormente auto-pero en parte también cross polinizada. Las abejas y abejorros son los polinizadores más importantes.
- **Fruto.** El fruto se describe como una baya bi o plurilocular que puede alcanzar un peso que oscila entre unos pocos miligramos hasta 600 gramos y 2-15 cm de diámetro. Está constituido por el pericarpio, el tejido placentario y las semillas. El fruto inmaduro es verde y peludo. Las frutas

maduras van de amarillo, naranja a rojo. Por lo general es redonda, lisa o surcada.

- **Semillas.** Las semillas son numerosas, en forma de riñón o pera. Son peludas, marrón claro de 3-5 mm de largo y 2-4 mm de ancho. El embrión está enrollado en el endospermo. El peso aproximado de 1000 semillas es 2,5 – 3,5g.

## **2.5. Aspectos fenológicos del cultivo del tomate**

El tomate es una planta perenne, lo que significa que pueden vivir durante varios años, y se cultivan como un anual (5-6 meses). La primera etapa del ciclo de vida es la etapa de semilla donde hay una semilla latente y donde comienza la germinación, esto toma de 5 a 10 días. El estado vegetativo comienza (desde la aparición hasta la primera flor) que toma alrededor de 10-12 semanas. La etapa reproductiva es la siguiente; Aquí es donde la floración se produce el período. El periodo de floración es "un periodo entre iniciación floral y producción de flor madura donde el número de carpelos y la forma de la fruta se determina, esto toma alrededor de 2 semanas. La siguiente etapa es el desarrollo de la fruta. "En el set de frutas, pétalos de flores y anteras envejecen y se caen y una fruta verde de tamaño de un guisante aparece; desde este punto toma típicamente 40-50 días para que las frutas puedan ser cosechadas. Durante el desarrollo de la fruta tiene un verde color claro y es muy firme, pero el crecimiento de la fruta es muy lento, esto toma 2-3 semanas. Cuando el fruto sigue siendo verde; su crecimiento se acelera mediante la expansión celular. La división de las células se amplía hasta 20 veces; este período dura alrededor de 3-5 semanas; La fruta casi alcanza su tamaño final cambiando de color durante la etapa de disyuntor del desarrollo de la fruta, hay productos químicos y cambios estructurales, que son responsables de determinar las características del tomate como el aroma, el color, la textura, etc. En la etapa de torneado, el 10-30 % superficie de la fruta puede volverse de color amarillo, rosado o rojo. Las próximas etapas son las rosado, rojo claro y maduro donde la

superficie de la fruta se vuelve gradualmente roja o anaranjada (Jogi, 2016; The National Gardening Association, 2014).

## **2.6. Requerimientos climáticos**

Los requerimientos climáticos según la Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y alimentación (2010) son los siguientes.

- **Temperatura.** La temperatura óptima de desarrollo se sitúa en 23 °C durante el día y entre 13-17 °C durante la noche.
- **Humedad.** La humedad relativa oscila entre un 60 y 80 %. Luminosidad: Niveles de radiación diaria alrededor de 0.85 mega Joules por metro cuadrado, son los mínimos para la floración y cuajado.
- **Suelo.** La planta de tomate se puede cultivar en cualquier tipo de suelo, pero se prefieren suelos profundos, margosos y bien drenados. Lo ideal es un suelo ligeramente ácido, con un pH de 6.2 a 6.8.

## **2.7. Hábito de crecimiento**

De acuerdo con López-Marín (2016), las plantas de tomate tienen diferente hábito de crecimiento, los cuales se describen a continuación:

## **2.8. Plantas de crecimiento determinado**

Son plantas cuyo tallo principal y lateral detienen su crecimiento después de un determinado número de inflorescencias, según la variedad. Son de porte bajo y compacto y producen frutos durante un periodo relativamente corto. Su crecimiento se detiene después de la aparición de varios racimos de flor con la formación de un último racimo apical. La cosecha puede realizarse de una a tres veces durante el ciclo de cultivo (López-Marín, 2016).

## 2.9. Plantas de crecimiento Indeterminado

Son plantas cuyo tallo principal y lateral crecen en un patrón continuo, siendo la yema terminal del tallo la que desarrolla el siguiente tallo. La floración, fructificación y la cosecha se extienden por periodos muy largos, por lo que son usualmente cultivadas en invernaderos o casas sombra con tutoreo. Poseen condiciones adecuadas para un crecimiento continuo, dado que forman hojas y flores de manera ilimitada. La aparición de flores en los racimos y su grado de desarrollo son escalonados: las primeras flores del racimo pueden estar totalmente abiertas, mientras que las últimas aún no se abren (López-Marín, 2016).

## 2.10. Plantas de crecimiento semideterminado

Se caracterizan por la interrupción del crecimiento de sus tallos después de un determinado número de inflorescencias, usualmente en una etapa muy avanzada del ciclo del cultivo (López-Marín, 2016).

## 2.11. Principales variedades de tomate

Con respecto a las variedades más representativas del tomate se pueden mencionar las siguientes como lo indica la Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA, 2010).

- **Cherry (Cereza).** Se produce en plantas de crecimiento indeterminado. Es pequeño y de piel delgada. Se agrupan en ramilletes de 15 a más de 50 frutos. Tiene sabor dulce. Existen de color rojo y amarillo.
- **Saladette (Roma).** Variedad italiana para conserva de tomate pelado, fruto pequeño bi o trilocular, forma de pera, tamaño homogéneo de los frutos.
- **Pera.** Utilizado cada vez menos, en la industria conservera para tomate pelado.

- **Beef.** Fruto de gran tamaño y baja consistencia. Producción precoz y agrupada.

Otras variedades importantes son: Marmande, vemone, moneymaker, muchamiel, pometa tardío, San Marzano, cocktail, ramillete, liso, entre otros.

### **2.12. Variedad Rubí**

Nueva variedad de híbrido de tomate uva determinado, de madurez precoz con excelentes rendimientos y amplia adaptación. Ruby Crush posee una planta compacta, de buen vigor. Posee frutos de color rojo oscuro, muy buen sabor, de textura suave, uniforme, firmes, posee Grados Brix de 7.0-7.7. (Sakata, 2018)

- Excelente calidad para exportación.
- Planta de fácil manejo.
- Alto potencial de rendimiento.

### **2.13. Ventajas e importancia de cultivo de tomate en invernadero**

La producción de tomate de invernadero ofrece a los productores interesados la oportunidad de producir un producto comercializable en momentos en que los suministros son bajos. Aumenta el tiempo que los tomates están disponibles y mejora el interés del comprador en la zona. Sin embargo, los tomates de invernadero deben venderse a un precio más alto por libra que los tomates de campo para justificar los costos de producción más altos. Esto significa que el sistema ofrece oportunidades rentables en la primavera antes de que se cosechen los tomates de campo, y en el otoño cuando se han agotado los tomates de campo (Rutledge, 2015).

En primavera, las plantas establecen más fruta por planta y el costo de calefacción es menor, lo que hace que la producción de primavera sea más rentable que la

producción de otoño. Además, en la primavera, la intensidad de la luz y la duración aumentan a medida que aumentan las temperaturas exteriores, lo que hace que sea menos costoso para el calor y proporcionar ventilación y control de humedad. Todos estos resultan en un aumento de los rendimientos. En el otoño, el aumento de los costos de calefacción, una mayor mano de obra de polinización y un menor conjunto de frutas se producen en un momento en que el precio medio no es tan alto como en la primavera, lo que resulta en menores beneficios (Rutledge, 2015).

#### **2.14. Manejo del cultivo de tomate bajo condiciones de invernadero**

La conducción y poda del tomate son actividades que se realizan de acuerdo al hábito de crecimiento de la variedad y el potencial del cultivo, el objetivo es mejorar la captación de luz, asimilando carbohidratos en las hojas que posteriormente se transporten al fruto, además de incrementar la aireación traduciéndose en mayor rendimiento y calidad de fruto (Allende *et al.*, 2017; Shankara *et al.*, 2005).

El raleo de frutos se realiza para homogenizar e incrementar el calibre de los frutos, ya que los racimos podrían producir más de seis flores. El criterio para eliminar o ralear las flores de un racimo es descartar las flores menos vigorosas (distales) dejando las más grandes. De esta forma se regula una carga adecuada para lograr el rendimiento apropiado, de acuerdo al estado fisiológico de la planta.

#### **2.15. Producción nacional e internacional del tomate**

México es el principal proveedor a nivel mundial de jitomate con una participación en el mercado internacional de 25.11 % del valor de las exportaciones mundiales. A pesar de que durante el periodo de 2003-2016 se experimentó una reducción en la superficie sembrada, presentó un crecimiento acumulado en la producción (54.25 %) y en las exportaciones en fresco (77.87 %), convirtiéndolo en uno de los cultivos con mayor incremento en productividad. Ocupa el décimo lugar a nivel

mundial en la producción de jitomate de invernadero, los principales estados productores son Sinaloa, Baja California, Zacatecas y San Luis Potosí (SAGARPA, 2017).

En el contexto productivo, de las 51,861 hectáreas sembradas en 2016, el 95.70 % de la superficie se encuentra mecanizada, 73.26% cuenta con tecnología aplicada a la sanidad vegetal, mientras que 76.62 % del territorio sembrado con este cultivo contó con asistencia técnica. Por otro lado, 3.57 % de la producción se realizó en modo de riego por bombeo, 0.04 % se realizó por gravedad, 0.93 % fue en modalidad de riego por goteo, 3.82 % fue de temporal y el resto en algún otro tipo de riego sin especificar (SAGARPA, 2017).

De acuerdo con información de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), la superficie cosechada de tomate a nivel mundial creció a una tasa promedio anual de 1.4 por ciento entre 2007 y 2017, para ubicarse en 4.8 millones de hectáreas. En ese período, los rendimientos crecieron a una tasa promedio anual de 1.5 por ciento, al ubicarse en 37.6 toneladas por hectárea en 2017. El 57.4 por ciento de la superficie cosechada de tomate en 2017 se concentró en cinco países: China (21.2 por ciento), India (16.4 por ciento), Nigeria (12.2 por ciento), Turquía (3.9 por ciento) y Egipto (3.8 por ciento). México ocupó la onceava posición mundial, con una participación de 1.9 por ciento (FIRA, 2017 y 2019).

### **2.16. Normativa de calidad del tomate en México.**

El estándar de calidad del tomate se basa, primordialmente, en la uniformidad y en la ausencia de defectos de crecimiento y manejo. La Norma Mexicana para productos alimenticios no industrializados para consumo humano para tomate, NMX-FF-031-197-SCFI, determina la clasificación con base en los grados de calidad del fruto, denotando al producto como México 1, México 2 y México 3. Para lo cual, se analizan factores como el color, sabor, apariencia y textura, así

como de la minimización de riesgos biológicos, químicos y físicos para la salud humana, animal y vegetal (SAGARPA, 2010).

### **2.17. Aspectos generales de la nutrición foliar de las plantas**

Los vegetales toman sus nutrimentos directamente del suelo, pero también lo pueden hacer por las hojas y demás órganos. La hoja es el órgano principal de absorción foliar de nutrimentos, allí radica la importancia de conocer su estructura. La absorción de los nutrimentos a través de la hoja es un proceso que incluye múltiples pasos, e involucra la absorción superficial, penetración pasiva a través de la cutícula, y absorción activa por las células de las hojas debajo de la cutícula. La solubilidad del nutrimento en agua es esencial para la absorción por parte de las hojas las cuales en su mayoría cuentan con una superficie gruesa y cerosa. Las ceras están compuestas de ácidos grasos, que por naturaleza tienen carga negativa. Cuando una sal metálica se disuelve en agua, el metal se disocia en la solución para formar un catión, que es elemento mineral cargado positivamente. Cuando esta solución es aplicada a la superficie cerosa de la hoja, el elemento de carga positiva es atraído y sostenido por la superficie de carga negativa, lo cual significa que la cutícula cerosa, actúa como una barrera de absorción de los minerales iónicos (Eibner, 1986; Trinidad *et al.*, 1999).

### **2.18. Ventajas de la nutrición foliar**

Cuando se aplica la nutrición foliar, se necesitan menores cantidades de fertilizantes en comparación con la aplicación de nutrientes a través del suelo. La nutrición foliar también reduce la fijación o lixiviación de nutrientes. Uno de los beneficios más significativos del uso de la alimentación foliar es que es menos costoso que muchos otros medios para impulsar el crecimiento de la planta. Estos días, los principales nutrientes (N, P y K) se aplican a los cultivos de hortalizas a través de aspersiones foliares. El objetivo final de la nutrición foliar es suministrar a la planta la cantidad adecuada de nutrientes (Saraswathi *et al.*, 2013).



## **2.19. Los Bioestimulantes**

La bioestimulación se puede entender como la inducción para promover o retrasar un proceso fisiológico, lo que implica la aplicación de productos con dicho fin, integrados con prácticas de manejo de suelo o del follaje que faciliten el adecuado crecimiento y desarrollo de la planta, que son compatibles con sistemas agroecológicos sustentables, ya que permiten mantener un equilibrio dinámico (Morales *et al.*, 2017).

Los bioestimulantes son sustancias orgánicas que se utilizan para potenciar el crecimiento y desarrollo de las plantas y entregar mayor resistencia a las condiciones de estrés bióticos y abióticos, tales como temperaturas extremas, estrés hídrico por déficit o exceso de humedad, Salinidad, toxicidad, incidencia de plagas y/o enfermedades (European Biostimulants Industry Council, 2010; Helaly *et al.*, 2018).

Los bioestimulantes agrícolas incluyen diversas formulaciones de compuestos, sustancias y otros productos que se aplican a plantas o suelos para regular y mejorar los procesos fisiológicos del cultivo, haciéndolos más eficientes. Los bioestimulantes actúan sobre la fisiología de las plantas a través de diferentes vías que los nutrientes para mejorar el vigor del cultivo, los rendimientos, la calidad y la vida útil/conservación después de la cosecha (European Biostimulants Industry Council, 2010).

## **2.20. Formulaciones a base de ácidos húmicos y fúlvicos**

Las sustancias húmicas se componen de ácidos húmicos, ácidos fúlvicos y huminas residuales, definidas como macromoléculas orgánicas, con una estructura química compleja, distinta y estable que provienen de la degradación de plantas y animales, por la actividad enzimática de microorganismos y metamorfismo orgánico, son la fracción orgánica del suelo más importante por su actividad en procesos físicos, químicos y biológicos en el suelo (López *et al.*, 2014).

Los complejos orgánico-minerales permiten a las plantas superar los efectos adversos de la salinidad del suelo, mejora la agregación, aireación, permeabilidad, capacidad de retención de agua, absorción de micronutrientes y disponibilidad y la disminución de la absorción de algunos elementos tóxicos (Ryabova, 2010).

### **2.21. Formulaciones con hidrolizados de proteínas y otros compuestos nitrogenados**

Se conoce como hidrolizados de proteínas a las mezclas de polipéptidos, oligopéptidos y aminoácidos que se fabrican a partir de fuentes de proteínas mediante hidrólisis parcial (Schaafsma, 2009). Se encuentran disponibles como extractos líquidos o en polvo soluble y en forma granular, y se pueden aplicar de forma lateral cerca de la raíz o como pulverizaciones foliares (Colla *et al.*, 2015).

La acción de los hidrolizados de proteínas tanto en campo abierto como en condiciones controladas, han demostrado que estimulan la biomasa de brotes y raíces, lo que resulta en una mayor productividad (Colla *et al.*, 2014).

### **2.22. Formulaciones a base de aminoácidos con reguladores de crecimiento**

Los componentes orgánicos se obtienen a partir de la hidrólisis enzimática o química de extractos biológicos, el tipo de hidrólisis determina el contenido de aminoácidos libres y su pureza. Dentro de los efectos más relevantes podemos destacar el efecto protector frente al estrés biótico y como mejorador de procesos fotosintéticos, así mismo llega a mejorar el potencial antioxidante e incrementa la biomasa (Du Jardin, 2015). Las principales fitohormonas utilizadas en el crecimiento vegetal son las auxinas, giberelinas, citoquininas, ácido absísico, etileno (Alcantara *et al.*, 2019).

### **2.23. Beneficios de los bioestimulantes en la agricultura**

A nivel del sistema radical su acción está relacionada con la absorción y transporte de agua y nutrientes, mejorar el soporte de la planta, optimizar la síntesis de

hormonas que regulan la división y diferenciación celular con mecanismos diferentes a los utilizados por los fertilizantes u otros productos nutricionales, que en la mayoría de los casos actúan sobre el vigor de la planta y no sobre la protección contra plagas y enfermedades (Red agrícola, 2017; Wossen *et al.*, 2019).

Según la composición y los resultados esperados, los bioestimulantes se pueden aplicar en el suelo o en las hojas. En los últimos años, se ha prestado especial atención a los compuestos de origen vegetal ya algunos otros materiales bioactivos naturales, como los ácidos húmicos y fúlvicos. Sus efectos fisiológicos se producen después de su entrada en los tejidos y las células de la planta, donde estos compuestos participan en el metabolismo, la señalización y la regulación hormonal del crecimiento y el desarrollo de la planta (Dara S.K., 2018).

#### **2.24. Diferencia entre bioestimulantes y fertilizantes convencionales**

Con respecto a las principales diferencias entre bioestimulante y fertilizante, la European Biostimulants Industry Council (2010) destaca las siguientes:

- Los bioestimulantes operan a través de diferentes mecanismos que los fertilizantes, independientemente de la presencia de nutrientes en los productos.
- Los bioestimulantes difieren de los productos para la protección de cultivos porque actúan solo sobre el vigor de la planta y no tienen ninguna acción directa contra las plagas o enfermedades.
- La bioestimulación de cultivo es complementaria de la nutrición y la protección de cultivos.

## **2.25. Importancia económica de los Bioestimulantes**

La aplicación de bioestimulantes se proyectó alcanzar \$2,241 mil millones para 2018 y tener una tasa de crecimiento anual de 125 % de 2013 a 2018. La posibilidad de aplicación de bioestimulantes comerciales con el objetivo de reducir los fertilizantes minerales se está convirtiendo en una tendencia mundial en la producción agrícola. Se sabe que las plantas no aprovechan los minerales del suelo en una plena capacidad, y la adición de bioestimulantes puede mejorar la absorción de nutrientes. Se ha demostrado que la aplicación de bioestimulantes con la mitad de la nutrición NPK recomendada para el ajo aumentó eficazmente el rendimiento del bulbo. Demostró que el bioestimulante ha logrado un efecto positivo en el rendimiento del tomate si se añadiera nitrógeno y potasio. También se demostró que el bioestimulante mejora el rendimiento del tomate incluso cuando el fertilizante NPK se reduce (Granados, 2015).

## **2.26. Descripción comercial de los productos aplicados**

A continuación, se hace la descripción de las características de los productos utilizados para el desarrollo de la presente investigación.

### **Optifert®**

Es un producto orgánico integrado por carbohidratos, compuestos nitrogenados y extractos de microorganismos, que optimiza naturalmente el aprovechamiento de nutrientes en cultivos agrícolas. Es un fertilizante foliar orgánico, que complementa cualquier plan de manejo agronómico de alto desempeño. Los resultados de Optifert muestran aumentos significativos en la producción y calidad de las cosechas. Se han demostrado efectos muy positivos en la floración y aumentos de cosecha en frutales, maíz, cebada, avena, alfalfa, trigos, frijol y diversos pastos en campos de golf (Fertilex, 2019).

## **Agromil®**

Es el primer biorregulador de crecimiento con alta concentración de citocininas para desencadenar varios mecanismos a nivel fisiológico y anatómico, el principal efecto es incrementar, mantener y uniformizar por un mayor tiempo el tamaño de los frutos. También estimula apertura de yemas laterales (braceo), retrasa envejecimiento en los cultivos e incrementa calidad de flores e inflorescencias (Agroenzymas, 2020).

## **Paquetes proporcionados por Green Corp**

Los productos aplicados en los dos tratamientos proporcionados por la empresa Green Corp se dividieron en paquete orgánico y paquete hormonal. Los productos fueron aplicados cada uno en etapas específicas del crecimiento de la planta (Greencorp, 2018). Incluye los productos siguientes:

### **Paquete Green Corp (GC) Orgánico**

#### **Organiflush®**

Complejo de sustancias orgánicas, que le permiten a la planta una brotación uniforme, con elementos que refuerzan la actividad hormonal, además de proveer energía. Los aminoácidos mejoran la velocidad de las reacciones bioquímicas de la planta, evitando que se modifique el proceso por condiciones adversas del medio ambiente. La aplicación mantiene y mejora el estímulo de la brotación con mayor fuerza, incrementando los niveles hormonales y nutricionales en esa etapa fenológica (Greencorp, 2018).

### **Organiflor®**

Es una fuente de extractos hormonales, con vitaminas y antioxidantes de origen natural. Las plantas en el proceso de floración, demandan concentraciones hormonales y nutricionales abundantes y específicas, las cuales le permiten expresar al máximo una floración abundante y uniforme. Por su composición asegura el suministro y complementa los niveles de esos compuestos y nutrientes necesarios para favorecer una mayor expresión del proceso de floración (Greencorp, 2018).

### **Organigrow®**

Es un producto de alto desempeño, que refuerza el “amarre o cuajado” e inicio de crecimiento y desarrollo del frutillo, dado que proporciona un balance de hormonas naturales y nutrientes, que juegan un rol muy importante en estos procesos fenológicos de las plantas. Cumple y refuerza el conjunto de procesos desencadenados al inicio del crecimiento de los frutos, asegurando una buena división y diferenciación celular de los mismos (Greencorp, 2018).

### **Organimaster®**

Apoya y mejora el proceso de maduración del fruto, así como el peso y calidad, los cuales pueden verse afectados por cambios en las condiciones climatológicas. Proporciona un ajuste de la actividad fisiológica, abasteciendo los compuestos y sustancias necesarias en estos procesos fisiológicos para mejorar las características organolépticas como un excelente tamaño, color, peso y sabor, las cuales son fundamentales en la calidad de las cosechas (Greencorp, 2018).

## **Paquete Green Corp (GC) hormonal**

### **Citoflex®**

Es un regulador de crecimiento con un alto contenido de citocininas, enriquecido con nitrógeno y calcio, recomendado para inducir la formación y diferenciación de nuevos tejidos, inhibir la dominancia apical y estimular la brotación lateral en árboles frutales y otros cultivos; así como fomentar la brotación de “semillas” de papa. Fomenta el “amarre” de flores y crecimiento inicial de frutos, promueve la división celular que se refleja en un mayor tamaño, firmeza y calidad de los mismos. A retrasa el envejecimiento de las plantas, alargando su vida útil; incremento en el área foliar que se refleja en mayor capacidad fotosintética y sombreado de frutos (Greencorp, 2018).

### **Profixx zit®**

Es un producto regulador de crecimiento, el cual presenta un excelente balance de compuestos tipo hormonal como son: citocininas (Kinetina, 6-BPA y TDZ), auxinas (ácido naftoxiacético y 4-CPA) y giberelinas (AG3). Está especialmente diseñado para coadyuvar en la inducción y diferenciación floral, fortalecer el vigor y viabilidad de las estructuras reproductivas, así como el “cuajado” del fruto en hortalizas y frutales. El proceso de floración demanda de aminoácidos específicos, de vitaminas, antioxidantes y de todas las hormonas de crecimiento y desarrollo; así como de un alto nivel energético que provee el fósforo y otros compuestos. Los demás nutrientes ligados a la floración en mayor grado son el zinc, cobre, boro, magnesio y el molibdeno, los cuales están presentes en esta formulación (Greencorp, 2018).

### **Fruitsizer®**

Es un regulador de crecimiento altamente concentrado en citocininas, giberelinas y enriquecido con aminoácidos, potasio, calcio y boro. La mayoría de los frutos se desarrollan en dos etapas principales de crecimiento; la fase de división o multiplicación celular, que sucede en las primeras semanas, luego de la caída de pétalos, como señal de la fecundación. En esta etapa se define el tamaño potencial del fruto y se caracteriza por tener un alto requerimiento de citocininas, aminoácidos esenciales, calcio, cobalto y molibdeno. La segunda es una fase acelerada de crecimiento después de que los frutos han logrado un tercio de su tamaño potencial y presentan una mayor demanda de giberelinas, nitrógeno, aminoácidos y potasio. Los frutos que producen hueso, pasan por una etapa de desarrollo intermedio donde participan las auxinas en su crecimiento; es recomendable adicionar esta hormona, o bien emplear Profixx Zit que contiene las tres hormonas en balance (Greencorp, 2018).

### **Brixer®**

Está diseñado especialmente con componentes que retardan el crecimiento y la elongación de tallos en algodón, caña, papaya, tomates indeterminados, etc. logrando con esto una mayor concentración de azúcares y solutos provocando la distribución de estos en los órganos reproductivos y tallos, favoreciendo un incremento en la producción, tamaño y calidad de los mismos. El producto regula la longitud de tallos entre un 10 y un 20% menos permitiendo la formación de plantas más compactas, equilibradas y productivas. Debe emplearse en frutales y hortalizas cuando se observe un crecimiento vegetativo excesivo, poca formación y aparición de flores; o bien, cuando se tiene poco amarre de las mismas, causando por excesos de Nitrógeno, agua y temperaturas altas (Greencorp, 2018).



### **3. MATERIALES Y METODOS**

#### **3.1. Ubicación del experimento**

El presente trabajo se llevó a cabo en su etapa de producción del cultivo en el invernadero No. 2 ubicado dentro de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN). De aquí se obtuvieron los frutos para su posterior análisis en el Laboratorio de Tecnología de Alimentos de esta misma institución.

#### **3.2. Material biológico utilizado**

Se desarrollaron plantas de tomate var. Rubi (Fito seeds) hasta su producción de frutos, los que fueron cosechados en la etapa de madurez comercial (rojo intenso).

#### **3.3. Preparación de macetas**

Se utilizaron macetas de plástico negro con capacidad de 8 litros, estas fueron llenadas con una mezcla de sustrato peat-moss + perlita + organodel a una relación de 1:1:1 (v/v/v). Llenas las macetas, se distribuyeron en dos camas, a razón de dos en hileras con 16 macetas por cama para un total de 68 macetas. La distancia entre hileras fue de 75 cm y mientras que la distancia entre macetas fue de 40 cm de centro a centro.

#### **3.4. Trasplante y manejo nutricional**

El trasplante se realizó con el sustrato humedecido a saturación y se colocó una plántula por maceta en el centro de ésta. Para prevenir del ataque de patógenos se aplicó una solución con 2 ml L<sup>-1</sup> de previcur.

La nutrición de las plántulas fue por medio de riego con solución nutritiva desarrollada por Steiner (1961), se preparó inicialmente al 50 % y se aplicó medio litro por maceta dos veces al día en los primeros días del desarrollo de las plantas,

después de 15 días se incrementó la dosis al 100 % (Cuadro 2), y el suministro se fue ajustando de acuerdo con la etapa de crecimiento y la demanda de la planta.

**Cuadro 2.** Solución nutritiva Steiner (Steiner, 1961) utilizada.

<b>Elemento</b>	<b>al 50 % en 200 L</b>	<b>al 100 % en 200 L</b>
Nitrato de calcio Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	23.6 g	47.2 gr
Sulfato de potasio K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	35.4 gr	70-8 gr
Sulfato de magnesio MgSO <sub>4</sub>	12.3 gr	24.6 gr
Cloruro de potasio	35.6 gr	71.2 gr
Ácido nítrico HNO <sub>3</sub>	24 ml	48 ml
Ácido fosfórico H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	7 ml	14 ml
Micronutrientes	8 gr	16 gr

### 3.5. Diseño experimental

El experimento se estableció bajo un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones y cuatro tratamientos, cuatro unidades experimentales por tratamiento. Los tratamientos y dosis de aplicación fueron las recomendadas por el fabricante los cuales fueron los siguientes (Cuadro 3).

**Cuadro 3** Productos y dosis de aplicación de los Bioestimulantes.

<b>Productos</b>	<b>Dosis</b>	<b>Unidades</b>
T1. Organiflush/Organiflor/Organigrow/Organimaster	2.0/2.0/2.0/2.0	L ha <sup>-1</sup>
T2. Citoflex /Profixx zit/ Fruitsizer/ Brixxer	0.5/0.75/ 0.5/1.0	L ha <sup>-1</sup>
T3. Optifer + Agromil	2.0 + 0.25	L ha <sup>-1</sup>
T4. Testigo Absoluto (agua destilada)	--	--

### Momento e intervalo de aplicación de los productos:

1. Optifer, Organiflush, Citoflex y Testigo: 15 días después del trasplante
2. Optifer, Organiflor, Profixx zit y Testigo: aparición de primeros botones florales
- 3.- Optifer, Organigrow, Fruitsizer y Testigo: fruto al 30% de tamaño final

4.- Optifer, Organimaster, Brixser y Testigo: al inicio del pintado de fruto del primer amarre de fruto

Para las aplicaciones, previamente se preparó la solución con cada bioestimulante diluido en agua destilada, este fue el correspondiente al tratamiento y etapa fenológica. La aspersión se hizo con un atomizador de mano sobre cada una de las 16 plantas correspondiente a cada tratamiento procurando hacer un recubrimiento total del área foliar y con un plástico se evitó la deriva del producto hacia las plantas vecinas.

### **3.6. Cosecha de frutos para análisis**

La cosecha se llevó a cabo 70 días después del trasplante. Se seleccionarán 6 frutos de cada planta procurando que tuvieran características homogéneas en cuanto a color y tamaño. Posteriormente éstos se trasladaron al Laboratorio de Tecnología de Alimentos para llevar a cabo los análisis correspondientes.

### **3.7. Parámetros evaluados**

#### **Parámetros de calidad externa**

##### **3.7.1. Color**

En la variable de color del fruto se utilizó un colorímetro marca Minolta MeterCR-400 (MinotaCorp, Ramsey, New Jersey, EE. UU.). Los valores de los parámetros de cromaticidad medida  $L^*$  (luminosidad de brillo), coordenadas de color  $a^*$  y coordenadas de color  $b^*$ . Se tomaron tres medidas en cada fruto por tratamiento.

## **Parámetros bioquímicos de calidad**

Para determinar el impacto de la aplicación foliar de diferentes productos bioestimulantes en la calidad del fruto, se analizaron los parámetros bioquímicos siguientes:

### **3.7.2. Firmeza**

La variable de firmeza evaluó en tres tomates de cada tratamiento la cual fue determinada utilizando un penetrómetro digital para frutos suaves (EXTECH, FHT 200) precisión básica del 0.5 %, en tres puntos del fruto. Los resultados se obtuvieron en Newton (N) con tres lecturas por cada fruto.

### **3.7.3. pH**

Para medir esta variable se colocó una porción de 20 mL de jugo de fruto en un matraz de 200 mL para después con ayuda de un potenciómetro tomar el valor de pH. Se recabaron datos de tres tomates por tratamiento.

### **3.7.4. Sólidos solubles totales (°Brix)**

El SST o contenido de azúcar mide e incluye los carbohidratos, ácidos orgánicos, proteínas, grasas y minerales del fruto, se determinaron los valores de tres tomates por cada tratamiento, se extrajo el jugo, se procedió a tomar una gota y se midió la muestra utilizando un refractómetro de la marca ATAGO (ATAGO. USA Inc., Bellevue, WA, USA) a temperatura ambiente (°C). El resultado se expresó en escala de porcentaje de °Brix.

### **3.7.5. Acidez titulable (AcT)**

Representa a los ácidos orgánicos presentes que se encuentran libres y se mide neutralizando los jugos o extractos de frutas con una base fuerte, utilizando el jugo de tres tomates por cada tratamiento, se diluyeron 10 mL de jugo de tomate en 250

mL de agua destilada en un matraz Erlenmeyer. La titulación de las muestras se realizó utilizando NaOH 0.01 N a pH 8.3, obteniendo tres lecturas para cada tratamiento, los resultados expresados en porcentaje de ácido cítrico por medio de la aplicación de la siguiente fórmula:

$$\% \text{ acidez} = \frac{V_{NaOH} * N_{NaOH} + meq_{ácidosX} * 100}{V}$$

Donde:

$V_{NaOH}$  = Volumen de NaOH usado para la titulación

$N_{NaOH}$  = Normalidad del NaOH

$meq_{ácidosX}$  = Miliequivalentes de ácido. El valor equivalente de base a ácido para el ácido cítrico es: 0.064.

V = Peso en g ó volumen de la muestra en mL

### 3.7.6. Vitamina C (VitC)

Se determinó mediante el método de titulación con 2,6-dicloroindofenol. El reactivo de Thielman fue preparado de acuerdo con la AOAC 967.21. Utilizando una muestra de 20 g, la cual fue añadida a un matraz (50 mL) con 10 mL de HCl al 2 % y se llevó hasta el aforo. Posteriormente pasamos a filtrar el contenido a través de una gasa, en un matraz Erlenmeyer. Se tomaron alícuotas de 10 mL y se titularon con el reactivo de Thielman hasta la aparición de una coloración rosa sin desaparecer durante 30 segundos, la lectura fue en mL gastados del reactivo. Para el cálculo del contenido de ácido ascórbico en las muestras se realizó una curva de calibración, con una solución patrón de ácido ascórbico.

La concentración de la vitamina C en la muestra, se calculó según la fórmula:

$$\text{Vitamina C} = \frac{VRT * 0.088 * VT * 100}{VA * P}$$

Donde:

Vitamina C = En la muestra expresada en mg en 100 g

VRT= Volumen gastado en mL del reactivo de Thielman

0.088 = mg de ácido ascórbico equivalente a un mL de reactivo de Thielman.

VT = Volumen total en mL del filtrado total de vitamina C en HCl.

VA = Volumen en mL de la alícuota valorada.

P= Peso de muestra en gramos.

### **3.7.7. Pérdida de peso (PP)**

Se eligieron cinco frutos por cada tratamiento, estos se colocaron en una charola de plástico debidamente etiquetados y se dejaron a temperatura ambiente ( $28 \pm 2$  °C) en el laboratorio y se les midió de peso con balanza digital cada tercer día iniciando el día de establecimiento de la prueba, durante 15 días.

### **3.8. Análisis estadístico**

Para el análisis de los datos obtenidos se realizó un análisis de varianza y una comparación múltiple de medias con la prueba de Tukey ( $\alpha \leq 0.05$ ), con ayuda del paquete SAS versión 9.0 para Windows (SAS Institute, 2009).

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Parámetros de color de cascara de fruto

#### 4.1.1 Análisis de varianza

El análisis de varianza realizado a los datos obtenidos en los parámetros de calidad externa muestra diferencias estadísticas altamente significativas entre los tratamientos con una confiabilidad del 95% ( $\alpha \leq 0.05$ ), por lo que, los tratamientos afectaron los caracteres relativos al color de cáscara del fruto. (Cuadro 4).

**Cuadro No. 4** Cuadrados medios del análisis de varianza de los parámetros de color externo de frutos de tomate

Fuentes de variación	GL	Luminosidad	Coordenadas de color	
		L*	a*	b*
Tratamientos	3	0.0083**	1.6467**	0.0004**
Modelo	3	0.0083**	1.6467**	0.0004**
Error	12	0.0001	0.2380	0.000025
Total	15			
R <sup>2</sup>	-	0.9679	0.6336	0.8046
CV	-	1.7979	4.5261	1.4146

\*\* : Diferencias altamente significativas ( $\alpha \leq 0.01$ ); \* : diferencias significativas ( $\alpha \leq 0.05$ ); R<sup>2</sup>: Coeficiente de determinación, que expresa la varianza total de la variable explicada por la regresión; CV: porcentaje del coeficiente de variación para cada variable; gl: grados de libertad, Ccas: Color de cáscara expresado en L\*, a\*, b\*.

### 4.2. Parámetros de postcosecha de frutos

La alternativa que proporcionan los bioestimulantes como complemento nutricional, promoviendo el crecimiento y desarrollo de las plantas, así mismo la mejora del metabolismo permite una resistencia a las condiciones adversas o al ataque de plagas y enfermedades. Los estudios basados en sustancias orgánicas y extractos hormonales infieren que el efecto positivo es resultado de la composición bioquímica que estos poseen (Campo *et al.*, 2015).

La presencia de hormonas y reguladores de crecimiento como lo son las auxinas, giberelinas y citocininas, al igual que los compuestos como ácidos húmicos,

vitaminas y aminoácidos permiten que las plantas y las células desarrollen caminos morfogénéticos alternativos, lo más general es que la acción de varias hormonas se exprese en la elongación celular (Jordán 2006). Sin embargo, estudios como los que reportó Cangás (2019) dan resultados con respuesta positiva en el incremento del amarre de fruto al igual que en el peso de cosecha ante la acción de fitohormonas y fosfitos en cultivo de tomate de árbol (*Solanum betaceum Cav*) var. Cantón Montúfar.

En otros casos puede llegar a existir una respuesta negativa, ante la aplicación de ácidos orgánicos como reportó Serna *et al.* (2017), ante la aplicación de ácido giberélico en diferentes concentraciones manifestando reducción en el ciclo del cultivo, además de pérdida precoz de la calidad de frutos de tomate de dos variedades “Alboran” y “Torrano”.

### **4.3. Parámetros de calidad externa**

#### **4.3.1. Color**

##### 4.3.1.1 Comparación múltiple de medias

En el análisis de comparación de medias de Tukey ( $\alpha \leq 0.05$ ) de los componentes relacionados a las variables de calidad externa de fruto, presentaron diferencias estadísticas altamente significativas entre los tratamientos.

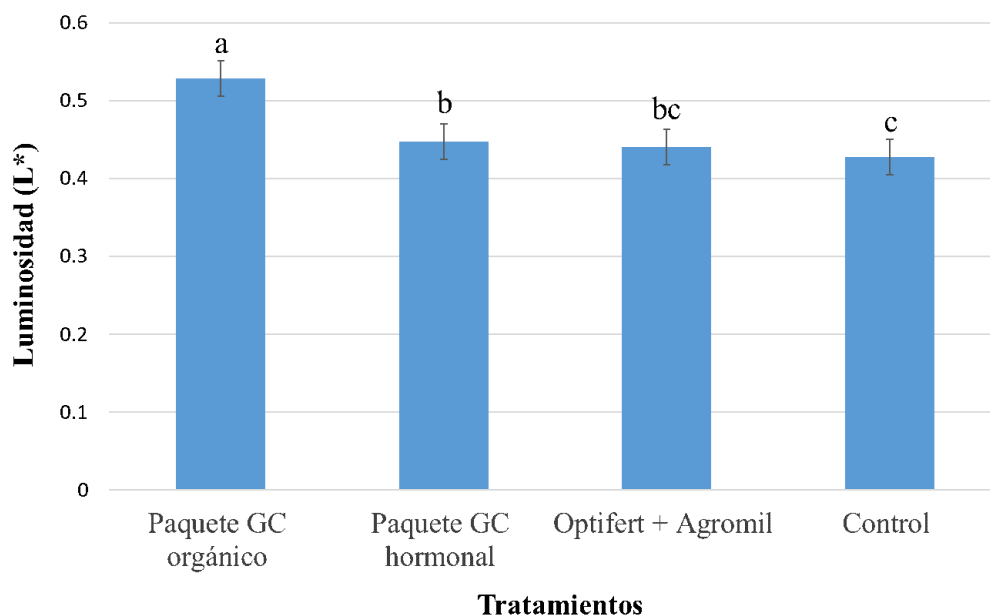
##### 4.3.1.2. Luminosidad (L\*)

En el parámetro factor L\* (luminosidad) todos los tratamientos presentaron efecto positivo, sin embargo, fue el tratamiento paquete GC orgánico (T1) ( $\bar{X}=0.5280$ ), manifestó el mayor efecto al presentar diferencias altamente significativas con respecto al tratamiento testigo (T4) ( $\bar{X}=0.4275$ ), por lo que, favoreció a una mejor luminosidad en el tono de color del fruto de tomate. Es este parámetro, también el tratamiento Paquete GC hormonal (T2) ( $\bar{X}=0.4473$ ) manifestó efectos positivos al



ser estadísticamente superior sobre el testigo (T4). En el caso del tratamiento Optifert® + Agromil® (T3) ( $\bar{x}=0.4406$ ), el efecto sobre la luminosidad de la cáscara del fruto no fue claro, ya que fue estadísticamente igual con el tratamiento Paquete GC hormonal (T2), pero también, estadísticamente igual con el testigo (Figura 1).

Con respecto a la luminosidad del fruto, Ariza *et al.* (2015) mencionan que la presencia de mayor brillo en el fruto está asociada con la presencia de ácido naftalenacético y ácido giberélico, lo que proporciona una mayor calidad visual. Por lo que, los efectos positivos encontrados en la presente investigación se asocian a la presencia de las fitohormonas presentes en los tratamientos paquetes GC orgánico (T1), paquete GC hormonal (T2) y Optifert®+Agromil® (3), específicamente el producto Profixx zit® incluido en el paquete GC hormonal (T2) contiene a esas dos fitohormonas (Greencorp, 2018).



**Figura 1.** Comparación de medias de Tukeyv ( $\alpha \leq 0.05$ ) para el componente Luminosidad (L\*) en el color de fruto de tomate.

#### 4.3.1.3. Coordenadas de color (a\*)

Los bioestimulantes aplicados a las plantas de tomate presentaron efectos positivos sobre la variable coordenada de color (a\*) componente del color del fruto en las coordenadas rojo/verde (+a indica rojo), en este componente los tratamientos Optifert®+Agromil® (T3) y paquete GC hormonal (T2) ( $\bar{x}$ = 11.3642 y  $\bar{x}$ = 11.0083, respectivamente) manifestaron diferencias significativas sobre el tratamiento testigo ( $\bar{x}$ = 9.8678), por lo que, ambos tratamientos influyeron a una mayor fidelidad del color rojo del fruto. En el caso del tratamiento paquete GC orgánico (T1) ( $\bar{x}$ = 10.8768), manifestó un efecto intermedio en el croma de la cáscara del fruto, ya que fue estadísticamente igual con los tres tratamientos anteriores (Figura 2).

Con relación al color de fruto, Bautista *et al.* (2016), citan que, en frutos y hortalizas en proceso de maduración, el cambio de color es causado por la degradación de la clorofila y el descubrimiento o síntesis de pigmentos carotenoides en los cloroplastos y cromoplastos, y los pigmentos fenólicos: antocianinas, flavonoles y pro antocianidinas. Por lo que, la aplicación de los productos bioestimulantes favoreció a una eficiencia en la degradación de los pigmentos fotosintéticos del fruto y brindo mayor calidad visual de éste.

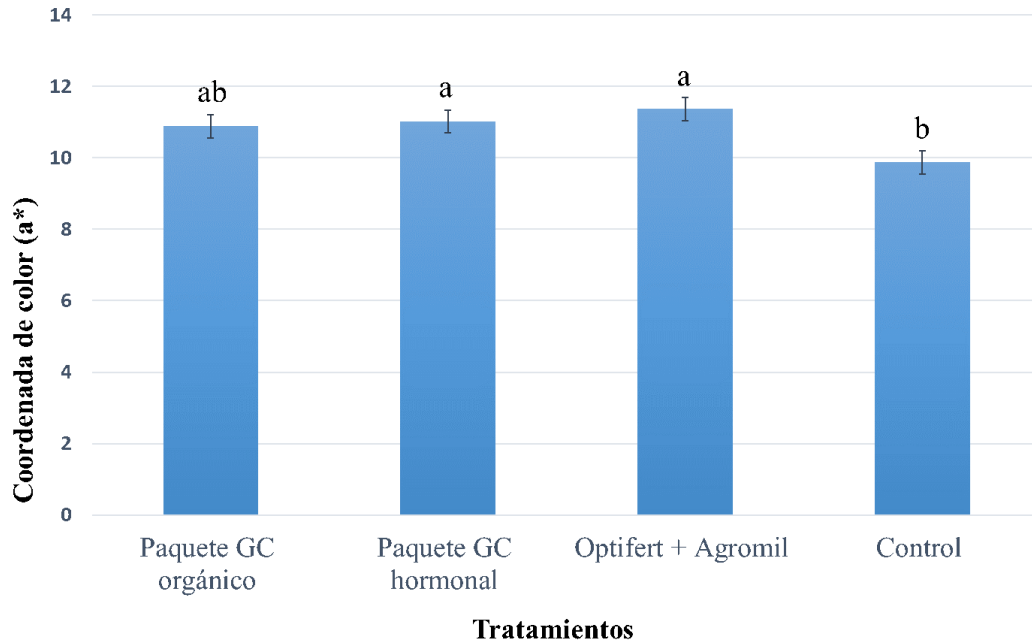


Figura 2. Comparación de medias de Tukey ( $\alpha \leq 0.05$ ) para la variable coordenada ( $a^*$ ) del color del fruto de tomate.

#### 4.3.1.4. Coordenadas de color ( $b^*$ )

En el tono (hue) o coordenadas amarillo/azul (+b indica amarillo), la prueba de comparación de medias presento diferencias significativas entre los tratamientos. Este parámetro se vio afectado de forma positiva por la aplicación de los productos bioestimulantes contenidos en el tratamiento Paquete GC orgánico (T1), el cual presento un valor de  $\bar{x} = 0.3642$ , seguido por el tratamiento Optifert®+Agromil® (T3) con valor de  $\bar{x} = 0.3566$ , ambos superaron al testigo con  $\bar{x} = 0.3417$ , e influyeron en el tono de claridad del color de los frutos (Figura 3). El Paquete GC hormonal (T2) con valor de  $\bar{x} = 0.3465$ , fue el tratamiento bioestimulante que favoreció a frutos más oscuros al alejarse relativamente de los tonos amarillos del espectro de luz.

Resultados similares presentan García *et al.* (2009), en la aplicación de oligosacáridos, numerosos estudios demuestran la protección de los cultivos con

oligosacarinas ante diferentes manifestaciones del estrés biótico y abiótico, además de promover el rendimiento de los cultivos (Falcón-Rodríguez, 2015).

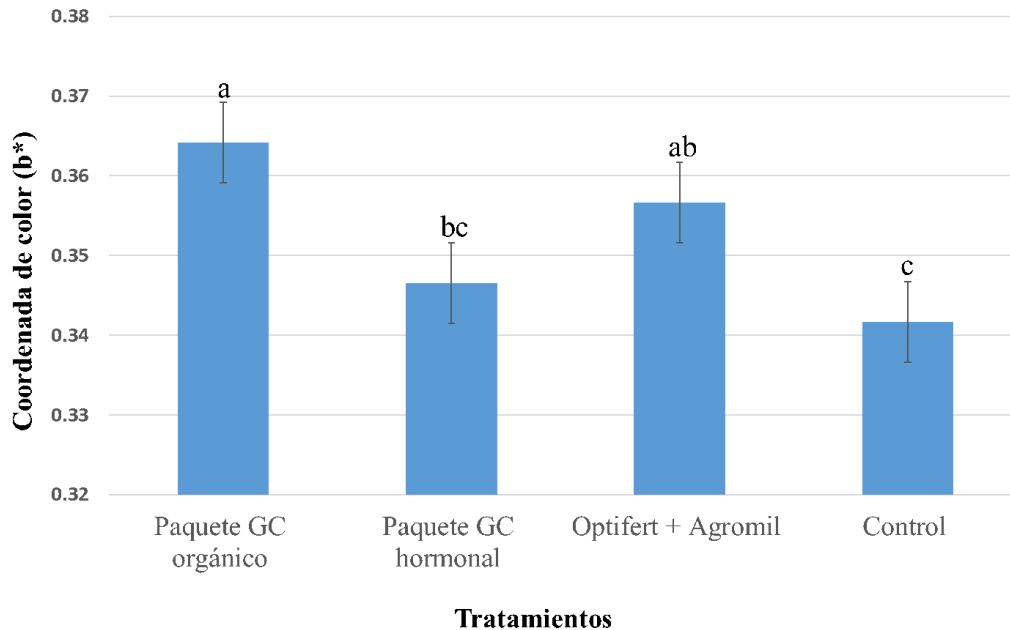


Figura 3. Comparación de medias de Tukey ( $\alpha \leq 0.05$ ) para la variable coordenada de color ( $b^*$ ) en el color de fruto de tomate.

#### 4.4. Parámetros Bioquímicos

##### 4.4.1 Análisis de varianza

De acuerdo con los resultados obtenidos relacionados a los parámetros de contenidos bioquímicos del fruto, evaluadas con una confiabilidad al 95% ( $\alpha \leq 0.05$ ), se encontraron diferencias significativas lo cual nos rechaza la hipótesis establecida, la que indica que al menos uno de los tratamientos presenta diferencia.

Estudios como los realizados por Terry Alfonso *et al* (2010), arrojan resultados similares a los obtenidos con bioestimulantes derivados de la vermicompost en cultivo de tomate, el efecto de la aplicación de estos tratamientos no genera efecto sobre la calidad interna de los frutos.

Cuadro No. 5 Cuadrados medios del análisis de varianza ( $p > 0.05$ ) de los componentes Bioquímicos de tomate

<b>Fuentes de variación</b>	<b>GL</b>	<b>Fza</b>	<b>°Brix</b>	<b>pH</b>	<b>AcT</b>	<b>VitC</b>
Tratamientos	3	4.4322**	5.0653**	0.1230**	0.1054**	0.0725**
Error	3	4.4322**	5.0653**	0.1230**	0.1054**	0.0725**
Total	12	0.7057	0.7342	0.0029	0.0187	0.0036
R <sup>2</sup>	15					
CV	-	0.6109	0.6330	0.9151	0.5845	0.8360
Tratamientos	-	5.0485	15.5185	1.2992	16.6843	9.6031

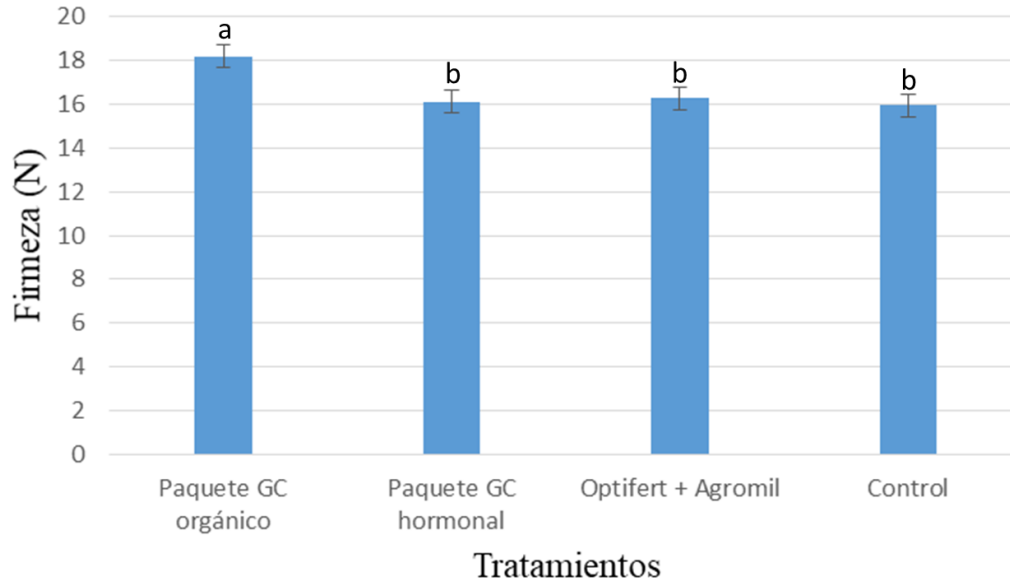
\*\* : Diferencias altamente significativas ( $\alpha \leq 0.01$ ); \* : diferencias significativas ( $\alpha \leq 0.05$ ); R<sup>2</sup>: Coeficiente de determinación, que expresa la varianza total de la variable explicada por la regresión; CV (%): porcentaje del coeficiente de variación para cada variable; R<sup>2</sup>: Coeficiente de determinación, que expresa la varianza total de la variable explicada por la regresión, gl: grados de libertad, VitC: Vitamina C, AcT: Acidez titulable, Fza: Firmeza, °Brix: Grados brix.

#### 4.4.2 Comparación múltiple de medias

##### 4.4.2.1. Firmeza de fruto (Fza)

Los valores encontrados en el parámetro de firmeza en los frutos de tomate fueron estadísticamente diferentes, en este parámetro el tratamiento paquete GC orgánico (T1) (18.20), mostro el mejor resultado, al superar a los otros dos tratamientos y al testigo absoluto (15.96), por lo cual, contribuyo a una mejor resistencia en el fruto del tomate. Por su parte los tratamientos paquete GC hormonal (T2) (16.11) y Optifert + Agromil (T3) (16.27) aunque presentan valores altos, estos no fueron estadísticamente superior sobre el testigo control (Figura 4).

Los estudios realizados por Luna *et al.* (2016), aplicando materiales orgánicos basándose en extractos con contenidos de giberelinas y fitohormonas en la producción de tomate tuvieron efecto positivo al reforzar el cuajado y el incremento del número de frutos, retrasaron la maduración, y aumentaron la firmeza de la pulpa (Facteau et al., 1992).



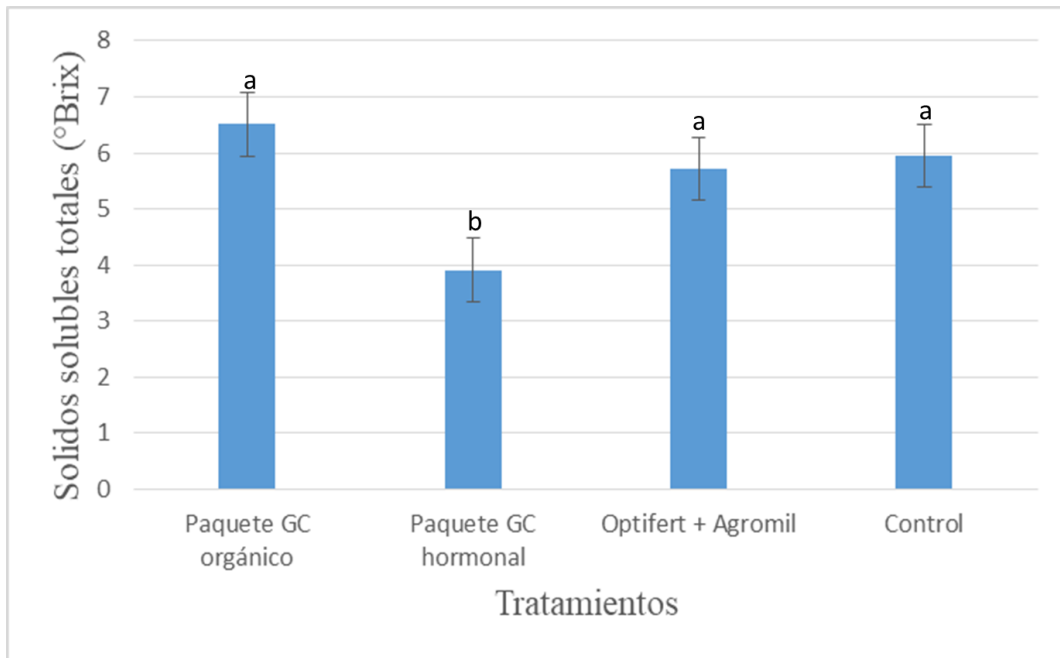
**Figura 4.** Comparación de medias de Tukey ( $\alpha \leq 0.05$ ) para la variable de firmeza (Fza) fruto de tomate.

#### 4.4.2.2. Parámetro de Sólidos solubles totales (°Brix)

De acuerdo con los resultados obtenidos en la prueba de comparación de medias de Tukey, dentro del parámetro de sólidos solubles totales (°Brix), se presentó diferencias significativas entre los tratamientos. Este parámetro el Paquete GC hormonal (T2) con un valor de 3.91 °Brix mostro un efecto negativo al descender más de 2 °Brix con relación al valor presentado por el testigo (5.95 °Brix). Los tratamientos Paquete GC orgánico (T1) con un valor de 6.51 °Brix y Optifert + Agromil® (T3) con un valor de 5.71 °Brix, no tuvieron efectos sobre este parámetro debido a que fueron estadísticamente igual al tratamiento testigo (Figura 5).

Casierra y Aguilar (2008) mencionan que la variación en sólidos solubles se presenta en frutos cosechados en estado de madurez 1, donde el fruto recién ha iniciado el proceso de madurez fisiológica en la planta y continua su estado de maduración en postcosecha por ser un fruto climatérico hasta alcanzar el estado de madurez 5, en comparación con frutos que fueron cosechados en estadio de madurez 5 donde el fruto ya se encontraba maduro y aun persistía en el racimo de

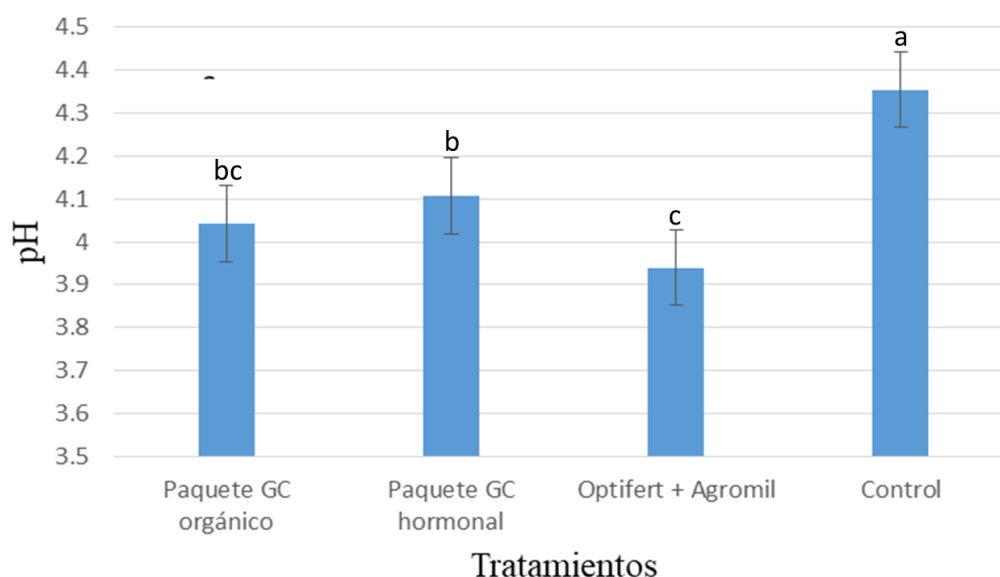
la planta, como lo es en el caso de los frutos analizados en la presente investigación, por lo que, la menor concentración de SST registrada en el tratamiento paquete GC hormonal (T2) se atribuye a los productos aplicados. Al igual que los parámetros de calidad externa, el análisis de parámetros bioquímicos fue realizado a una confiabilidad del 95 % ( $\alpha \leq 0.05$ ).



**Figura 5.** Comparación de medias de Tukey ( $\alpha \leq 0.05$ ) para la variable de °Brix en fruto de tomate

#### 4.4.2.3. Parámetro de pH

Las muestras de tomate de cada tratamiento presentaron valores con diferencias altamente significativas (Figura 6). Los tratamientos manifestaron efectos negativos ya que presentaron valores más bajos en relación con el tratamiento control que presentó pH de 4.3552, por lo que, los tres tratamientos (Paquetes GC orgánico y hormonal, y Otifert + Agromil) estimularon valores menores a lo establecido en los parámetros de calidad en el tomate para la industria, donde el pH del zumo se sitúa normalmente entre los 4.2 y 4.4 (Ciruelos, et al., 2008), indicando que las aplicaciones de los tratamientos bioestimulantes inducen efectos de acidez del pH de los frutos de tomate.



**Figura 6.** Comparación de medias de Tukey ( $\alpha \leq 0.05$ ) para la variable de pH en fruto de tomate.

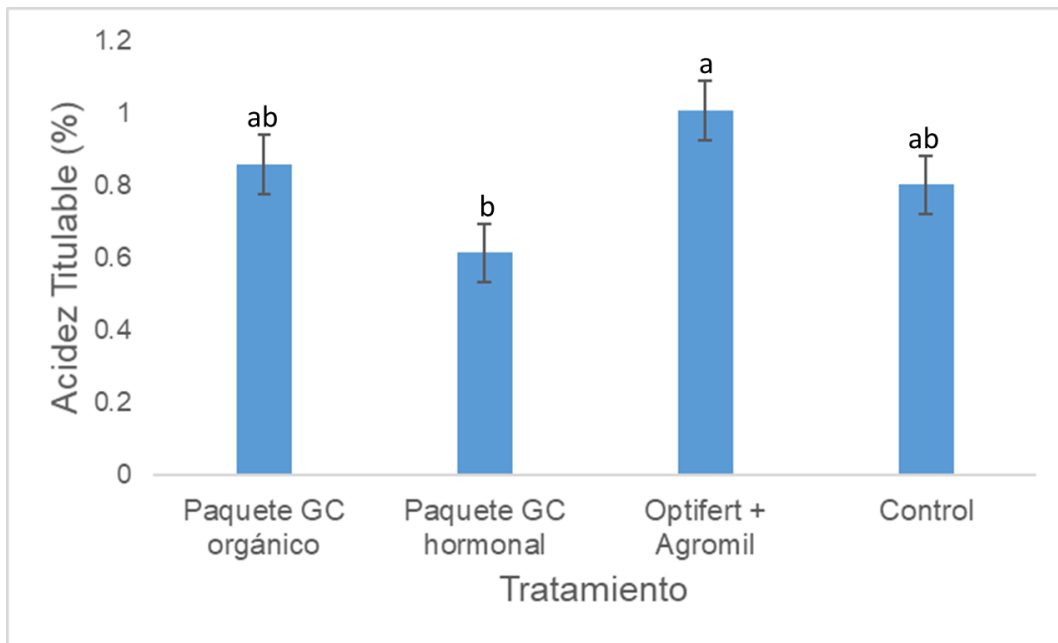
#### 4.4.2.4. Parámetro de Acidez Titulable (AcT)

Para el contenido de ácidos orgánicos (AcT), solo un tratamiento presentó un efecto positivo. En este sentido, el tratamiento Optifert® + Agromil (T3) manifestó un valor de 1.00% de ácido cítrico, con respecto al control (0.80 %). Por su parte el tratamiento Paquete GC orgánico (T1) (0.85 %) manifestó efectos estadísticamente igual al tratamiento control. En el caso del tratamiento paquete GC hormonal (T2), mostró efecto negativo en la estimulación del ácido cítrico, debido a que este tratamiento tuvo un valor de 0.61 %, el cual es estadísticamente inferior al valor del tratamiento control (Figura 7).

Resultados distintos obtuvieron Arteaga *et al.* (2006), con aplicaciones de humus foliar en tomates var. Amalia, no obtuvo diferencias significativas entre tratamientos, las aplicaciones de humus no provocan variaciones significativas en la acidez del fruto, se denota una tendencia a disminuir, al aumentar la concentración de la disolución del humus, aportando un beneficio a la mejora de la



calidad del fruto, pues es un índice fundamental que determina su sabor y para su proceso industrial

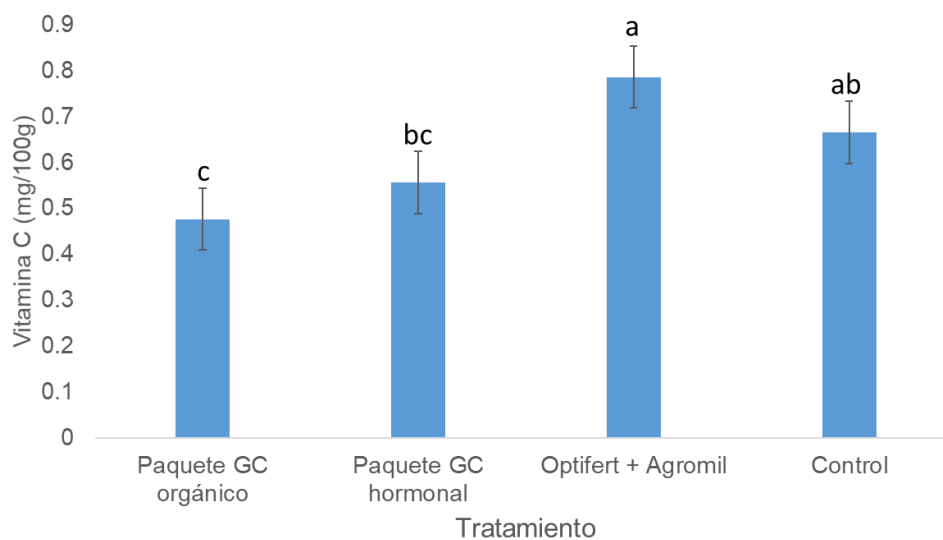


**Figura 7.** Comparación de medias de Tukey ( $\alpha \leq 0.05$ ) para la variable de Acidez titulable en fruto de tomate.

#### 4.4.2.5. Vitamina C (VitC)

El contenido de vitamina C en los frutos de tomate analizados de acuerdo a la prueba de comparación de medias de Tukey ( $\alpha \geq 0.05$ ), presentó diferencias estadísticas altamente significativas entre tratamientos. En este parámetro, el tratamiento Optifert® + Agromil (T3) presentó el valor más alto (0.78 mg/100g de fruto) con respecto al tratamiento control (0.66 mg/100g), por lo que, manifestó un mejor contenido de vitamina C en el fruto del tomate. En este parámetro, los tratamientos paquete GC hormonal (T2) (0.55 m/100g<sup>-1</sup>) seguido del tratamiento paquete GC orgánico (T1) (0.47 m·100 g<sup>-1</sup>) mostraron efecto negativo en la estimulación de vitamina C, ambos presentaron valores inferiores a los arrojados por el tratamiento control (Figura 8).

La aplicación exógena de los tratamientos a excepción del tratamiento Optifert® + Agromil (T3), no mejoraron el contenido de vitamina C en los frutos de tomate. Villegas-Espinoza *et al.* (2018) reporta que el contenido de vitamina C aumentó conforme se aplicó dosis más altas del bioestimulante Liplant®, el cual comparte una similitud de contenidos vitamínicos con los aplicados en la presente investigación. Por otro lado, Elías y Rodríguez (2011) explican que la pérdida de vitamina C hasta en un 70 % es debido al aprovechamiento de carbohidratos y ácidos orgánicos que tiene el fruto hasta su senescencia.



**Figura 8.** Comparación de medias de Tukey ( $\alpha \leq 0.05$ ) para la variable de Vitamina C en fruto de tomate.

#### 4.5. Pérdida de peso del fruto

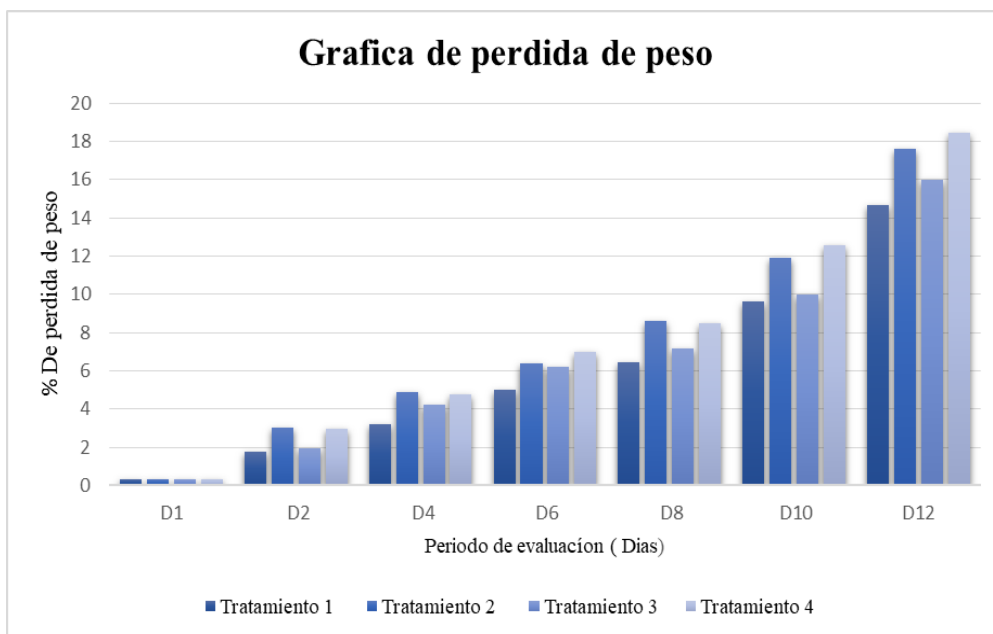
El fruto una vez cosechado, sigue viviendo, respira, transpira sujeto a cambios continuos, los cuales determinan la calidad interna y externa, ya que depende totalmente de su reserva. La vida postcosecha se define como el periodo en el cual un producto mantiene un nivel predeterminado de la calidad bajo condiciones específicas de almacenamiento (Shewfelt, 1986). La calidad de la mayoría de

frutas y hortalizas se ve severamente afectada por las pérdidas de agua durante el almacenamiento, que dependen de la temperatura y de la humedad relativa (Pérez *et al.*, 2003).

En esta investigación, con el parámetro de pérdida de humedad del fruto se observó la relación que tuvo el peso de cada fruto con respecto al tiempo, al transcurrir los días la pérdida de agua fue gradual. (Figura 9), se presentaron los primeros síntomas de marchitamiento (pérdida de turgencia) a los 7 días en todos los tratamientos, al respecto Mahajan *et al.* (2008) mencionan que la pérdida de peso debido a la respiración es indeseable con relación a la transpiración, debido a que provoca cambios en la firmeza y calidad comercial de los frutos.

En diversas investigaciones se menciona que los síntomas de pérdida de agua en frutas y hortalizas son evidentes cuando el fruto llega a perder entre el 5 y el 10 % de su peso inicial tal es el caso de Ryall y Lipton (1982), lo cual coincide con los tiempos en que se manifestaron los síntomas en esta investigación.

En la presente investigación se obtuvieron porcentajes de pérdida de peso inferiores a los resultados reportados por Babitha y Kiranmayi (2010), quienes obtuvieron pérdidas de peso entre el 33 y 55 % para frutos de tomate de las variedades “Pera” y “S-12”, conservados durante 7 días a una temperatura de 25 °C.



**Figura 9. Pérdida porcentual de peso de frutos de tomate, evaluado después de la aplicación de bioestimulantes, UAAN, 2019.**

Los resultados después de 13 días de monitoreo presentaron una media de la PP de 11.6 g (datos no mostrados), para todos los tratamientos. Paquete Green Orgánico (T1) fue el que estimulo mejor resistente a la PP con un promedio de 10.25 g, así mismo alcanzo una pérdida de peso de 14.6 % y con ello promovi6 una mayor vida de anaquel, pese a que las condiciones de almacenamiento (humedad y temperatura) no fueron controladas. Por otro lado, los tratamientos con mayor porcentaje de perdida de agua, fueron los tratamientos Paquete GC hormonal (T2) con una media de 11.7 y un porcentaje de 17.6 y Optifert + Agromil (T3) con una media de 12.25 y un porcentaje de pérdida de 15.96 (Figura 9).

## 5. CONCLUSIONES

Las aplicaciones exógenas de los bioestimulantes promovieron tanto efectos positivos como negativos sobre los componentes de la calidad comercial de frutos de tomate.

Todos los parámetros de color de la cáscara del fruto evaluados fueron mejorados por la aplicación de los tratamientos de bioestimulantes.

Los productos bioestimulantes del paquete GC de orgánico (T1) mejoraron las características de firmeza de fruto y el contenido de Sólidos Solubles Totales, y el Optifert + Agromil® (T3) mejoraron los contenidos de ácido cítrico y vitamina C, a la vez que bajo el pH del fruto.

Los bioestimulantes prolongaron la vida de anaquel de los frutos de tomate; los productos del paquete GC orgánico (T1) fueron los que promovieron mayor resistencia al deterioro de los frutos al retardar su deshidratación.

El análisis económico identificó al tratamiento Optifert + Agromil® (T3) como la combinación más económica, sin embargo, la decisión de optar por un paquete o combinación de productos deberá estar relacionada con la(s) característica(s) de calidad que se pretenda mejorar.

## 6. LITERATURA CONSULTADA

- Abdel-Raouf N., Al-Homaidan A.A., Ibraheem I.B.M. (2012). Microalgae and wastewater treatment. *Saudi J. Biol. Sci.* 19:257-275. doi: <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2012.04.005>.
- Agroenzymas. (2020). *Agroenzymas*. Recuperado el 04/06/2021. [https://www.agroenzymas.com/mx01\\_agromil\\_plus\\_reactmax.html](https://www.agroenzymas.com/mx01_agromil_plus_reactmax.html).
- Alcantara C.J.S., Jovanna A.C., Alcántara C.J.D., Sánchez M.R.M. (2019). Principales reguladores hormonales y sus interacciones en el crecimiento vegetal. 17 (32):109-129.
- Allende M., Martínez C.J.P., Salinas P.L., Fabio Corradini S.F., Rodríguez A.F., Sepúlveda R., Olivares P.N., Abarca R.P., Riquelme S.R.J., Guzmán L.R.A., Antúnez B.A., Felmer E.S. (2017). Manual de cultivo del tomate bajo invernadero. Boletín N°12. INIA-INDAP, Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Santiago de Chile. 112 p.
- Ariza F.R., Barrios A.A., Herrera G.M., Barbosa M.F., Michel A.A., Otero S.M. A., Alia T.I. (2015). Fitohormonas y bioestimulantes para la floración, producción y calidad de lima mexicana de invierno. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 6(7):1653-1666.
- Arteaga M., Garcés N., Guridi F., Pino J.A., López A., Menéndez J.L., Cartaya O. (2006). Evaluación de las aplicaciones foliares de humus líquido en el cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum mill*) var. amalia en condiciones de producción. *Cultivos Tropicales*, 27(3):95-101.
- Babitha, B. Kiranmayi, P. 2010. "Effect of storage conditions on the postharvest quality of tomato (*Lycopersicon esculentum*)". *Research Journal of Agriculture Science*. 1(4):409–411.
- Bautista P. B., Arellanes J. N., Pérez F. M. E. (2016). Color y estado de madurez del fruto de tomate de cáscara. *Agronomía Mesoamericana* 27(1):115-130. doi: <https://doi.org/10.15517/am.v27i1.21891>.

- Benazzouk S., Dobrev P.I., Djazouli Z.E., Motyka V., Lutts S. (2020). Positive impact of vermicompost leachate on salt stress resistance in tomato (*Solanum lycopersicum L.*) at the seedling stage: a phytohormonal approach. *Plant Soil* 446:145-162. doi: <https://doi.org/10.1007/s11104-019-04361-x>.
- Brezeanu P.M., Brezeanu C., Ambărus S., Călin M., Cristea T.O. (2014). A review of the most important pest insects and its influence on tomato culture. *Biologie*. 23(2):68- 73.
- Campo C. A., Álvarez R. A., Batista R., Eddie M. M. A. (2015). Evaluación del bioestimulante Fitomas-E en el cultivo de *Solanum lycopersicum L.* (tomate). *ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*. 49(2):37-41. [fecha de consulta 2 de febrero de 2021]. ISSN: 0138-6204. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=2231/223143421006>.
- Cangás C.C.A. (2019). Eficacia de la aplicación de fitohormonas y fosfitos, en el cuajado, rendimiento y calidad del fruto, en el cultivo de tomate de árbol (*Solanum betaceum Cav.*), Cantón Montúfar. Tesis en licenciatura. Universidad Politecnica Estatal del Carchi. 40-43
- Casierra P.F.C., Aguilar A.Ó.E. (2008). Calidad en frutos de tomate (*Solanum lycopersicum L.*) cosechados en diferentes estados de madurez. *Agronomía Colombiana*. 26(2):300-307.
- Colla G., Nardi S., Cardarelli M., Ertani A., Lucini L., Canaguier R., et al. (2015). Protein hydrolysates as biostimulants in horticulture. *Sci. Hortic*. 96:28–38.
- Colla G., Roupheal Y., Canaguier R., Svecova E., Cardarelli M. (2014). Biostimulant action of a plant-derived protein hydrolysate produced through enzymatic hydrolysis. *Front. Plant Sci*. 5:448. doi: 10.3389/fpls.2014.00448.
- Comision nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad. (2009). *Solanum lycopersicum L.* Recuperado de <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/solanaceae/lycopersicon-esculentum/fichas/ficha.htm#:~:text=Categor%C3%ADas%20taxon%C3%99>

B3micas%20superiores,%3A%20Asteridae%3B%20Orden%3A%20Solan  
ales.

- Ciruelos C. A., de la Torre C. R., Gonzales R.C. (2008). Parámetros de calidad de en el tomate para la industria. 9(2) 158-162.
- Department of Agriculture Forestry and Fisheries. (2012). Production guidelines Production guidelines for Tomato. Department of agriculture forestry and fisheries. 21-22 .
- Dara S.K., Lewis E. (2018). Impact of nutrient and biostimulant materials on tomato crop health and yield. UCANR e-Journal of Entomology and Biologicals. Disponible en: (<https://ucanr.edu/blogs/strawberries-vegetables/index.cfm?start=17>).
- Du Jardin, P. (2015). Plant biostimulants: definition, concept, main categories and regulation. *Scientia Horticulturae*, 196:3-14.
- Eibner R. (1986). Foliar fertilization, importance and prespects in crop production. p. 3-13.
- Elías V.M., Rodríguez G. (2011). Evaluación de vitamina C por HPLC en el desarrollo postcosecha del tomate (*Solanum lycopersicum* v. *Dominator*). *Eciperu*. 8(1):49-53.
- European Biostimulants Industry Council. (2010). About biostimulants and the benefits of using them. *Bioestimulants*. Recuperado de <http://www.biostimulants.eu>
- Facteau T.J., Chestnut N.E., Rowe K.E., Payne C. (1992). Brine quality of gibberellic acid-treated ‘Napoleon’sweet cherries. *HortScience* 27(2):118-122.
- Falcón-Rodríguez A.B., Menéndez C.D, Fundora P.G.D., García N.C.M. (2015). Nuevos productos naturales para la agricultura: las oligosacarinas. *Cultivos Tropicales*. 36:111-129.
- Fertilex. (s.f.). *Fertilex*. Recuperado el 14 de Junio de 2019. <http://fertilex.mx/wp-content/uploads/2018/04/OPTIFERT-2018.pdf>



- Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura. (2017). Tomate Rojo 2017. Dirección de Investigación y Evaluación Económica y Sectorial. Panorama Agroalimentario. Recuperado el 25 de febrero de 2021 de <https://www.fira.gob.mx/InfEspDtoXML/abrirArchivo.jsp?abreArc=65310>
- Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura. (2019). Tomate Rojo 2019. Dirección de Investigación y Evaluación Económica y Sectorial. Panorama Agroalimentario. Recuperado el 25 de febrero de 2021 de <https://Panorama-Agroalimentario-Tomate-rojo-2019.pdf>
- García S.M.L., Martínez J.V., Avendaño L.A.N., Padilla S.M.C., Izquierdo O.H. (2009). Acción de oligosacáridos en el rendimiento y calidad de tomate. *Fitotecnia Mexicana*. 32(4):295–301.
- González G.A., Morales A.C.G., Riquelme S.J., Hirzel C.J., France I.A., Pedreros L.A., Defilippi B.B., Robledo M.P., Becerra C.C. (2017). Manual de manejo agronómico del arándano. Santiago, Chile: INIA. No. 6: 1-98 pp.
- Granados E.E.F., (2015). Efecto de Bioestimulantes en el rendimiento de berenjena Oscos, San Marcos. (Tesis de pregrado). Universidad Rafael Landívar, Coatepeque. p. 36-39.
- Greencorp.(2015-2018).Greencorp. Recuperado el 14 de abril de 2020 de <http://greencorp.com.mx>
- Helaly M.N., Arafa A.A., Heba M., Ibrahim, Ghoniem K.H. (2018). Improving growth and productivity of tomato by some biostimulants and micronutrients with or without mulching. *Journal of Phytolog*. 10:15-23. doi: <https://10.25081/jp.2018.v10.3400> .
- Jogi, P.D., Mohanty, I.C. (2016). Micropropagation of *Solanum lycopersicum* (Utkal kumari)-a variety of tomato cultivar. *Asian Journal of Horticulture*. 11(2), 420-422.
- Jordán M., Casaretto J. (2006). Hormonas y Reguladores del Crecimiento: Auxinas, Giberelinas y Citocininas. *Universidad la Serna*, 15, 1-28.
- Kawalekar J. S. (2013) Role of biofertilizers and biopesticides for sustainable agriculture. *J. Bio Innovat*. 2: 73-78.

- López S.R., González C.G., Vázquez A. R.E., Olivares S.E., Vidales C.JA., Carraza R.R., Ortega E.M. (2014). Metodología para obtener ácidos húmicos y fúlvicos y su caracterización mediante espectrofotometría infrarroja. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 5(8):1397-1407.
- López-Marín L.M. (2016). Manual técnico del cultivo de tomate. *INTA*, 121 pp.
- Luna M.R.A., Reyes P.J.J., Espinosa C.K.A., Luna M.V., Luna Q.F.V., Celi M.M.V., Espinoza C.A.L., Rivero H.M., Cabrera B.D.A., Alvarado M.A.F. González R.J.C. (2016). Efecto de diferentes abonos orgánicos en la producción de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Ciencias Biológicas y de la Salud*. 22(3):33-36.
- Mahajan P.V., Oliveira F.A.R., Macedo I. 2008. Effect of temperature and humidity on the transpiration rate of the whole mushrooms. *Journal of food Engineering*. 84(2):281-288.
- Morales A.C.G. (2017). Uso de bioestimulantes en arándanos [en línea]. Villa Alegre: Boletín INIA - Instituto de Investigaciones Agropecuarias. no. 371. (Consultado: 27 mayo 2021). <https://inia.prodigioconsultores.com/handle/123456789/6679>
- Moreiras O., Carbajal A., Cabrera L., Caudrado C. (2013). Tablas de composición de alimentos. *Pirámide*. 16, 46-47
- National Garden Bureau (NGB). (2012). Year of the tomato. National Garden Bureau Inc.U.S.A. Recuperado de <https://ngb.org/garden-books/>
- Pérez, K., J. Mercado., Soto V.H. (2003). Effect of storage temperature on the shelf life of Hass avocado (*Persea americana*). *Food Sci. Tech. Int.* 10(2), 73-77.
- Red agrícola. (2017). Reguladores de crecimiento y bioestimulantes. Recuperado de <http://www.redagricola.com/cl/reguladores-de-crecimiento-y-bioestimulantes/>.
- Rivas G.T., González G.L., Boicet F.T., Jiménez A.M.C., Falcón R.A.B., Terrero S.C.J. (2021). Respuesta agronómica de dos variedades de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) a la aplicación del bioestimulante con

- quitosano. *Terra Latinoamericana* 39: 1-9. e796.  
<https://doi.org/10.28940/terra.v39i0.796>
- Rutledge D. A. (2015). Commercial Greenhouses Tomato Production. Agricultural Extension Service. The University of Tennessee. 1609:29-30.
- Ryabova I. N. (2010). Organomineral sorbent from shubarkol coal. *Solid Fuel Chem.* 44(5), 335-338.
- Ryall A., Lipton W. (1982). Refrigerated storage. In: Handling Transportation and Storage of Fruits and Vegetables. L Ryall, W Lipton (eds). AVI Publishing Company. Westport, Connecticut. 1, 293-306.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, desarrollo Rural y Alimentación. (2010). Jitomate Monografía de cultivos, 2-10.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, desarrollo Rural y Alimentación. (2017). Jitomate Mexicano. Planeación Agrícola Nacional 2017-2030. Recuperado de <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/257077/Potencial-Jitomate.pdf>
- Sakata. (2018) Tomate uva determinado Rubi crush. Recuperado de <https://www.sakata.com.mx/pdf/tomate-ruby-crush.pdf>.
- Saraswathi T., Praneetha S. (2013). Effect of biostimulants on yield and quality in tomato. *J. Hortl. Sci*, 8(1), 107-110.
- Schaafsma G. (2009). Seguridad de los hidrolizados de proteínas, sus fracciones y péptidos bioactivos en la nutrición humana. *EUR. J. Clin. Nutr.* 63 1161-1168.
- Serna A., Hurtado S.A., Nelson Ceballos A.N. (2017). Efecto del ácido giberélico en el crecimiento, rendimiento y calidad del tomate bajo condiciones controladas. *Temas Agrarios* 22(2), 70-79.
- Shankara, N., Marja, D. G., Martin, H., & Barbara, V. D. (2005). Cultivation of tomato, production, processing and marketing. Agromisa Foundation, Wageningen, 63-64.

- Sharma, N., R. Singhvi. (2017). Effects of chemical fertilizers and pesticides on human health and environment: a review. *Int. J. Agric. Environ. Biotechnol.* 10: 675-680. doi: <https://doi.org/10.5958/2230-732X.2017.00083.3>.
- Shewfelt R. L. (1986). Postharvest treatment for extending the shelf life of fruits and vegetables. *Food technology* (USA).
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2019). Resumen Nacional por Producto Tomate. Recuperado de [http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola\\_siap\\_gobmx/AvanceNacionalSinPrograma.do](http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/AvanceNacionalSinPrograma.do)
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2020). Panorama Agroalimentario 2020, 84-85.
- Starke A. (2014). Tomato production guideline. Recuperado de [https://www.starkeyres.co.za/com\\_variety\\_docs/Tomato-Production-Guideline-2014.pdf](https://www.starkeyres.co.za/com_variety_docs/Tomato-Production-Guideline-2014.pdf).
- Subsecretaria de Fomento a los Agronegocios. (2010). *Jitomate*. Recuperado de <http://www.sagarpa.gob.mx>.
- Trinidad S.A., Aguilar M. D. (1999). Fertilización foliar, un respaldo importante en el rendimiento de los cultivos. *Terra Latinoamericana*, 17 (3), 247-255. [Fecha de Consulta 7 de Junio de 2021]. ISSN. Extraído de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57317309>
- The National Gardening Association, (2014). The Life Cycle of a Tomato. 29-30. Recuperado de [https://carton2garden.com/wp-content/uploads/2015/03/ActivityGuide\\_Lesson\\_TomatoLifeCycle.pdf](https://carton2garden.com/wp-content/uploads/2015/03/ActivityGuide_Lesson_TomatoLifeCycle.pdf)
- Villegas-Espinoza J.A., Reyes P.J.J., Nieto G.A., Ruiz E.F.H., Falcón C.A., Bernardo Murillo A.B. (2018). Bioestimulante Liplant®: su efecto en *Solanum lycopersicum* (L.) cultivado en suelos ligeramente salinos. (20), 4137- 4147.
- Wossen T., Gatiso T.T., Kassie M. (2019). Estimating returns to fertilizer adoption with unobserved heterogeneity: Evidence from Ethiopia. *Food and Energy Security*, 8(156), 1-9. DOI: 10.1002/fes3.156.