

# UCUENCA

## Universidad de Cuenca

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Carrera de Agronomía

**Efecto de los biorreguladores en el cuajado y rendimiento de los frutos en tomate de mesa (*Solanum lycopersicum* L.) cv. Pietro, bajo invernadero en el Cantón Paute**

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo


**Autores:**

Wilian Jhonatan Guaman Viscaino

María Elena Pacheco Once

**Director:**

Segundo Moises Maita Supliguicha

ORCID:  0000-0003-2716-6978

Cuenca, Ecuador

2023-04-03

### Resumen

El tomate de mesa es un alimento consumido a nivel mundial, se conoce que representa el 30% de la producción hortícola mundial; asimismo, a nivel nacional su consumo es en grandes cantidades, por lo que su producción en el país ha aumentado, sin embargo, uno de los problemas más comunes es el cuajado en la etapa de floración, disminuyendo la producción si las condiciones externas o internas no son favorables para el cuajado, las flores caen después de la antesis e incluso después de la polinización, por lo que es de importancia mejorar el rendimiento de este. El objetivo de este estudio fue probar tres biorreguladores Cytoquin®, New Gibb y Brasinolide, en distintas dosis al aplicar en flor abierta y flor cerrada, se lo llevó a cabo en el cantón Paute, sector de Secay, una zona que es conocida por la producción de tomate. Los resultados muestran que en todas las variables tanto en flor abierta y cerrada hubo diferencias significativas ( $p$ -valor  $< 0.05$ ). Se evidenció que existe una tendencia de obtener mejores resultados de algunas variables al aplicar los biorreguladores en flor cerrada. La aplicación de New Gibb en concentraciones de 1250 mg/l en flor cerrada obtuvo el mejor rendimiento, sin embargo, este deformó el fruto. El mejor biorregulador en diámetro fue el Brasinolide en dosis de 0,0625 mg/l en flor cerrada. Brasinolide 0,0625 mg/L fue el mejor biorregulador aplicado en flor cerrada permitió obtener mayor peso, mientras que, en rendimiento Brasinolide 0,0625 mg/L en flor cerrada y Cytoquin 2,25 ml/L en flor abierta obtuvieron resultados muy similares. Esta investigación sugiere que es mejor aplicar los biorreguladores en flor cerrada pues permite que el fruto tenga mejores características y a su vez es un punto de partida para realizar otras investigaciones en esta etapa fenológica de la planta.

*Palabras clave:* biorreguladores, brasinoesteroides, giberelinas, citoquininas, *solanum lycopersicum*

### Abstract

The tomato is a food consumed worldwide, it is known that it represents 30% of the world's horticultural production is this; Likewise, at the national level its consumption is in large quantities, so its production in the country has been increasing, however, one of the most common problems is fruit set in the flowering stage, decreasing production if external conditions or internal are not favorable for fruit set, the flowers drop after anthesis and even after pollination, so it is important to improve its performance. The objective of this study was to test three bioregulators Cytoquin®, New Gibb and Brasinolide, in different doses when applied in open flower and closed flower, it was carried out in the Paute canton, Secay sector, an area that is known for the tomato production. The results show that in all the variables both in open and closed flower there were significant differences ( $p$ -value  $< 0.05$ ). It was evidenced that there is a tendency to obtain better results of some variables when applying the bioregulators in closed flower. The application of New Gibb in concentrations of 1250 mg/l in closed flower obtained the best performance, however, it deformed the fruit. The best bioregulator in diameter was Brasinolide at a dose of 0.0625 mg/l in a closed flower. Brasinolide 0.0625 mg/L was the best bioregulator applied in closed flower, it allowed to obtain greater weight, while in yield, Brasinolide 0.0625 mg/L in closed flower and Cytoquin 2.25 ml/L in open flower obtained very similar results. This research suggests that it is better to apply the bioregulators in closed flower as it allows the fruit to have better characteristics and is a starting point for further research in this phenological stage of the plant.

*Keywords:* bioregulators, brassinosteroids, gibberellins, cytokinins, *solanum lycopersicum*

## Índice de contenido

Introducción .....	12
1. Justificación .....	13
2. Objetivos.....	14
2.1. General.....	14
2.2. Específicos .....	14
3. Hipótesis.....	15
3.1.1. Hipótesis nula ( $H_0$ ) .....	15
3.1.2. Hipótesis alternativa ( $H_1$ ) .....	15
4. Revisión bibliográfica .....	16
4.1. Situación del tomate de mesa.....	16
4.2. El tomate de mesa ( <i>S. lycopersicum</i> L.).....	16
4.3. Flores.....	16
4.4. Periodo de floración .....	17
4.5. Fruto.....	18
4.6. Características del tomate cultivar Pietro .....	18
4.7. Características edafoclimáticas requeridas por el cultivo .....	18
4.8. Necesidades Nutricionales.....	18
4.9. Los Biorreguladores.....	19
4.9.1. Citoquininas .....	19
4.9.2. Giberelinas .....	19
4.9.3. Brasinoesteroides (BR) .....	20
4.10. Productos comerciales utilizados para el cuaje de flores.....	20
4.10.1. Cytokin.....	21
4.10.2. New Gibb 10 % .....	21
4.10.3. Brasinolide 0,2% .....	21
5. Materiales y métodos.....	23
5.1. Área de estudio.....	23
5.2. Establecimiento del experimento.....	23
5.3. Dosificación de los tratamientos.....	24
5.4. Variables a evaluar .....	24
5.5. Aplicación y evaluación de los biorreguladores.....	25
5.6. Diseño experimental .....	25
6. Resultados.....	27

6.1. Cuaje de frutos bajo el efecto de los diferentes biorreguladores en dos estados fenológicos flor cerrada y abierta.....	27
6.1.1. Flores cerradas.....	27
6.1.2. Flores abiertas.....	29
6.2. Peso de frutos bajo el efecto de los diferentes biorreguladores en dos estados fenológicos flor cerrada y abierta.....	29
6.2.1. Peso de frutos en flor cerrada.....	29
6.2.2. Peso de frutos en flor abierta.....	30
6.3. Diámetro de frutos bajo el efecto de biorreguladores aplicados en el estado fenológico flor cerrada y abierta.....	31
6.3.1. Diámetro del diámetro ecuatorial para el estado fenológico flor cerrada.....	32
6.3.2. Diámetro ecuatorial para el estado fenológico flor abierta.....	33
6.3.3. Clasificación de los frutos de tomate de acuerdo al diámetro.....	33
6.4. Rendimiento del tomate de mesa bajo el efecto de la aplicación de biorreguladores en estados fenológicos flor abierta y cerrada.....	34
6.4.1. Rendimiento en el estado fenológico flor cerrada.....	35
6.4.2. Rendimiento en el estado fenológico flor abierta.....	35
7. Discusión.....	37
Conclusiones y recomendaciones.....	40
Referencias.....	41
Anexos.....	44

**Índice de figuras**

<b>Figura 1.</b> Porcentaje de cuaje a los 30 días de la aplicación de los biorreguladores en la etapa fenológica flor cerrada.....	28
<b>Figura 2.</b> Porcentaje de cuajado con aplicación de biorreguladores en flores abiertas a los 30 días.....	29
<b>Figura 3.</b> Peso de frutos (g) de los diferentes tratamientos aplicados en flor cerrada .....	30
<b>Figura 4.</b> Peso de frutos (g) con la aplicación de los diferentes biorreguladores en el estado fenológico flor abierta.....	31
<b>Figura 5.</b> Diámetro en centímetros de la aplicación de los biorreguladores en flor cerrada	32
<b>Figura 6.</b> Gráfico de medias de los tratamientos aplicados en el estado fenológico flor abierta.....	33
<b>Figura 7.</b> Gráfico de medias de rendimientos en el estado fenológico flor cerrada .....	35
<b>Figura 8.</b> Gráfico de medias de rendimientos en el estado fenológico flora abierta.....	36

## Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b> Requerimientos nutricionales de tomate. ....	19
<b>Tabla 2.</b> Tratamientos.....	24
<b>Tabla 3.</b> Esquema de varianzas ADEVA.....	25
<b>Tabla 4.</b> Diseño de tratamientos dentro de las parcelas.....	26
<b>Tabla 5.</b> P- valor de las ADEVAS realizadas a las variables evaluadas en los dos estados fenológicos de la flor .....	27
<b>Tabla 6.</b> Clasificación del tomate según el diámetro .....	32
<b>Tabla 7.</b> Clasificación del tomate según el diámetro .....	34
<b>Tabla 8.</b> Clasificación del diámetro de frutos de acuerdo al diámetro ecuatorial del tomate	34

## Índice de imágenes

<b>Imagen 1.</b> Mapa de ubicación del estudio dentro del cantón Paute. ....	23
<b>Imagen 2.</b> Malformaciones de frutos al aplicar dosis de 1250 mg/L en flores cerradas .....	29



## Agradecimientos

Agradecemos principalmente a Dios, por ser nuestro guía y darnos fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

A nuestras familias, quienes nos han brindado su apoyo incondicional durante toda nuestra etapa universitaria. También agradecemos a todas aquellas personas que de una u otra manera nos dieron la mano para el desarrollo de este trabajo de tesis.

A nuestro director de tesis Ing. Segundo Maita, PhD. por compartirnos sus conocimientos y brindarnos todo su apoyo incondicional para que se haga realidad este proyecto investigativo.

Agradecemos a nuestros docentes de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Cuenca, por formar parte de nuestro progreso de aprendizaje y formarnos como profesionales.

María P. Wilian G.

## Dedicatoria

Este logro se lo dedico con todo mi amor y cariño a mis padres José Pacheco y Zoila Once por su sacrificio y esfuerzo, por brindarme su apoyo incondicional y sus consejos para hacer de mí una mejor persona.

A mis hermanas Angelica y Gabriela por el apoyo que me han brindado día a día en el transcurso de cada año de mi carrera, por sus palabras y compañía.

María Pacheco

## Dedicatoria

Principalmente agradecer a Dios por haberme puesto a la mujer más importante en mi vida mi Madre María Viscaino quien ha sido un pilar fundamental para llegar a cumplir esta meta sin ella y sin mi esfuerzo no hubiese podido llegar a ser quien soy, esto va dedicado a ti mamá.

Wilian Guaman

## Introducción

El tomate es la hortaliza más cultivada en el mundo, de mayor valor económico, y representa el 30% de la producción hortícola mundial (Cuesta & Mondaca, 2014). En el Ecuador la superficie total cultivada es de 31.891 toneladas métricas (tm) y en I Azuay esta tiene 3.928 tm que representa el 13,31% del total de la producción del país (ESPAC, 2018), por su gran importancia es necesario generar continuamente nuevas formas de manejo del cultivo para incrementar los rendimientos y ofrecer calidad en la producción (Ramírez et al., 2008).

El problema del cuajado del fruto es uno de los inconvenientes más comunes en el cultivo del tomate, lo cual causa una disminución en la producción (Bocchino, 2012), si las condiciones ambientales bajo invernadero no son favorables para el cuajado, las flores caen después de la antesis e incluso después de la polinización (Nuez, 1995).

Las fitohormonas desempeñan un papel vital en la capacidad de las plantas para aclimatarse a diferentes entornos como el crecimiento, el desarrollo, las transiciones de fuente-sumidero y la asignación de nutrientes (Fahad et al., 2015). De ahí surge el concepto de los biorreguladores también conocidos como reguladores de crecimiento (Cuesta & Mondaca, 2014).

Un biorregulador es un compuesto orgánico que promueve, inhibe o modifica procesos morfológicos y fisiológicos de las plantas cuando son aplicados en pequeñas concentraciones (Camargo & Amaral, 2014). Y son considerados como una posible solución para mejorar el cuajado y rendimiento del tomate, (H. Ramírez, Ramírez, Benavides, Robledo, & Martínez, 2010), el uso de estos tiene la ventaja de producir efectos temporales y por lo tanto, de modificar el fenotipo del producto de acuerdo a las necesidades del mercado (Ramírez et al., 2008).

## 1. Justificación

La producción de tomate no uniforme tiene como resultado pequeños frutos, diámetros desiguales, diferentes tiempos de maduración y baja producción afecta al productor, razón por la cual este estudio evaluará del efecto de: citoquininas, giberelinas y brasinoesteroides, en la fructificación y rendimiento de tomate cultivar (cv.) Pietro, para obtener las concentraciones óptimas de cada uno con sus diferentes dosis, con lo cual también nos permitirá conocer el estado fenológico adecuado para la aplicación y así mejorar el cuajado, el diámetro de los frutos y el rendimiento para beneficio del productor.

## 2. Objetivos

### 2.1. General

- Evaluar el efecto de tres biorreguladores sobre el cuajado y rendimiento de frutos en tomate de mesa (*S. lycopersicum* L.) cv. Pietro.

### 2.2. Específicos

- Definir el estado fenológico de la flor más apropiado para la aplicación de los biorreguladores.
- Establecer la concentración más apropiada para cada biorregulador con fines de mejorar el cuajado, diámetro y rendimiento de la producción de tomate.
- Determinar el biorregulador que incrementará el cuajado, diámetro y rendimiento de los frutos.

### 3. Hipótesis

#### 3.1.1. Hipótesis nula ( $H_0$ )

Los tratamientos de los diferentes biorreguladores aplicados en flor abierta y flor cerrada no afectarán el cuajado y rendimiento del tomate de mesa (*S. lycopersicum*) cv. Pietro bajo invernadero.

#### 3.1.2. Hipótesis alternativa ( $H_1$ )

Al menos un tratamiento de los biorreguladores utilizados en flor abierta y flor cerrada mejorarán positivamente el cuajado y rendimiento del tomate de mesa (*S. lycopersicum*) cv. Pietro bajo invernadero.

## 4. Revisión bibliográfica

### 4.1. Situación del tomate de mesa

La producción mundial de tomate de mesa en el año 2017 se incrementó un 5 % respecto al año 2016. Dicha tasa refleja una aceleración constante en el crecimiento de la producción mundial, este comportamiento no incidió directamente en el nivel de exportaciones internacionales, las cuales disminuyeron 12%. El aumento de la oferta influyó en la disminución de los precios mundiales (1%) con relación al año anterior (SINAGAP, 2017).

Igual a lo que ocurre con la producción mundial de tomate de mesa, en el año 2017 la producción nacional aumentó respecto al año 2016, de 51.190 Tm a 57.775 Tm, dicho crecimiento se debió a la variación positiva, respecto al mismo período de la superficie cosechada. El incremento de la producción influyó en las exportaciones nacionales, pues subieron en 166 % con relación al 2016. Al igual que en años anteriores, no se reportaron importaciones de tomate fresco; lo que se puede catalogar al Ecuador como un país autosuficiente en la producción de tomate de mesa (SINAGAP, 2017).

De acuerdo al PDyOT del cantón Paute perteneciente a la provincia del Azuay el tomate de mesa representa un 12,21 % de los principales productos que se comercializan en el cantón donde el 90 % es para la venta y el 10 % se produce para consumo propio. Entre las parroquias de mayor producción esta Dug-Dug y Bulán (GADM Paute, 2014).

### 4.2. El tomate de mesa (*S. lycopersicum* L.)

El tomate de mesa es una hortaliza que tiene alta diversidad genética, es por ello que existen diversas variedades que poseen diferente color, sabor y aspecto, debido a estos antecedentes el tomate tiene una alta demanda que hace que continuamente aumente su producción y comercialización (Allende et al., 2017).

La duración del ciclo del cultivo está determinada por las condiciones climáticas de la zona, el suelo, el manejo del cultivo, el número de racimos que posee la planta y la variedad utilizada (Jaramillo, Rodríguez, & Aguilar, 2007)

### 4.3. Flores



Las flores del tomate son hermafroditas, pequeñas, pedunculadas de color amarillo, el cáliz tiene 5 sépalos, la corola tiene 5 pétalos que forman un tubo pequeño que están soldados inferiormente y 5 estambres soldados al cáliz (Garza Arizpe & Molina Velázquez, 2008).

La formación de las inflorescencias es de forma basípetala cuando el meristemo cambia a reproductivo se divide en dos y aparecen dos primordios de flor, luego en la base aparecen más primordios consecutivamente hasta formar la inflorescencia completa (Contreras, Arroyo, Ayala, Sánchez, & Moreno, 2013).

La aparición de los órganos florales es de forma centripeta: primero el cáliz, luego la corola, después el androceo (filamento y anteras) y finalmente el gineceo (ovario, óvulos, estilo y estigma) (Contreras et al., 2013).

La primera inflorescencia completa está en periodo de antesis aproximadamente de 55 a 60 días después de la siembra (Contreras et al., 2013).

La polinización se produce cuando la temperatura nocturna esté entre 13 y 24°C y cuando la temperatura diurna está entre 15,5 y 32°C a temperaturas más altas o más bajas, particularmente en la noche, las flores caen sin dar fruto (Jones, 1999). Es por esto que la planta de tomate presenta el fenómeno de la abscisión o caída de flores que se debe a temperaturas extremas altas o muy bajas o debido a fenómenos morfológicos o a aspectos fisiológicos (Florido Bacallao & Álvarez Gil, 2015).

#### **4.4. Periodo de floración**

Según Contreras et al. (2013), la floración de la primera inflorescencia del tomate (*S. lycopersicum*) es un proceso que ocurre en un periodo que abarca desde los 20 hasta los 50 días después de la siembra. Se puede dividir en dos etapas principales: microscópica, desde que inicia el proceso, hasta que emerge del ápice y se libera de la protección de las hojas y es visible desde el momento que se aprecian botones a simple vista hasta la antesis.

La diferenciación floral de *S. lycopersicum* ocurre en el meristemo apical y el cambio de condición vegetativa a reproductiva se da cuando la planta tiene de cuatro a cinco hojas bien formadas y dos o tres primordios de hoja. La inflorescencia se completa entre el sexto y noveno fitómero (Contreras et al., 2013).

Al perder la dominancia apical, cuando el meristemo principal se diferencia, una yema vegetativa axilar continúa el crecimiento y retoma dicha condición. Una vez que se crean tres

fitómeros en ella, ese meristemo sustituto vuelve a diferenciarse en lo que será la segunda inflorescencia (Contreras et al., 2013).

#### 4.5. Fruto

Es una baya que tiene diferente tamaño, forma, color, consistencia y composición; está formado por epidermis, pulpa, tejido placentario y semillas, en el interior los frutos están divididos en lóculos que pueden ser bi, tri, tetra o pluriloculares, en los lóculos se forman las semillas son pequeñas de dimensiones de 5 x 4 x 2 mm, pueden ser de forma globular, ovalada, achatada, plana, triangular, con la base puntiaguda, está formada por embrión, endospermo y la testa o cubierta seminal (Jaramillo et al., 2007).

#### 4.6. Características del tomate cultivar Pietro

Es un tomate de larga vida, ligeramente redondeado, indeterminado, grueso, y firme de gran adaptabilidad produce frutos grandes. La planta es vigorosa con buena cobertura foliar y entrenudos cortos, los racimos son uniformes de 5 a 7 frutos, los frutos son de color rojo y se adapta bien a campo abierto e invernadero, posee tolerancias a; *Verticillium*, *Fusarium oxysporum* var. *lycopersici* 1,2, *Stemphylium* sp y Nemátodos, (Alaska Importadora, 2018).

#### 4.7. Características edafoclimáticas requeridas por el cultivo

El tomate requiere de una adecuada iluminación, la cual se modifica por la densidad de siembra, sistema de poda, tutorado y prácticas culturales que mejoran la recepción de los rayos solares, especialmente en épocas lluviosas cuando la radiación es más limitada, se cultiva desde los 20 a los 2000 m.s.n.m., al considerar la capacidad de adaptación de cada variedad o híbrido. La temperatura óptima para el cultivo es de 30°C para el día y 16°C durante la noche y es muy importante ya que influye en la distribución de varios procesos para la fotosíntesis (Pérez, Hurtado, Aparicio, Argueta, & Larín, 2001).

La humedad relativa debe estar entre el 70% y 80%, si la humedad aumenta favorecerá el apareamiento de enfermedades del follaje. Las características físicas y químicas de un suelo adecuado para el cultivo de tomate son: textura franca o franco arcilloso, profundidad efectiva >80 cm, densidad aparente 1,20 g/m<sup>3</sup>, pH 5,5 – 6,0 (Pérez et al., 2001).

#### 4.8. Necesidades Nutricionales

De acuerdo a Calvache (2008), la absorción de nutrientes del tomate durante el ciclo de cultivo en un programa de fertirriego se muestra en la tabla 1.

**Tabla 1.** *Requerimientos nutricionales de tomate.*

Cultivo	Rendimiento tm/ha	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> kg/ha	K <sub>2</sub> O	S	CaO	MgO
Tomate	100-120	250	150	420	50	95	60

(Calvache, 2008)

## 4.9. Los Biorreguladores

De acuerdo a Srivastava, Pasala, Minhas, & Suprasanna (2016), los biorreguladores de crecimiento son utilizados en la agricultura sostenible por su bajo consumo de recursos debido a que es un opción ecológicamente sana, económicamente factible y culturalmente aceptable.

### 4.9.1. Citoquininas

Fue descubierta en 1956, su nombre se basó en su capacidad para promover la división celular citocinesis en tejidos vegetales, los efectos que causa las citoquininas son: promover la división celular, la formación y crecimiento de brotes laterales, la movilización de nutrientes hacia las hojas, la germinación de semillas, retrasan la senescencia foliar, etc. Las Citoquininas en combinación con las giberelinas ayudan a mejorar la forma y el tamaño de los frutos (Azcón & Talón, 2008).

Las citoquininas aplicadas en semillas y frutas, tienen un papel clave en la división celular, lo cual permite aumentar el tamaño del fruto y para su eficacia se debe de aplicar en un tiempo específico de desarrollo de la fruta (Jameson, 2017).

### 4.9.2. Giberelinas

Las giberelinas obtienen su nombre del hongo *Gibberella fujikuroi*, del cual fueron aisladas por primera vez, es un patógeno del arroz que causa un crecimiento excesivo del tallo, comúnmente conocida como "enfermedad tonta de plántulas" los primeros trabajos sobre la caracterización de los factores que promueven el crecimiento producidos por el hongo condujeron al primer aislamiento de las *Gibberella fujikuroi* (Sponsel, 2003).

Se hizo evidente en la década de 1950 que las plantas contienen ácido giberelico (AG) similares a las de *Gibberella*, aunque a niveles mucho más bajos que en el hongo. La aplicación de AG a una variedad de plantas enanas o no inducidas por el florecimiento provocó efectos sorprendentes en el crecimiento y la floración, de esta manera se designó al AG como una nueva clase de hormona vegetal (Sponsel, 2003).

Las giberelinas están involucradas en varios procesos de crecimiento y desarrollo que van desde el alargamiento del tallo, la expansión de la hoja, la transición a la floración, la maduración del polen, el cuaje de frutos y la germinación de semillas, aunque las giberelinas se suelen sintetizar en su sitio de acción, también se pueden transportar entre células, tejidos y órganos (Martins et al., 2002)

Las giberelinas también pueden mediar en la decisión de propagación y aumentar el rendimiento de la planta, particularmente en fresa y papa, dado que los niveles altos de ácido giberélico permiten brotes axilares para diferenciar en ramas productivas o estolones (Martins et al., 2018)

### **4.9.3. Brasinoesteroides (BR)**

De acuerdo a Tang, Han, & Chai (2016), definen a los brasinoesteroides como la sexta hormona de las plantas después de las hormonas clásicas como son; la auxina, giberelinas, citocinina, ácido abscísico y etileno.

Los Brasinoesteroides son esteroides vegetales similares a las hormonas de esteroides animales en su estructura, conocidas principalmente por sus efectos sobre la expansión celular y una amplia gama de procesos fisiológicos y de desarrollo que se producen de forma generalizada (Zhu et al., 2015). Generalmente se encuentra en pequeñas cantidades en los vegetales. Este esteroide mejora el crecimiento de las raíces y mejora la germinación de las semillas (Liu et al., 2017).

Además, Vidya (2017), mencionan que los brasinoesteroides inducen tolerancia a las plantas a varios factores abióticos como; calor, enfriamiento, congelación, sequía, inundación, salinización, alelopatías, radiación, luz, viento, estrés por metales pesados, etc. Por lo tanto, es una hormona que ayuda, en la mejora de las plantas frente a los cambios morfológicos y anatómicos cultivados bajo diversas condiciones de estrés abiótico.

### **4.10. Productos comerciales utilizados para el cuaje de flores**

#### 4.10.1. Cytokin

Es un biorregulador que mejora el crecimiento vegetal, que facilita la nutrición y además promueve la brotación y desarrollo de las yemas, espigas y flores, mejora el amarre de las flores y el desarrollo de los frutos, crecimiento de la raíz y sobre todo el vigor de la productividad de la planta (Ecuaquímica, 2017).

Aplicado al suelo sirve para transportar nutrientes a la parte aérea de las plantas y contribuir a su turgencia; además ayuda a combatir el envejecimiento de las células (Ecuaquímica, 2017).

Nombre común: Citoquinina.

Composición química: Citoquinina, en forma de kinetin, basado en actividad biológica 0,01% (Ecuaquímica, 2017).

En estudio realizado por Ramírez et al., (2005), mencionan que la aplicación de citoquininas a campo abierto y en invernadero, promueve a un mayor amarre de flores y frutos, lo cual da como consecuencia una mayor producción.

#### 4.10.2. New Gibb 10 %

New Gibb (10%) es un potente regulador de crecimiento vegetal a base del ácido giberélico, que es producido vía fermentación biológica del hongo *Gibberella fujikuroi*. Usado para estimular el crecimiento y desarrollo del follaje, obtener frutos de mayor tamaño y calidad, con cosechas más uniformes (Ecuaquímica, 2018).

De igual manera Serna, Salazar, & Aguirre (2017), analizaron el efecto del ácido giberélico en el crecimiento, rendimiento y calidad del tomate bajo condiciones controladas en la Universidad de Caldas en Colombia, esto autores observaron que el ácido giberélico redujo el ciclo del cultivo en una semana en los dos híbridos y concluyeron que las diferentes concentraciones de ácido giberélico reducían el ciclo del cultivo y mejoraron la calidad de los frutos en comparación del testigo.

#### 4.10.3. Brasinolide 0,2%

Es un brasinoesteroide, un esteroide vegetal también llamado hormona vegetal. El primer brasinoesteroide aislado, se descubrió cuando se demostró que el polen de colza podría

promover el alargamiento del tallo y la división celular. Brasinolide está hecho de polen de colza (Power Grown, 2018).

Se ha demostrado que los brasinoesteroides están involucrados en numerosos procesos de la planta:

- Promueve la expansión celular y el alargamiento celular; funciona con auxina para hacerlo.
- Tiene un papel poco claro en la división celular y en la regeneración de la pared celular.
- Promueve la diferenciación vascular; La transducción de señales BR se ha estudiado durante la diferenciación vascular.
- Es necesario para el alargamiento del polen para la formación del tubo polínico.
- Aceleración de la senescencia en células muertas cultivadas en tejido; La senescencia tardía en los mutantes de BR apoya que esta acción puede ser biológicamente relevante.
- Puede proporcionar algo de protección a las plantas durante el enfriamiento y el estrés por sequía.
- Alienta el crecimiento de nuevas raíces. (Power Grown,2018)

De acuerdo a Garces (2011) en un ensayo realizado con la aplicación de la brassinolina al 10% en la floración de aguacate a los cinco primeros meses presentó los mayores promedios al aplicar una concentración de 40 ppm el cual indujo a un fruto más largo a comparación del testigo.

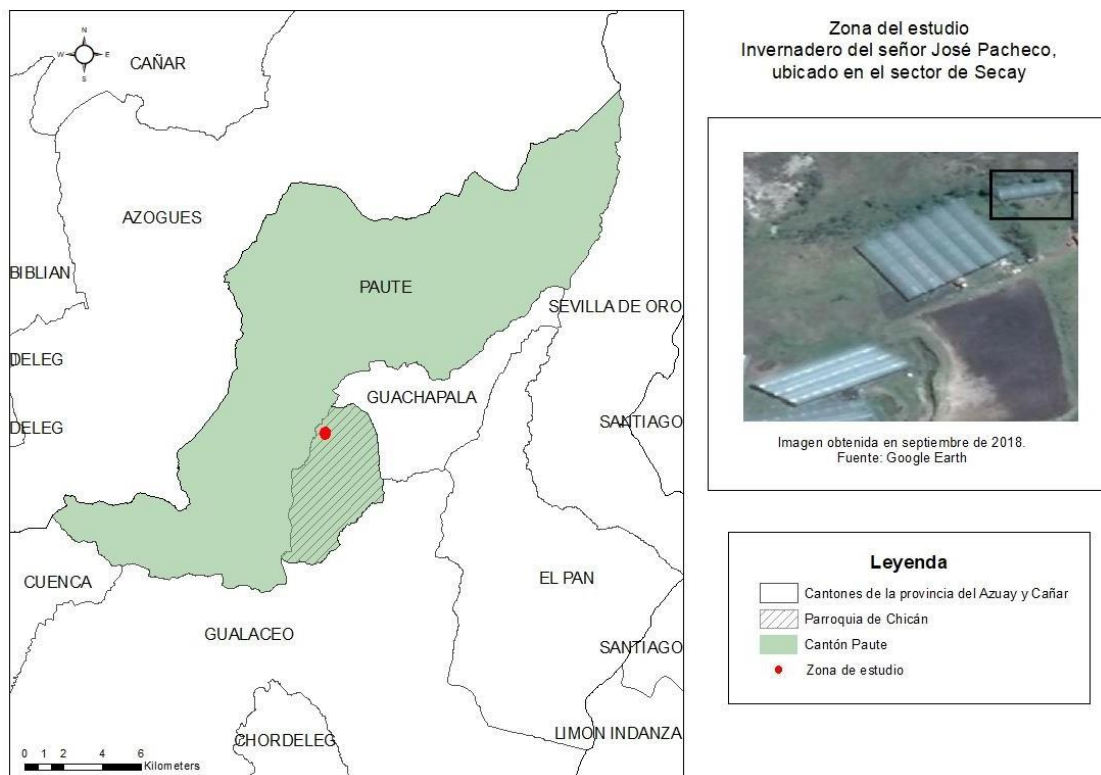
Los brasinoesteroides sirven de apoyo a la planta de tomate para resistir efectos del estrés abiótico, mejora la calidad de la fruta en poscosecha, aumentan la cantidad de licopeno y clorofila (Zhu et al., 2015).

**5. Materiales y métodos**

**5.1. Área de estudio**

El experimento se realizó en la comunidad Secay del cantón Paute en la provincia del Azuay. El invernadero se encuentra ubicado a 2539 m.s.n.m. dentro de una propiedad privada (propietario Sr. José Pacheco).

Anteriormente a la ejecución del experimento se realizó un análisis de suelo con el objetivo de conocer los nutrientes presentes y elaborar un plan de fertilización para un desarrollo uniforme del cultivo.



**Imagen 1.** Mapa de ubicación del estudio dentro del cantón Paute.

**5.2. Establecimiento del experimento**

Para el inicio del experimento se procedió a trasplantar las plántulas de tomate de mesa en cuatro camas, en cada cama se trasplantó 120 plántulas, con una distancia entre planta y

planta de 0,20 m y camas de 25 m de largo por 0,30 m de ancho, con un espacio de 1 m entre cada cama.

A los 10 días después del trasplante se identificó las plantas para los tratamientos en flor cerrada y flor abierta, con 4 repeticiones y cada repetición tuvo 6 plantas, con un total de 480 plantas.

### 5.3. Dosificación de los tratamientos

Las dosis aplicadas en cada tratamiento se muestran en la tabla 2.

**Tabla 2.** *Tratamientos*

Biorreguladores	Estado fenológico de la flor	Dosis
Citoquinina-Cytokin	Flor cerrada	0,25 ml/l
		1,25 ml/l
		2,25 ml/l
	Flor abierta	0,25 ml/l
		1,25 ml/l
		2,25 ml/l
Giberelinas-New Gibb	Flor cerrada	250 mg/l
		750 mg/l
		1250 mg/l
	Flor abierta	250 mg/l
		750 mg/l
		1250 mg/l
Brasinoesteroide-Brasinolide <sup>1</sup>	Flor cerrada	0,0375mg/l
		0,0625 mg/l
		0,0875 mg/l
	Flor abierta	0,0375 mg/l
		0,0625 mg/l
		0,0875 mg/l
Testigo (Agua)	Flor cerrada	Agua
	Flor abierta	Agua

<sup>1</sup> (Lahuatte, 2013)

### 5.4. Variables a evaluar

- **Número de frutos cuajados por racimo:** estos datos fueron registrados a los 10, 20 y 30 días después de la aplicación de los biorreguladores.



- **Número total de frutos de los racimos:** esto se registró al inicio de la cosecha de la segunda inflorescencia a los 121 días después del trasplante, el registro de los datos se realizó semanalmente por 9 semanas, los frutos cosechados fueron colocados en fundas plásticas con sus respectivas etiquetas.
- **Diámetro del fruto ecuatorial:** se realizó al inicio de la cosecha, para lo cual se utilizó un calibrador.
- **Peso del fruto (g):** para el peso de los frutos se utilizó una balanza electrónica.

### 5.5. Aplicación y evaluación de los biorreguladores

Para la aplicación de los biorreguladores, se consideró solo las segundas inflorescencias en flor cerrada y abierta, para lo cual anteriormente se tenía un registro de flores presentes para la aplicación de los biorreguladores.

En la aplicación de los biorreguladores se seleccionó una planta prueba para evaluar las aspersiones necesarias que cubran totalmente la flor, en este caso tres aspersiones hicieron que la flor quede totalmente cubierta y se aplicó a todos los tratamientos de manera uniforme.

Se utilizaron 10 rociadores de 500 ml con sus respectivas concentraciones, la aplicación en flor cerrada se realizó a los 57 días y en flor abierta a los 70 días después del trasplante, en el cual se tomaron en cuenta la temperatura (13,7 – 14 °C) y la hora (9:00 am) para replicarla en la aplicación en el estado fenológico flor abierta.

Después de la aplicación de los diferentes tratamientos en flor cerrada y abierta se llevó un registro de las variables propuestas en este caso; número de flores y el número de frutos cuajados, los datos se tomaron a los 10, 20 y 30 días después de las aplicaciones de los tratamientos.

A los 121 días después del trasplante se procedió a registrar los siguientes datos; número total de frutos de los racimos, diámetro del fruto (ecuatorial) y peso del fruto (g).

### 5.6. Diseño experimental

Se utilizó un diseño de bloques al azar (DBA). Para el análisis funcional se aplicó la prueba de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ). Previo al análisis de varianzas se realizó el análisis de los supuestos del ADEVA (Normalidad, homogeneidad de varianzas), si los datos no cumplen con los supuestos del ADEVA, se procederá a aplicar pruebas de libre distribución.

**Tabla 3.** Esquema de varianzas ADEVA

Fuentes de Variación	Grados de Libertad
Repeticiones	3
Tratamientos	19
ERROR EXPERIMENTAL	57
TOTAL	79

**Tabla 4.** *Diseño de tratamientos dentro de las parcelas*

Flores abiertas y cerradas																				
Bloque 1	T9	T8	T4	T1	T13	T15	T14	T5	T11	T17	T10	T2	T3	T16	T20	T6	T12	T7	T18	T19
Bloque 2	T2	T20	T6	T10	T3	T13	T18	T14	T1	T9	T17	T12	T19	T11	T8	T16	T7	T5	T15	T4
Bloque 3	T3	T19	T17	T8	T10	T9	T7	T11	T16	T20	T4	T18	T1	T2	T12	T13	T14	T15	T6	T5
Bloque 4	T12	T4	T20	T9	T3	T5	T13	T2	T15	T1	T3	T19	T17	T7	T18	T8	T16	T11	T14	T10

Cada bloque tuvo 20 tratamientos (6 plantas por cada tratamiento) y 4 repeticiones, el número total de UE fue de 80 y el total de plantas para la investigación es de 480 plantas.

## 6. Resultados

Para todas las variables se analizó la distribución de sus datos y la homogeneidad de varianzas, para la primera se usó Shapiro Wilks ( $p$ -valor  $< 0.05$ ), mientras que, para la segunda se hizo uso de la prueba de Levene ( $p$ -valor  $< 0.05$ ). En donde no se cumplió normalidad, se procedió a transformar. Para conocer si existió diferencias entre tratamientos se aplicó una ADEVA ( $p$ -valor  $< 0.05$ ) y para conocer entre cuáles grupos existe diferencias de medias se empleó la prueba de Honestidad de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ). Para la descripción de los resultados se realizó una gráfica de las medias y una tabla con la prueba de Tukey. Los análisis estadísticos se realizaron en Infostat y las gráficas en R estudio.

La Tabla 5 muestra los resultados de las ADEVAS, en esta, todas las comparaciones de las variables muestran diferencias significativas, el cuajado de fruto en flor abierta y flor cerrada mostró  $p$  valores muy cercanos al 0.05, mientras que el resto de  $p$  valores son iguales a 0.0001 y a 0.0006.

**Tabla 5.** *P- valor de las ADEVAS realizadas a las variables evaluadas en los dos estados fenológicos de la flor*

<b>Variabes evaluadas</b>	<b>P valor</b>
Cuajado de fruto en flor cerrada	0.0481
Cuajado de fruto en flor abierta	0.0481
Peso de fruto en flor cerrada	$<0.0001$
Peso de fruto en flor abierta	$<0.0001$
Diámetro de fruto en flor cerrada	$<0.0001$
Diámetro de fruto en flor abierta	$<0.0006$
Rendimiento de cultivo en flor cerrada	$<0.0006$
Rendimiento de cultivo en flor abierta	$<0.0001$

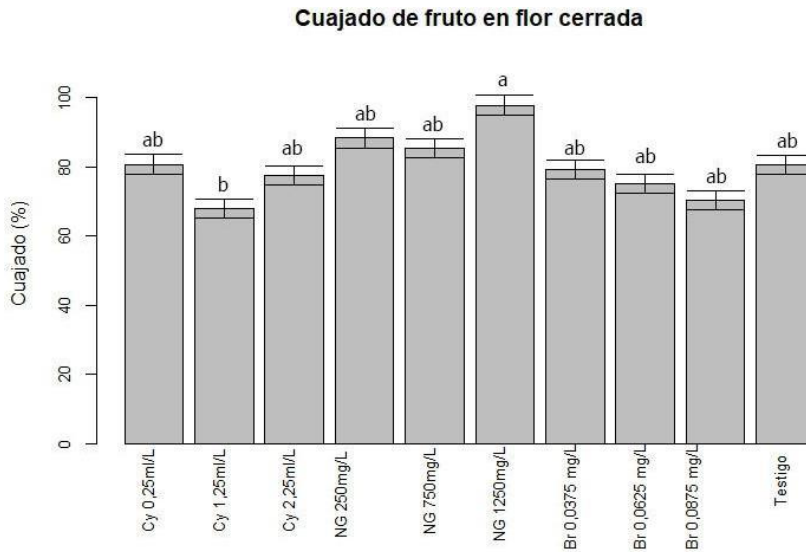
### 6.1. Cuaje de frutos bajo el efecto de los diferentes biorreguladores en dos estados fenológicos flor cerrada y abierta

#### 6.1.1. Flores cerradas

Los datos de esta variable fueron transformados con la función arcoseno con lo cual los datos se comportaron de manera normal (Shapiro Wilks  $p=0,87$ ; Levene  $p=0,42$ ).

Los resultados de la ADEVA para cuajado en flor cerrada se pudo encontrar diferencias significativas ( $p$ -valor  $< 0.05$ ). En este se pudo identificar que existen diferencias solamente

entre el tratamiento New Gibb 1250mg/L con Cytoquin 1,25ml/L, el primero obtuvo una media de 97.92% de cuajado de fruto, mientras que, el segundo el 67.87%. El restante de las medias de los tratamientos se encuentra dentro de los dos valores descritos (Figura 1).



Nota: Cy= Cytoquin; NG= New Gibb; Br= Brasinolide

**Figura 1.** Porcentaje de cuaje a los 30 días de la aplicación de los biorreguladores en la etapa fenológica flor cerrada.

Es importante destacar, que el tratamiento New Gibb 1250 mg/L, indujo deformaciones en los frutos a partir de la tercera inflorescencia, en todas las repeticiones del tratamiento con New Gibb, sin excepción alguna, por lo que es importante destacar el efecto negativo que tuvo en los frutos (Imagen 2).

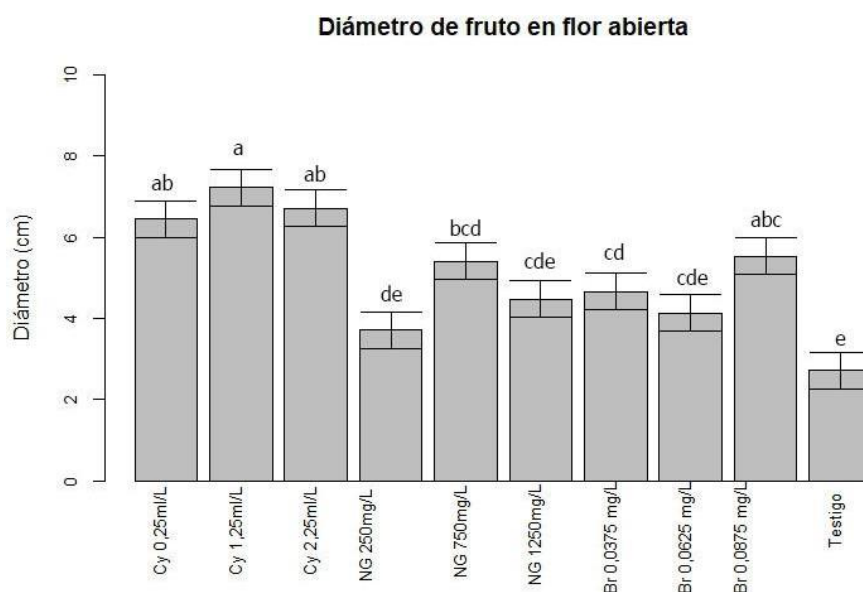


Imagen 2. Malformaciones de frutos al aplicar dosis de 1250 mg/L en flores cerradas.

6.1.2. Flores abiertas

Para la etapa fenológica de flor abierta los datos se comportaron de manera normal y su comprobó la homogeneidad de los grupos (Shapiro Wilks  $p=0,76$ ; Levene  $p=0,45$ ).

Para la comparación de tratamientos en flor abierta, se pudo evidenciar que existió diferencias estadísticas ( $p$  valor  $<0.05$ ). En la variable de cuajado con flor abierta, se observó que existen dos rangos, en el primer rango se encuentran dos tratamientos del biorregulador New Gibb. El tratamiento New Gibb 250mg/L fue el que obtuvo la media mayor del 94.47%, asimismo, New Gibb 750mg/L fue el tratamiento con la segunda media mayor, con un valor de 92.22%, por el contrario, Brasinolide 0,0375 mg/L se encuentra en el segundo rango, la media de esta fue la menor al quedar muy por debajo del resto de tratamientos, cuyo valor fue de 63.30% (Figura 2).



Nota: Cy= Cytokin; NG= New Gibb; Br= Brasinolide

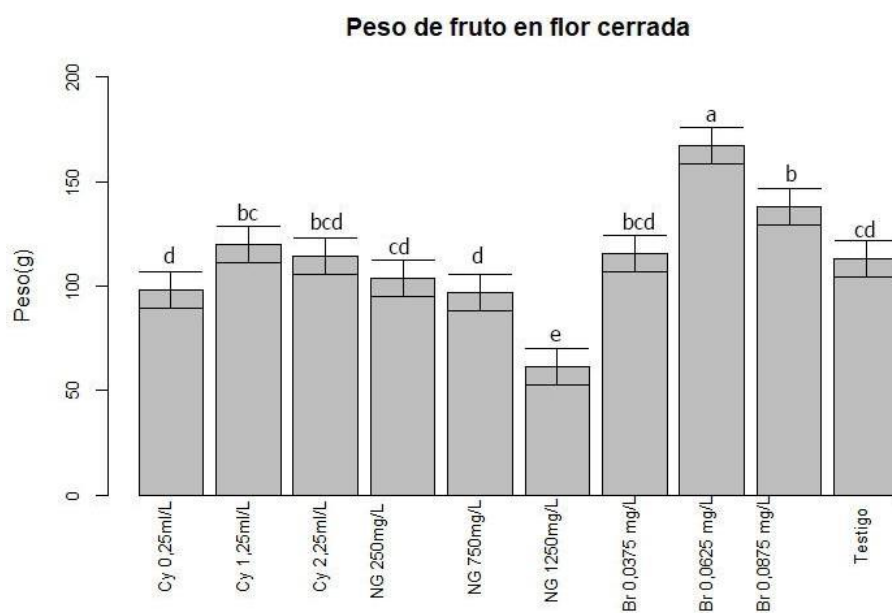
Figura 2. Porcentaje de cuajado con aplicación de biorreguladores en flores abiertas a los 30 días

6.2. Peso de frutos bajo el efecto de los diferentes biorreguladores en dos estados fenológicos flor cerrada y abierta

6.2.1. Peso de frutos en flor cerrada

Los datos originales de la variable peso de fruto no presentaron normalidad por lo que se realizó una transformación logarítmica con lo cual se cumplen los supuestos de normalidad. Realizada la transformación logarítmica de los datos de esta variable para inducir normalidad y la prueba de homogeneidad de varianzas (Shapiro Wilks  $p=0,72$ ; Levene  $p=0,21$ ), se procedió al análisis estadístico.

La Tabla 5 indica que esta variable en flor cerrada también presentó diferencias significativas ( $p$  valor  $<0.05$ ). Sin embargo, en la prueba de medias, se evidenció que existen diferencias entre las medias de cinco rangos (Figura 3), de estos, Brasinolide 0,0625 mg/L fue el tratamiento con el peso mayor, alcanzó los 167.33g, mientras que, Brasinolide 0,0875 mg/L se encuentra por debajo de este tratamiento, este obtuvo una media de 137.61g. Por otro lado, New Gibb 250 mg/L con una media de 103.78 g también mostró diferencias con los grupos anteriores, asimismo, Cytoquin 0,25 ml/L presenta esta tendencia y a su vez se encuentra entre los menores pesos, cuya media fue de 98.30g; asimismo, New Gibb 750 mg/L llegó a los 96.65g, el cual es un valor muy similar al anterior. Finalmente, New Gibb 1250 mg/L fue el tratamiento que registró el menor peso, muy por debajo de todos los tratamientos, su peso apenas llegó a 61.50g.



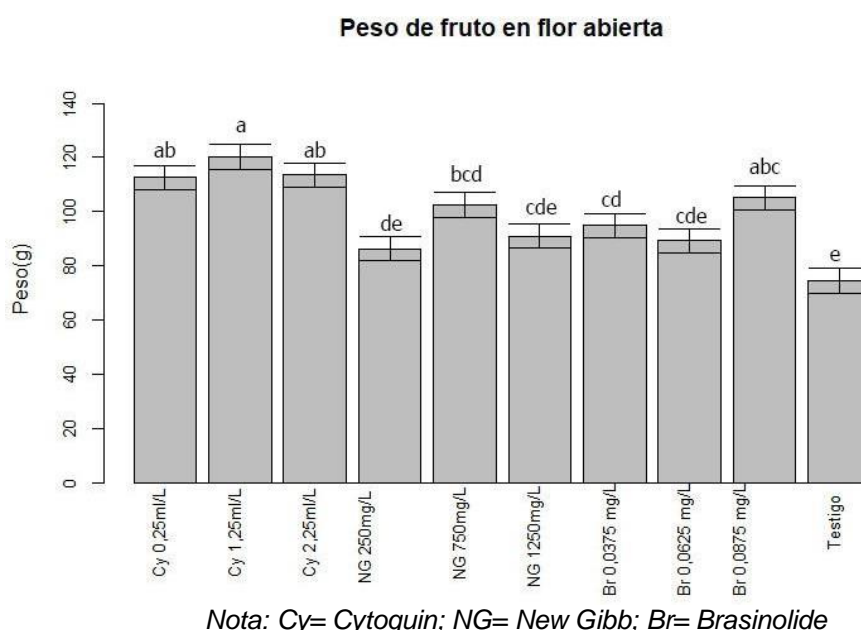
Nota: Cy= Cytoquin; NG= New Gibb; Br= Brasinolide

Figura 3. Peso de frutos (g) de los diferentes tratamientos aplicados en flor cerrada

### 6.2.2. Peso de frutos en flor abierta

Para los tratamientos aplicados en el estado fenológico flor abierta, los datos presentaron normalidad (Shapiro Wilks  $p=0,51$ ) y homogeneidad de varianzas (Levene  $p=0,42$ ).

La comparación de pesos de fruto en flor abierta indica que existen diferencias significativas ( $p$  valor  $<0.05$ ). La prueba de Tukey evidenció cuatro rangos. El tratamiento con mayor peso fue de Cytoquin 1,25 ml/L con un valor de 120.19g, mientras que. Brasinolide 0,0375 mg/L se encuentra entre el tratamiento de peso intermedio una media de 94.87g, al igual que New Gibb 250 mg/L con 86.33g y finalmente, el testigo fue el tratamiento con peso muy por bajo de 74.50g (Figura 4). En esta fenología de la flor se pudo evidenciar que sus pesos no son altos como en flor cerrada.



**Figura 4.** *Peso de frutos (g) con la aplicación de los diferentes biorreguladores en el estado fenológico flor abierta*

### 6.3. Diámetro de frutos bajo el efecto de biorreguladores aplicados en el estado fenológico flor cerrada y abierta

De acuerdo a Escobar & Lee (2009) el diámetro hace referencia al diámetro ecuatorial del fruto. Por lo tanto, el diámetro de los frutos de tomate puede clasificarse como: grandes, cuando su diámetro es mayor a 8,2 cm, medianos con diámetro entre 5,7 y 8,1 cm y pequeños con diámetro inferior a 5,6 cm.

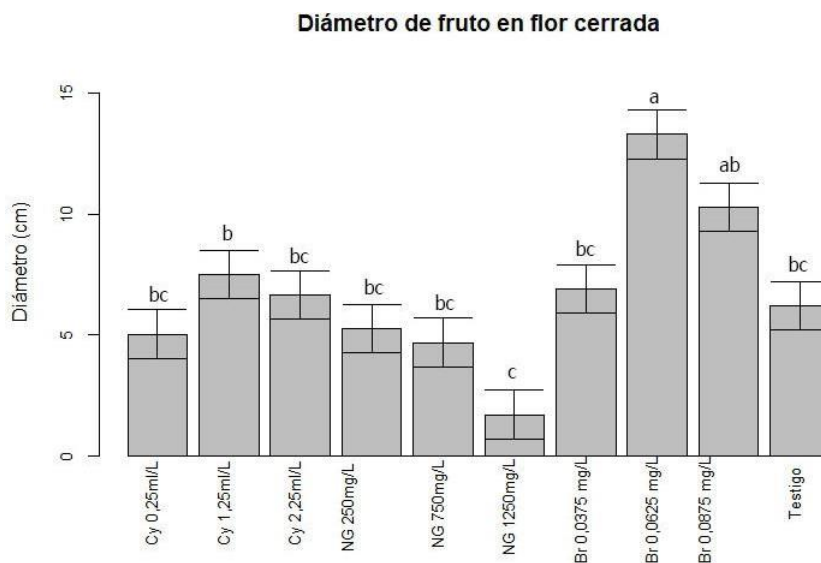
Tabla 6. Clasificación del tomate según el diámetro

Clasificación	Diámetro del fruto (cm)
Diámetro 1 (extra)	>8,20
Diámetro 2 (primera)	6,70 a 8,20
Diámetro 3 (segunda)	5,70 a 6,70
Diámetro 4 (tercera)	4,70 a 5,70
Diámetro 5 (cuarta)	< 4,70

Fuente: Adaptado según Escobar & Lee (2009)

6.3.1. Diámetro del diámetro ecuatorial para el estado fenológico flor cerrada

Los resultados de la ADEVA reflejan diferencias estadísticas entre tratamientos (p valor <0.05), sin embargo, los tratamientos que muestran diferencias son Brasinolide 0,0625 mg/L, cuya media fue 13.30 cm, este fue muy superior al tratamiento de New Gibb 1250 mg/L, este registró un diámetro de 1.69cm y está muy por debajo de todos los tratamientos. El tratamiento que también mostró diferencias en su media fue Cytoquin 1,25 ml/L, su diámetro fue de 7.49cm, además se diferencia el primer tratamiento con Brasinolide 0,0375 mg/L y el resto de tratamientos (Figura 5).



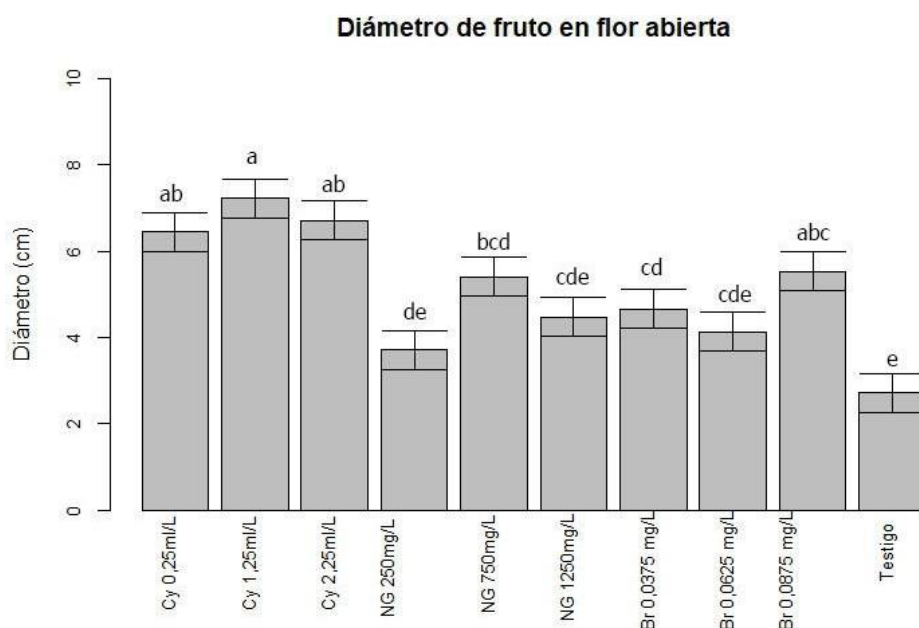
Nota: Cy= Cytoquin; NG= New Gibb; Br= Brasinolide

Figura 5. Diámetro en centímetros de la aplicación de los biorreguladores en flor cerrada



### 6.3.2. Diámetro ecuatorial para el estado fenológico flor abierta

Los resultados del diámetro ecuatorial en flor abierta mostraron diferencias significativas ( $p$  valor  $<0.05$ ) (Tabla 5). Existe diferencias estadísticas en cuatro rangos, que pertenecen a cuatro tratamientos, la media del primer grupo fue de 7.24cm de diámetro, este corresponde a Cytoquin 1,25 ml/L, por el contrario, el segundo grupo fue New Gibb 750 mg/L con un diámetro de 5,41. Brasinolide 0,0375 mg/L, con un diámetro de 4.67cm está muy cerca de la mitad del diámetro del primer grupo, seguido de este, New Gibb 1250 mg/L y Brasinolide 0,0625 mg/L muestran diámetros muy similares. Finalmente, New Gibb 250 mg/L y el testigo fueron los tratamientos con medias muy por debajo del primer grupo. Todos los anteriores son diferentes con el tratamiento Cytoquin 1,25 ml/L. (Figura 6).



Nota: Cy= Cytoquin; NG= New Gibb; Br= Brasinolide

**Figura 6.** Gráfico de medias de los tratamientos aplicados en el estado fenológico flor abierta

### 6.3.3. Clasificación de los frutos de tomate de acuerdo al diámetro

De acuerdo a la tabla 14 se puede observar que existe una tendencia clara, el diámetro en aplicación del biorregulador Brasinolide en flor cerrada fue mayor, los tratamientos de Brasinolide 0,0625 mg/L FC y Brasinolide 0,0875 mg/L FC obtuvieron valores de diámetro 1. Asimismo, las tres dosis de Cytoquin se encuentran dentro del rango de diámetro 2 y 3. Finalmente, el biorregulador New Gibb registró menores valores en diámetro, por lo que se lo

categorizó como diámetro 5, el tratamiento New Gibb 1250 mg/L en flor cerrada es el de menor diámetro, dentro de este rango se encuentra el testigo en flor abierta.

**Tabla 7.** Clasificación del tomate según el diámetro

Clasificación	Diámetro del fruto (cm)
Extra	>8,20
Primera	6,70 a 8,20
Segunda	5,70 a 6,70
Tercera	4,70 a 5,70
Cuarta	< 4,70

Fuente: Adaptado según Escobar & Lee (2009)

**Tabla 8.** Clasificación del diámetro de frutos de acuerdo al diámetro ecuatorial del tomate

Tratamientos	Media (cm)	Diámetro
Brasinolide 0,0625 mg/L FC	13,30	1
Brasinolide 0,0875 mg/L FC	10,28	1
Cytoquin 1,25 ml/L FC	7,49	2
Cytoquin 1,25 ml/L FA	7,24	2
Brasinolide 0,0375 mg/L FC	6,91	2
Cytoquin 2,25 ml/L FA	6,71	2
Cytoquin 2,25 ml/L FC	6,64	2
Testigo FC	6,19	2
Cytoquin 0,25 ml/L FA	6,45	3
New Gibb 250 mg/L FC	5,26	3
Cytoquin 0,25 ml/L FC	5,03	3
Brasinolide 0,0875 mg/L FA	5,54	4
New Gibb 750 mg/L FA	5,41	4
New Gibb 750 mg/L FC	4,68	4
Brasinolide 0,0375 mg/L FA	4,67	5
New Gibb 1250 mg/L FA	4,48	5
Brasinolide 0,0625 mg/L FA	4,14	5
New Gibb 250 mg/L FA	3,71	5
Testigo FA	2,72	5
New Gibb 1250 mg/L FC	1,69	5

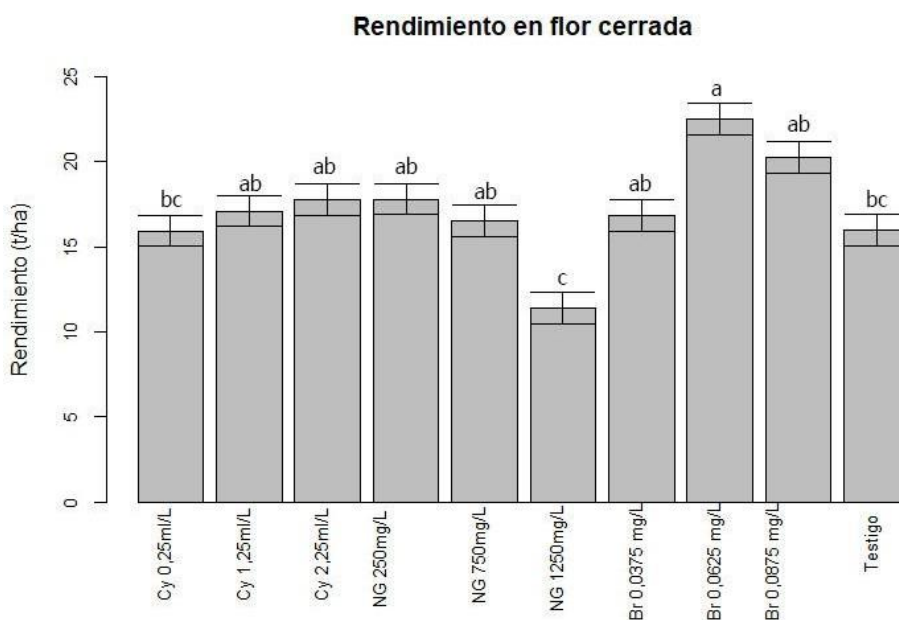
Nota: FA= flor abierta; FC= flor cerrada

#### 6.4. Rendimiento del tomate de mesa bajo el efecto de la aplicación de biorreguladores en estados fenológicos flor abierta y cerrada

Para el cálculo del rendimiento se calculó con el peso promedio de frutos del segundo racimo y se promedió de acuerdo al número de plantas que se cultivan dentro de una hectárea sembrados a 0,20 m entre plantas y 1,20 m entre camas con un total de 33.3 plantas por ha.

**6.4.1. Rendimiento en el estado fenológico flor cerrada**

Se evidenció que el rendimiento en flor cerrada mostró diferencias significativas (p valor <0.05) (Tabla 5). Sin embargo, de acuerdo a la prueba de honestidad de Tukey, Brasinolide 0,0625 mg/L difiere con Cytoquin 0,25 ml/L, el Testigo y New Gibb 1250 mg/L, el primer tratamiento mostró el mayor rendimiento, el cual alcanzó los 22.54t/ha; mientras que, los siguientes dos tratamientos obtuvieron un rendimiento muy cercano que oscila entre 15.95 t/ha y el tratamiento final se encontró muy cerca de la mitad del rendimiento del primer grupo mencionado (Figura 7).



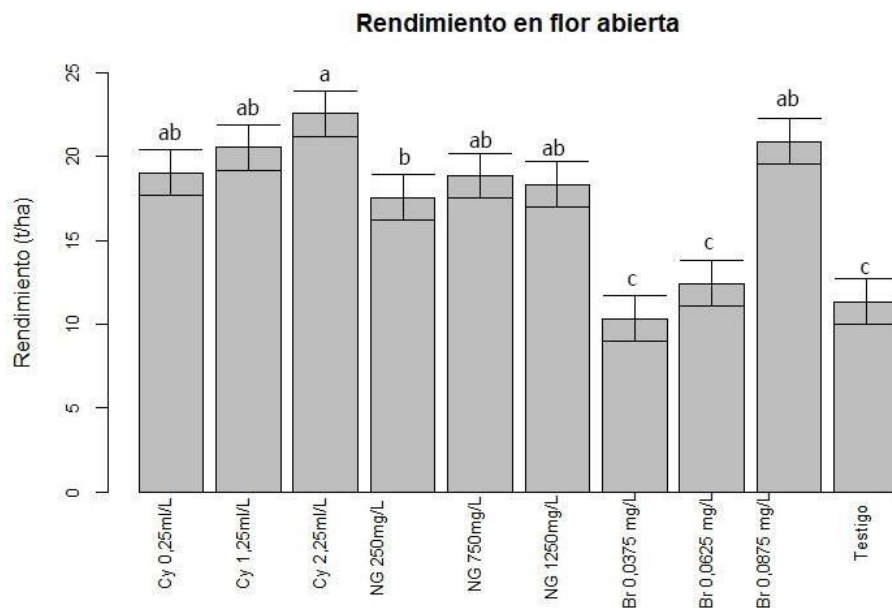
Nota: Cy= Cytoquin; NG= New Gibb; Br= Brasinolide

Figura 7. Gráfico de medias de rendimientos en el estado fenológico flor cerrada.

**6.4.2. Rendimiento en el estado fenológico flor abierta**

El rendimiento en flor abierta también mostró diferencias significativas (p valor <0.05) (Tabla 5). Los resultados de la prueba de HSD de Tukey indican que existen tres grupos. Cytoquin

2,25 ml/L alcanzó un rendimiento de 22.59 t/ha, el cual es muy cercano al rendimiento en flor cerrada. New Gibb 250 mg/L obtuvo un rendimiento de 17.56t/ha, mientras que tres tratamientos obtuvieron valores muy cercanos Brasinolide 0,0625 mg/L, Testigo y Brasinolide 0,0375 mg/L, cuyo rendimiento oscila entre 12.43 t/ha a 10.32 t/ha (Figura 8).



Nota: Cy= Cytoquin; NG= New Gibb; Br= Brasinolide

Figura 8. Gráfico de medias de rendimientos en el estado fenológico flora abierta.

## 7. Discusión

De acuerdo a los resultados existe una tendencia clara, el aplicar los biorreguladores en flor cerrada. Los tratamientos aplicados en tres concentraciones diferentes de Cytoquin (0,25ml/L, 1,25ml/L y 2,25 ml/L) en 2 etapas fenológicas flor cerrada y abierta, el tratamiento Cytoquin 1,5ml/L FA (recomendada por el fabricante) se obtuvo un mayor porcentaje de frutos cuajados con el 87,19%, lo cual difiere al estudio de Valencia (2012) al aplicar la misma dosis obtuvo un 40,82% de cuaje en el estado fenológico flores abiertas en tomate de árbol (*Solanum betaceum*). Una posible razón de esto se deba a las distintas condiciones de clima en donde se realizaron los dos estudios, y a la misma especie de solanacea.

En cuanto al rendimiento, el tratamiento Cytoquin 2,25ml/L FA fue el mejor entre los tratamientos aplicados en flor abierta con un rendimiento de 22,59 t/ha lo que confirma que las citoquininas aplicadas de forma exógena aumenta el rendimiento lo cual coincide con Shahzad & Lovatt, (2016) en la aplicación foliar de 6-BA (citoquininas 6-benziladenina) y MLE (extracto de hoja de Moringa 3.3% p/v) aumentaron el rendimiento en gramos de fruta por planta de tomate cherry en comparación con el control. Este resultado se deba principalmente a que las citoquininas son encargadas del desarrollo celular y es la encargada de regular la senescencia de las hojas, por lo que mientras exista una cantidad equilibrada de hojas, mejorará la calidad del fruto (Kieber & Schaller, 2014). Además, es de importancia reconocer lo que Azcón & Bieto (2008) mencionan, que las citoquininas inducen el desarrollo floral, sin embargo altas concentraciones inhiben la floración y la brotación de yemas vegetativas y esta fitohormona depende de factores externos como el clima, además de la especie o variedad, la fenología en la cual es aplicada Sin embargo, (Koprna, De Diego, Dundáková, & Spíchal, 2016).

El tratamiento New Gibb 1250 mg/L en flor cerrada presenta un 97,92% mientras que el tratamiento 10 (New Gibb 250 mg/L) un 94,47% de flores abiertas cuajadas, en comparación con Pizarro, (2014) obtuvo un 68,8% de cuaje de flores en un dosis de 10 mg/L (40% ácido giberélico) en el cultivar Fiorentino F1 (ENZA ZADEN), injertadas sobre el patrón Emperador RZ. Además este presentó malformaciones tal como lo describe Bari & Jones (2009) que la aplicación de ácido giberélico se debe dosificar en varias concentraciones para encontrar la óptima y así evitar la toxicidad ya que en dosis mayores a 100 ppm los órganos de las plantas comienzan a deformarse (Caycedo, Velásquez, Flórez, Garzón, & González, 2007). La aplicación de ácido giberélico en concentraciones bajas, como lo fue en el caso del tratamiento New Gibb 250 mg/L FC y New Gibb 250 mg/L FA, en los cuales se obtuvieron

porcentajes mayores al 88% de cuajado sin deformaciones de frutos los mismos que fueron clasificados en el diámetro 4 y 5.

Hosein-Beigi, Zarei, Rostaminia, & Erfani-Moghadam (2019) mencionan que la aplicación de ácido giberélico en el cultivo de granada (*Punica granatum* L.) dio como resultado un mayor rendimiento, peso y longitud de fruto en concentraciones de 150 ppm. Así mismo, la respuesta del ácido giberélico está influenciado en gran medida por el genotipo, la edad y manejo del huerto. De acuerdo a Pizarro, (2014) la aplicación de AG<sub>3</sub> de 10 mg/L (40% ácido giberélico) redujo la producción media de la planta, esta fue la más baja de todos los tratamientos lo que contrasta con lo obtenido con el tratamiento New Gibb 1250 mg/L FC, el cual en flor cerrada obtuvo un rendimiento de 11,40 t/ha a comparación de dosis más bajas el rendimiento sube con el tratamiento New Gibb 750 mg/L FC con un rendimiento de 16,53 y el tratamiento New Gibb 250 mg/L FC con un rendimiento de 17,81 t/ha en la etapa fenológica flor cerrada.

En la aplicación de Brasinolide en dos etapas fenológicas en la etapa fenológica flor cerrada a menor concentración el porcentaje de cuaje aumenta, este fue el tratamiento de Brassinolide 0,0375mg/L FC con el mayor porcentaje de cuaje 79,38%, mientras que, para la etapa fenológica flor abierta el porcentaje de cuaje sube a mayor concentración donde el tratamiento Brasinolide 0.0875 mg/L FC el porcentaje de cuajado del 88,02%, lo cual contrasta con Mori, Takematsu, & Masayuki, (1986) donde indican que la aplicación de 22R, 23R-homoBrasinolide mostró un efecto promotor significativo de la fructificación del tomate en una concentración de 3 a 30 ppm. La posible razón del porcentaje bajo de cuajado en comparación a otros estudios, se deba a que se usan dosis de 0.2mg/L, las cuáles son más altas y han demostrado tener mejores resultados (Núñez, Mazorra, Reyes, & Martínez, 2010).

En cuanto al rendimiento de tomate el Brasinolide en concentración de 0,0625 mg/L en la etapa fenológica flor cerrada se obtuvo un peso promedio de fruto de 167,33 g con una clasificación de diámetro 1 con lo cual se puede comparar con estudios de Lahuate, (2013) quien usó una concentración de 0,135mg/L, lo que le permitió obtener mayor peso (97,86 a 111,43 g), por lo que fue considerado el mejor tratamiento. Mientras que, Mori et al., (1986) con la aplicación de 22,23,24-triepiBrasinolide y 28-homoBrasinolide aumentó el rendimiento de frutos de tomate en un rango de 43-111%, asimismo, con 28-homoBrasinolide aumentó en un rango de 118-129%.

De acuerdo a Mori et al. (1986) mediante la aplicación de 22R, 23R-homoBrasinolide, varias plantas de cultivo útiles como es el arroz, soja, haba, frijol, trigo, tomate, pepino, zanahoria, lechuga, naranja, manzana, uva, etc. se promueven en su crecimiento para que el período de cultivo sea acortado con el aumento del rendimiento y la calidad del cultivo. Además, Clouse,

(2017) menciona que la fumigación con brasinoesteroides en campo ha dado lugar a resultados variables con datos inconsistentes por lo que se han atribuido al estado fisiológico del cultivo al estudiar en cultivos estresados que mostraron una mayor respuesta a la brasinoesteroides que en aquellos cultivados en condiciones óptimas y la inestabilidad en condiciones de campo.

### Conclusiones y recomendaciones

El uso de biorreguladores en el cultivo de tomate (*S. lycopersicum*) mejoró el rendimiento, diámetro y peso de fruto, de igual manera lo hizo en cuajado de fruto, sin embargo, a concentraciones altas puede deformar el fruto.

Los resultados sugieren que se puede aplicar los biorreguladores cuando la flor está cerrada, los mejores resultados de las variables evaluadas fueron cuando se aplicó en flor cerrada el biorregulador.

New Gibb fue el mejor biorregulador para cuajado de fruto tanto en flor abierta como flor cerrada, sin embargo, es necesario usar dosificaciones por debajo de 1250mg/L. Asimismo, Brasinolide en dosificación de 0,0625 mg/L fue el que mejor resultados mostró en peso de fruto, diámetro y rendimiento al aplicarlo en flor cerrada. Por otro lado, en flor abierta las mejores dosificaciones para peso de fruto y diámetro de fruto fue Cytoquin 1,25 ml/L y para rendimiento fue Cytoquin 2,25 ml/L, aunque los valores en rendimiento de Brasinolide y Cytoquin en flor cerrada y abierta respectivamente, fueron similares.

Se pudo obtener frutos de tomate con diámetro de categoría 1, solo dos tratamientos del mismo biorregulador permitieron alcanzar este diámetro, el primero fue Brasinolide 0,0625 mg/L y Brasinolide 0,0875 mg/L, ambos al ser aplicados en flor cerrada.

Se sugiere seguir con el estudio de los mismo biorreguladores en flor cerrada y en distintas dosis, especialmente en cuajado de fruto, con el fin de alcanzar la dosis ideal que permita un mayor porcentaje de cuajado y a su vez no deforme el fruto. Asimismo, para rendimiento se debe usar otras dosificaciones de Brasinolide y Cytoquin, para sugerir cuál de los dos biorreguladores y en qué dosificación podría mejorar el rendimiento del cultivo.



## Referencias

- Alaska importadora. (2018). Tomates | imporalaska.
- Allende, m., salinas, l., rodríguez, f., olivares, n., riquelme, j., antúñez, a., ... felmer, s. (2017). Manual de cultivo del tomate bajo invernadero. *Boletín inia*, (12), 112.
- Azcón, j., & talón, m. (2008). Fundamentos de fisiología vegetal. In *segunda edición* (segunda, vol. 1, pp. 113–129). Barcelona: facultad de biología vegetal.
- Bari, r., & jones, j. D. G. (2009). Role of plant hormones in plant defence responses. *Plant molecular biology*, 69(4), 473–488.
- Bocchino, m. (2012). *Aplicacion de reguladores auxinicos en tomate: efectos sobre el rendimiento y características de los frutos*.
- Calvache, a. (2008). Fertirriego en ecuador, 1–12.
- Camargo, p. R. De c., & amaral, m. E. (2014). Aminoácidos e suas aplicações na agricultura. *Série produtor rural*, 57, 58.
- Caycedo, c., velásquez, m. F., flórez, v., garzón, m. R., & gonzález, m. L. (2007). Efecto de la aplicación del ácido giberélico sobre el crecimiento de coliflor (*brassica oleraceae* l.) Var. *Botrytis dc.*, 25(1), 54–61. Retrieved from <http://hdl.handle.net/20.500.12324/18269>
- Clouse, s. D. (2017). Brassinosteroids. In *encyclopedia of applied plant sciences* (vol. 2, pp. 378–385). Elsevier.
- Contreras, e., arroyo, h., ayala, j., sánchez, f., & moreno, e. Del c. (2013). Morphological characterization of floral differentiation in tomato (*solanum lycopersicum* l.). *Revista chapingo serie horticultura*, xix(4), 59–70.
- Cuesta, g., & mondaca, e. (2014). Effect of an auxin-based bioregulator on growth of tomato seedlings. *Revista chapingo serie horticultura*, xx(2), 215–222.
- Ecuaquímica. (2017). Cytokin. Usa.
- Ecuaquímica. (2018). Newgibb 10% p.s.
- Escobar, h., & lee, r. (2009). Manual de producción de tomate bajo invernadero (vol. 1, pp. 1–30).
- Espac. (2018). Estadísticas agropecuarias |.
- Fahad, s., hussain, s., matloob, a., khan, f. A., khaliq, a., saud, s., ... huang, j. (2015). Phytohormones and plant responses to salinity stress: a review. *Plant growth regulation*, 75(2), 391–404.
- Florido bacallao, m., & álvarez gil, m. (2015). Reseña bibliográfica aspectos relacionados con el estrés de calor en tomate (*solanum lycopersicum* l.). *Cultivos tropicales*, 36, 77–95.
- Gadm paute. (2014). *Actualización del plan de desarrollo y ardenamiento territorial del cantón paute*.
- Garces, p. (2011). *Acción de brassinolininas sobre el rendimiento y calidad en aguacate "persea americana."*

- Garza arizpe, m., & molina velázquez, m. (2008). *Manual para la producción de tomate en invernadero en suelo en el estado de nuevo leon*.
- Hosein-beigi, m., zareei, a., rostaminia, m., & erfani-moghadam, j. (2019). Positive effects of foliar application of ca, b and ga 3 on the qualitative and quantitative traits of pomegranate (*punica granatum l.*) Cv. 'malase-torshe-saveh.' *scientia horticulturae*, 254(april), 40–47.
- Jameson, p. E. (2017). Cytokinins. In *encyclopedia of applied plant sciences* (pp. 391–402). Elsevier.
- Jaramillo, j., rodríguez, v., & aguilar, p. (2007). Capítulo 4 factores climáticos y su influencia en la producción de tomate (pp. 141–164).
- Jones, j. B. (1999). *Tomato culture*. New york.
- Kieber, j. J., & schaller, g. E. (2014). Cytokinins. *The arabidopsis book*, 12(12), e0168.
- Koprna, r., de diego, n., dundáková, l., & spíchal, l. (2016). Use of cytokinins as agrochemicals. *Bioorganic & medicinal chemistry*, 24(3), 484–492.
- Lahuatte, m. (2013). Efecto de cinco dosis de brassinolina natural en naranjilla hibrida (*solanum quitoense*) sobre la calidad y tamaño del fruto en el cantón mejía provincia de pichincha año 2012. *Ecuador*, 82.
- Liu, j., zhang, d., sun, x., ding, t., lei, b., & zhang, c. (2017). Structure-activity relationship of brassinosteroids and their agricultural practical usages. *Steroids*, 124, 1–17.
- Martins, a. O., nunes-nesi, a., araújo, w. L., & fernie, a. R. (2018). To bring flowers or do a runner: gibberellins make the decision. *Molecular plant*, 11(1), 4–6.
- Mori, k., takematsu, t., & masayuki, t. (1986). Homobrassinolide, and its production and use.
- Nuez, f. (1995). *El cultivo del tomate*. Mundi-prensa.
- Núñez, m., mazorra, l. M., reyes, y., & martínez, l. (2010). Los brasinoesteroides y las respuestas de las plantas. *Cultivos tropicales*, 31(2), 56–65.
- Olszewski, n., sun, t.-p., & gubler, f. (2002). Gibberellin signaling: biosynthesis, catabolism, and response pathways. *The plant cell*, 14 suppl(suppl 1), s61-80.
- Pérez, j., hurtado, g., aparicio, v., argueta, q., & larín, m. A. . (2001). Cultivo de tomate. *Centa*, 1–68.
- Pizarro, j. (2014). *Efecto de la aplicación de ácido giberélico y benciladenina sobre la cuaja y producción de tomate injertado bajo invernadero frío*.
- Power grown. (n.d.). Brassinolide 0.2% 10 gramos -
- Ramírez, e., castillo, c. De la c., aceves, e., & carrillo, e. (2005). Efecto de productos con reguladores de crecimiento sobre la floración y amarre de fruto en chile "habanero." *Chapingo*, 11(1), 93–98.
- Ramírez, h., ramírez, a., benavides, a., robledo, v., & martínez, a. (2010). Prohexadiona-ca, ag3, anoxa y ba modifican indicadores fisiológicos y bioquímicos en chile mirador. *Revista chapingo, serie horticultura*, 16(2), 83–89.
- Ramírez, herrera, b., méndez, y., benavides, a., de la cruz, j., álvarez, v., ... villareal, j. (2008). Prohexadiona de calcio disminuye el contenido de giberelinas endógenas en ápices de

tomate saladette y chile pimiento. *Revista chapingo serie horticultura*, 14(2), 193–198.

Serna, a., hurtado salazar, a., & ceballos aguirre, n. (2017). Efecto del ácido giberélico en el crecimiento, rendimiento y calidad del tomate bajo condiciones controladas. *Temas agrarios*, 22(2), 68.

Shahzad, m., & lovatt, c. (2016). *Exogenous applications of moringa leaf extract and cytokinins improve plant growth, yield, and fruit quality of cherry tomato* (vol. 26). <https://doi.org/https://doi.org/10.21273/horttech.26.3.327>

Sinagap. (2017). Boletín situacional tomate riñón.

Sponsel, v. (2003). Gibberellins (p. 29).

Srivastava, a. K., pasala, r., minhas, p. S., & suprasanna, p. (2016). *Plant bio regulators for sustainable agriculture: integrating redox signaling as a possible unifying mechanism*. *Advances in agronomy* (vol. 137). Elsevier inc.

Tang, j., han, z., & chai, j. (2016). What are brassinosteroids and how do they act in plants? *Bmc biology*, 14(1), 113.

Valencia, e. (2012). *Evaluación del efecto de biorreguladores para mejorar el amarre , rendimiento y calidad del fruto en tomate de árbol ( solanum betaceum cav .) Cultivar anaranjado gigante*.

Vidya, b. (2017). Modifications of morphological and anatomical characteristics of plants by application of brassinosteroids under various abiotic stress conditions - a review. *Plant gene*, 11, 70–89.

Zhu, t., tan, w.-r., deng, x.-g., zheng, t., zhang, d.-w., & lin, h.-h. (2015). Effects of brassinosteroids on quality attributes and ethylene synthesis in postharvest tomato fruit. *Postharvest biology and technology*, 100, 196–204.

## Anexos

**Anexo 1.** Prueba de Shapiro-Wilk para el porcentaje de flores cuajadas en el estado fenológico flor cerrada y abierta.

Variable	n	D.E.	W*	p(Unilateral D)
Frutos cuajados flor cerrada	40	9,38	0,98	0,8772
Frutos cuajados flor abierta flor abierta	40	9,77	0,97	0,7639

**Anexo 2.** Prueba de Levene para la variable cuajado de frutos en el estado fenológico flor cerrada y abierta.

F.V.	gl	F		p-valor	
		Flor cerrada	Flor abierta	Flor cerrada	Flor abierta
Trat.	9	1,06	1,02	0,4207	0,4503
Rep.	3	2,51	0,28	0,0796	0,836
Error	27				
Total	39				

**Anexo 3.** Análisis de varianza para la variable porcentaje de frutos cuajados para el estado fenológico flor cerrada y abierta.

### Flor cerrada

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	424,80	12	35,40	1,42	0,2149
Trat	237,40	9	26,38	1,06	0,4207
Rep	187,40	3	62,47	2,51	0,0796
Error	670,90	27	24,85		
Total	1095,69	39			

$R^2=0,39$

$R^2$  Aj=0,12

CV= 65,22

### Flor Abierta

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	343,91	12	28,66	0,84	0,6158
Trat	314,60	9	34,96	1,02	0,4503
Rep	29,31	3	9,77	0,28	0,8360
Error	926,55	27	34,32		
Total	1270,46	39			

$R^2=0,27$

$R^2$  Aj=0

CV= 74,86

**Anexo 4.** Prueba de Shapiro-Wilk para la variable peso de frutos en el estado fenológico flor cerrada y abierta.

Variable	n	D.E.	W*	p(Unilateral D)
Peso flor cerrada	40	0,03	0,97	0,7234
Peso flor abierta	40	5,87	0,96	0,516

**Anexo 5.** Prueba de Levene para la variable peso de frutos en el estado fenológico flor cerrada y abierta.

F.V	gl	F		p-valor	
		Flor cerrada	Flor abierta	Flor cerrada	Flor abierta
Trat.	9	1,44	16,38	0,2192	1,0600
Rep.	3	3,06	0,40	0,0449	0,4235
Error	27				
Total	39				

**Anexo 6.** Análisis de varianza para la variable peso de frutos para el estado fenológico flor cerrada y abierta.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,46	12	0,04	35,11	<0,0001
Trat.	0,45	9	0,05	46,06	<0,0001
Rep.	0,01	3	2,50E-03	2,25	0,1057
Error	0,03	27	1,10E-03		
Total	0,49	39			

R<sup>2</sup>=0.94

R<sup>2</sup> Aj=0.91

CV= 1.62

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	7393,69	12	616,14	12,38	<0,0001
Trat.	7333,41	9	814,82	16,38	<0,0001
Rep.	6,03E+01	3	2,01E+01	0,4	0,7514
Error	1343,41	27	4,98E+01		
Total	8737,09	39			

R<sup>2</sup>=0,85

R<sup>2</sup> Aj=0,78

CV= 7,13

**Anexo 7.** Prueba de Shapiro Wilks para diámetro de frutos en el estado fenológico flor abierta y cerrada.

Variable	n	D.E.	W*	p (Unilateral D)
Diámetro flor cerrada	40	1,08	0,96	0,4595
Diámetro flor abierta	40	0,62	0,98	0,9531

**Anexo 8.** Prueba de Levene para el diámetro de frutos en estado fenológico flor cerrada y abierta.

F.V	gl	F		p-valor	
		Flor cerrada	Flor abierta	Flor cerrada	Flor abierta
Trat.	9	1,93	0,69	0,0894	0,7107
Rep.	3	3,42	0,57	0,0313	0,6399
Error	27				
Total	39				

**Anexo 9.** Análisis de varianza para la variable diámetro de frutos para el estado fenológico flor cerrada y abierta.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	377,28	12	31,44	18,77	<0,0001
Trat.	365,29	9	40,59	24,23	<0,0001
Rep.	11,99	3	4,00	2,39	0,0912
Error	45,23	27	1,68		
Total	422,50	39			

$R^2=0,89$

$R^2 Aj=0,85$

CV= 19,19

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	77,94	12	6,50	11,79	<0,0001
Trat	73,53	9	8,17	14,83	<0,0001
rep	4,42	3	1,47	2,67	0,0674
Error	14,87	27	0,55		
Total	92,82	39			

$R^2=0,84$

$R^2 Aj=0,77$

CV= 14,54

**Anexo 10.** Prueba de Shapiro Wilks para la variable rendimiento en el estado fenológico flor cerrada y abierta.

Variable	n	D.E.	W*	p (Unilateral D)
Rendimiento flor cerrada	40	2,18	0,98	0,9452

Rendimiento flor abierta	40	1,63	0,94	0,1060
--------------------------	----	------	------	--------

**Anexo 11.** Prueba de Levene para la variable rendimiento en el estado fenológico flor abierta y cerrada.

F.V	gl	F		p-valor	
		Flor cerrada	Flor abierta	Flor cerrada	Flor abierta
Trat.	9	4,91	1,89	0,0006	0,0964
Rep.	3	6,57	0,37	0,0018	0,7783
Error	27				
Total	39				

**Anexo 12.** Análisis de varianza para la variable rendimiento de frutos para el estado fenológico flor cerrada y abierta.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo	26,57	12	2,21	1,32	0,2624	
trat	23,04	9	2,56	1,53	0,1876	
rep	3,52	3	1,17	0,70	0,5589	
Error	45,17	27	1,67			
Total	71,73	39				

$R^2=0,37$

$R^2 Aj=0,09$

CV= 76,76

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo	11,10	12	0,93	1,51	0,1803	
trat	10,43	9	1,16	1,89	0,0964	
rep	0,67	3	0,22	0,37	0,7783	
Error	16,52	27	0,61			
Total	27,63	39				

$R^2=0,40$

$R^2 Aj=0,14$

CV= 56.58

## Anexo 13. Trabajo de campo en imágenes



Imagen 1. Preparación del suelo para el transplante.



Imagen 2. Transplante de plántulas de tomate de mesa cv. Pietro



Imagen 3. Plántulas de tomate a la semana del transplante.



Imagen 4. Fertilización de las plantas con Razormin para el enraizamiento.



Imagen 5. Colocación de letreros para la identificación de los tratamientos.



Imagen 6. Tutorio y fertilización del tomate.





Imagen 7. Pesaje del brasinoesteroide para su posterior aplicación, en una balanza analítica.



Imagen 8. Aplicación del biorregulador en una planta prueba.



Imagen 9. Preparación de las concentraciones para la aplicación.



Imagen 10. Concentraciones de biorreguladoras en sus respectivos rociadores.



Imagen 11. Aplicación del biorregulador en flores de tomate.



Imagen 12. Separador de tratamientos para evitar contaminación.



Imagen 13. Tutorado del tomate.



Imagen 14. Primeros frutos después de la aplicación de los biorreguladores.



Imagen 15. Toma de datos.



Imagen 16. Deformación de los frutos por el exceso de ácido giberélico.



Imagen 17. Frutos maduros de los tratamientos.



Imagen 18. Cosecha de los frutos y su respectivo etiquetado.



Imagen 19. Frutos cosechados separados de acuerdo al tratamiento.



Imagen 20. Pesaje del tomate.



Imagen 21. Medición del diámetro ecuatorial.