

UCUENCA

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Carrera de Agronomía

Evaluación del efecto del ácido giberélico (GA_3) para inducir partenocarpia en frutos de tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav) en la granja El Romeral, Guachapala - Azuay

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

Autores:

Bertha Cecilia Matailo Chillogalli

CI: 0106229115

bertha15matailo@gmail.com

Jorge Oswaldo Matute León

CI: 0106836521

jorge.matute59leon@gmail.com

Director:

Ing. Segundo Moises Maita Supliguicha PhD.

CI: 0102297553

Cuenca, Ecuador

22-noviembre-2022

RESUMEN

El tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav) es un frutal andino de alto valor nutraceútico, por tanto, muy apetecido en el mercado internacional. Sin embargo, en la actualidad, una de las exigencias físicas para la comercialización en los mercados locales e internacionales es la ausencia o el bajo contenido de semillas. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto del ácido giberélico (GA_3) para inducir frutos partenocárpico en tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav), en la granja El Romeral, Guachapala – Azuay. Para esto se seleccionaron dos flores de la primera inflorescencia de las tres primeras ramas principales en estado de pre – antesis y se aplicaron siete tratamientos 0 ppm (control), 10 ppm, 20 ppm, 30 ppm, 40 ppm, 50 ppm y 60 ppm de GA_3 con 6 repeticiones, en un diseño de bloques completamente al azar (DBCA). La unidad experimental estuvo compuesta de seis flores a las que se aplicó un tratamiento. Las variables a medir fueron número de frutos por inflorescencia a los 60 días y a la cosecha, peso, longitud, diámetro, peso de la corteza y de la pulpa, número de semillas, número de las semillas deterioradas por fruto. Además, se registró el color, grados Brix de la pulpa en la cosecha y los costos variables por tratamiento. Para el análisis de los datos se realizó el análisis de varianza (ANOVA) y cuando existió diferencia estadística significativa entre tratamiento se aplicó la prueba de Tukey HSD ($p \leq 0,05$), con el programa estadístico Infostat. La aplicación exógena de GA_3 tuvo un efecto significativo para todas las variables medidas. El tratamiento siete con 60 ppm mejoró el cuajado de frutos, mientras que el tratamiento cuatro con 30 ppm de GA_3 , fue la mejor dosis para reducir el número de semillas, alcanzando un valor de 290 semillas por fruto, a diferencia del control que tuvo 386 semillas. La reducción de semillas se vio reflejada en la pérdida de tamaño, diámetro, peso, así como en el aumento de semillas deterioradas por fruto. En conclusión, el GA_3 tiene un efecto significativo en la reducción del número de semillas por fruto en tomate de árbol.

Palabras claves: *Solanum betaceum* Cav. Partenocarpia. Ácido giberélico. Pre – antesis.

ABSTRACT

The tree tomato (*Solanum betaceum* Cav) is an Andean fruit of high nutraceutical value, therefore, very desirable in the international market. However, at present, one of the physical requirements for commercialization in local and international markets is the absence or low seed content. The objective of this study was to evaluate the effect of gibberellic acid (GA3) to induce parthenocarpic fruits in tree tomato (*Solanum betaceum* Cav), at El Romeral farm, Guachapala - Azuay. For this purpose, two flowers were selected from the first inflorescence of the first three main branches in pre-anthesis stage and seven treatments were applied: 0 ppm (control), 10 ppm, 20 ppm, 30 ppm, 40 ppm, 50 ppm and 60 ppm of GA3 with 6 replications, in a completely randomized block design (DBCA). The experimental unit was six flowers to which a treatment was applied. The variables to be measured were number of fruits per inflorescence at 60 days and at harvest, weight, length, diameter, rind and pulp weight, number of seeds, number of deteriorated seeds per fruit. In addition, color, Brix degrees of pulp at harvest and variable costs per treatment were recorded. For data analysis, analysis of variance (ANOVA) was performed and when there was a significant statistical difference between treatments, the Tukey HSD test ($p \leq 0.05$) was applied with the Infostat statistical program. The exogenous application of GA3 had a significant effect on all the variables measured. Treatment seven with 60 ppm improved fruit set, while treatment four with 30 ppm GA3 was the best dose to reduce the number of seeds, reaching a value of 290 seeds per fruit, as opposed to the control which had 386 seeds. Seed reduction was reflected in the loss of size, diameter, weight, as well as in the increase of deteriorated seeds per fruit. In conclusion, GA3 has a significant effect in reducing the number of seeds per fruit in tree tomato.

Keywords: *Solanum betaceum* Cav. Parthenocarpy. Gibberellic acid. Pre – anthesis.

Índice de contenido

RESUMEN	2
ABSTRACT	3
abreviaturas y simbología.....	12
AGRADECIMIENTOS.....	13
dedicatoria	14
1. INTRODUCCIÓN	15
2. Objetivos	17
1.1 Objetivo general.....	17
1.2 Objetivos específicos	17
3. Revisión de la literatura.....	18
3.1 El cultivo de tomate de árbol (<i>Solanum betaceum</i> Cav).....	18
3.2 Origen y clasificación botánica.....	18
3.3 Descripción botánica.....	19
3.4 Condiciones edafoclimáticas	20
3.5 Producción de tomate de árbol en Ecuador.....	20
3.6 Genotipos de tomate de árbol en Ecuador	21
3.7 Genotipo Anaranjado Puntón.....	21
3.8 Ciclo fenológico del cultivo.....	21
3.9 Partenocarpia.....	22
3.10 Las giberelinas	22
4. Materiales y métodos	23
4.1 Materiales y equipos	26
4.2 Metodología.....	27
4.2.1 Material vegetal	27
4.2.2 Ensayo en campo.....	27
4.2.3 Preparación de la solución del ácido giberélico (GA ₃).....	28
4.2.4 Época y forma de aplicación	28
4.2.5 Determinar la mejor concentración para inducir frutos partenocárpicos en tomate de árbol (<i>S. betaceum</i> Cav).....	28
4.2.6 Evaluar la calidad de los frutos producidos a partir de la aplicación del ácido giberélico (GA ₃) en floración.....	30
4.2.7 Análisis estadístico	31

5. Resultados y discusión	32
5.1 Determinar el efecto del ácido giberélico GA ₃ para inducir frutos partenocárpicos en tomate de árbol (<i>S. betaceum</i> Cav)	32
5.1.1 Número de frutos cuajados por cada tratamiento (a los 60 días y a la cosecha)	33
5.1.2 Longitud y diámetro de los frutos.....	35
5.1.3 Peso del fruto, peso de la pulpa y peso de la corteza.....	37
5.1.4 Número de semillas por fruto	39
5.2 Evaluar la calidad de los frutos producidos a partir de la aplicación del ácido giberélico (GA ₃) en floración.....	42
5.2.1 Color del fruto y grados brix de la pulpa.....	43
5.3 Determinar los costos variables inherentes a la aplicación de los tratamientos en la presente investigación.....	45
5.3.1 Costos de producción para cada tratamiento	45
6. Conclusiones	46
7. Recomendaciones.....	46
8. Referencias.....	47
9. ANEXOS.....	54

Índice de tablas

Tabla 1. Materiales y equipos utilizados en la investigación	26
Tabla 2. Tratamientos aplicados en la presente investigación.....	28
Tabla 3. Tipos de variables del primer objetivo	29
Tabla 4. Tipos de variables para el segundo objetivo.....	30
Tabla 5. Costos variables utilizados en esta investigación.....	32
Tabla 6. Prueba de normalidad, homocedasticidad y coeficiente de variación para las diferentes variables evaluadas en el presente estudio.....	32
Tabla 7. ANOVA para las diferentes variables evaluadas en el presente estudio.....	33
Tabla 8. Prueba de Tukey al 0,05 % para la variable número de frutos cuajados por cada tratamiento a los 60 DDF y a la cosecha	34

Tabla 9. Prueba de Tukey al 0,05 % para las variables longitud y diámetro del fruto (valores expresados en mm).....	36
Tabla 10. Prueba de Tukey al 0,05 % para la variable peso del fruto, peso de la corteza y peso de la pulpa (valores expresados en gramos).....	38
Tabla 11. Prueba de Tukey al 0,05 % para la variable número de semillas y número de semillas deterioradas por fruto (valores expresados en unidad y porcentaje respectivamente)	40
Tabla 12. ANOVA para la variable grados brix.....	43
Tabla 13. Chi Cuadrado Pearson para la variable color del fruto.....	43
Tabla 14. Tabla de contingencia de Chi Cuadrado Pearson para la variable color del fruto	43
Tabla 15. Prueba de Tukey al 0,05 % para la variable grados Brix (°Bx) de la pulpa.....	44
Tabla 16. Costos de producción de cada tratamiento para una hectárea	45

Índice de figuras

Figura 1. Ubicación geográfica del área de estudio (González, 2009).....	24
Figura 2. Croquis del huerto experimental	25
Figura 3. Estados fenológicos de la flor en tomate de árbol (<i>Solanum betaceum</i> Cav). A: Botón cerrado. B: Botón ápice rojo, empiezan a ser visible los ápices de los pétalos. C: Botón visible en un 50 % los sépalos y en un 50 % los pétalos. D: Inicio de la apertura de los pétalos. E: Flor completamente abierta. F: Fruto cuajado, pétalos secos (Maita, 2011). 27	
Figura 4. Promedio de frutos cuajados en dos periodos de tiempo a los 60 días y al momento de la cosecha.....	34
Figura 5. Longitud de frutos por cada tratamiento	36
Figura 6. Diámetro del fruto por cada tratamiento	37
Figura 7. Promedio del peso del fruto, peso de la pulpa y peso de la corteza por cada tratamiento	38
Figura 8. Número de semillas deterioradas frente al número total de semillas por cada tratamiento	40
Figura 9. Cantidad de semillas por fruto de cada tratamiento	41

Figura 11. A y B: semillas con coloración roja donde muestra viabilidad de las mismas, C y D: semillas sin coloración muestran que no son viables 42

Índice de anexos

A. Fotografías del trabajo en campo	54
A-1 Delimitación de las parcelas	54
A-2 Selección del estado fenológico C de la inflorescencia.....	54
A-3 Preparación de las diferentes soluciones de AG3.....	55
A-4 Etiquetado de las diferentes inflorescencias	56
A-5 Aplicación del AG3 en las inflorescencias	56
A-6 Monitoreo del trabajo en campo	57
B. Trabajo en laboratorio	57
B-1 Frutos recolectados llevados al laboratorio.....	57
B-2 Obtención del color de los frutos recolectados	58
B-3 Pesado de los frutos	58
B-4 Retiro de la corteza de los frutos.....	59
B-5 Obtención de los grados brix y retiro de las semillas	59
B-6 Peso de la corteza y la pulpa	60
B-7 Secado y conteo de las semillas	60
B-8 Prueba de tetrazolio.....	61

Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional

Bertha Cecilia Matailo Chillogalli en calidad de autora y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación "Evaluación del efecto del ácido giberélico (GA_3) para inducir partenocarpia en frutos de tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav) en la granja El Romeral, Guachapala - Azuay", de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 22 de noviembre de 2022



Bertha Cecilia Matailo Chillogalli

C.I: 0106229115

Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional

Jorge Oswaldo Matute León en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación "Evaluación del efecto del ácido giberélico (GA₃) para inducir partenocarpia en frutos de tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav) en la granja El Romeral, Guachapala - Azuay", de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 22 de noviembre de 2022



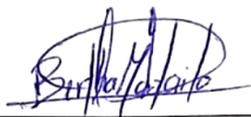
Jorge Oswaldo Matute León

C.I: 0106836521

Cláusula de Propiedad Intelectual

Bertha Cecilia Matailo Chillogalli, autora del trabajo de titulación "Evaluación del efecto del ácido giberélico (GA₃) para inducir partenocarpia en frutos de tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav) en la granja El Romeral, Guachapala - Azuay", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autora.

Cuenca, 22 de noviembre de 2022



Bertha Cecilia Matailo Chillogalli

C.I: 0106229115

Cláusula de Propiedad Intelectual

Jorge Oswaldo Matute León, autor del trabajo de titulación "Evaluación del efecto del ácido giberélico (GA₃) para inducir partenocarpia en frutos de tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav) en la granja El Romeral, Guachapala - Azuay", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, 22 de noviembre de 2022



Jorge Oswaldo Matute León

C.I: 0106836521

ABREVIATURAS Y SIMBOLOGÍA

GA₃: Ácido giberélico

DDF: Días después de la floración

°Bx: Grados brix

SST: Sólidos solubles totales

TR: Tratamiento

CV: Coeficiente de variación

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Dios por darnos salud y la sabiduría que necesitábamos para poder culminar nuestra etapa universitaria, del mismo modo reconocemos el esfuerzo de nuestros padres por su gran apoyo incondicional, sin ellos no hubiese sido posible culminar con esta etapa.

Agradecemos a la Universidad de Cuenca y de manera especial a la facultad de Ciencias Agropecuarias, al personal administrativo, de servicio, así como también a la granja El Romeral y su personal, a los docentes por brindarnos sus conocimientos, experiencias y darnos las facilidades para podernos formar profesionalmente, de manera especial a nuestro director Dr. Segundo Maita por la oportunidad de acudir a su experiencia y sabiduría que nos ayudó a direccionar este trabajo, sobre todo por la confianza y la gran paciencia que nos brindó.

Agradecemos también a nuestros compañeros y amigos que nos apoyaron de una u otra manera haciendo que nuestra estadía por la universidad sea más agradable todo este tiempo, de manera especial a los que nos brindaron sus consejos y apoyo durante este trabajo.

Bertha Matailo & Jorge Matute

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado a mi madre María Chillogalli y hermanos, quienes me han apoyado durante todo este trayecto el cual no ha sido fácil, pero ellos han fomentado en mi el deseo de superación en la vida y a no rendirme jamás, también quiero dedicárselo a mi padre que, aunque no haya estado físicamente sé que desde el cielo me ilumina para lograr mis metas.

Bertha Cecilia Matailo Chillogalli

Dedico este trabajo de investigación a Dios porque nunca me abandonó y por concederme la fuerza necesaria para no desistir de mis sueños.

A mis padres Jorge y María y a mis hermanos que nunca dejaron de creer en mí y siempre me brindaron de su apoyo incondicional.

A mis amigos y compañeros de clase que aportaron con su granito de arena para poder salir adelante el día a día.

Jorge Oswaldo Matute León

1. INTRODUCCIÓN

El tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav) es una especie originaria principalmente de Ecuador, Perú y Colombia donde ha tenido un crecimiento muy amplio en el mercado nacional e internacional, debido a los usos dados y a su alto valor nutricional (Orqueda, y otros, 2020). Esta fruta se la considera como una de las especies con un alto potencial para ser industrializadas y emprender proyectos productivos con fines de exportación (Bedoya y Stella, 2009; Santander, y otros, 2013). Hoy en día, Nueva Zelanda es el principal país productor de tomate de árbol, seguido por Kenia y Colombia (Chen, y otros, 2020).

En los valles interandinos del Ecuador, el tomate de árbol tiene una importancia muy notoria en comparación con el resto de cultivos, debido a la alta rentabilidad que genera por menor superficie de área cultivada (Anangonó, 2007). Esta especie es cultivada principalmente en la región Sierra por pequeños y medianos productores (Ramírez y Kallarackal, 2019) según Moreno, y otros (2020), en esta región, durante el período comprendido entre 2015 - 2017, el área de cultivo de esta fruta se incrementó en un 70 %, pasando de 4500 a 7600 ha, las cuales se encuentran distribuidas en las provincias de Carchi, Imbabura, Pichincha, Tungurahua, Chimborazo, Bolívar, Cañar, Azuay y Loja, siendo la provincia de Tungurahua la de mayor superficie plantada (39,2 % del total de ha) (Feicán, y otros, 2016).

La producción de tomate de árbol en el país es constante durante todo el año (Ubidia y Soria, 2017). Lo que ha permitido en los últimos 15 años, el área cultivada de esta especie se incrementara significativamente (Dávila, 2016). Sin embargo, los rendimientos se han disminuido a lo largo de los años, debido principalmente a enfermedades, plagas y distanciamiento de siembra (León, y otros, 2004). A esto sumarle la competencia que sufre en el mercado internacional por parte de Nueva Zelanda y Colombia, que han alcanzado mejores rendimientos promedios superiores a las 10 y 16,3 t ha⁻¹ respectivamente (Anangonó, 2007). En comparación con la producción en Ecuador que se aproxima a 7,05 t ha⁻¹ (Villares, y otros, 2018; Moreno, y otros, 2020). Cabe mencionar que tanto Ecuador como Colombia poseen similares condiciones edafoclimáticas para el desarrollo de este cultivo (Contreras, y otros, 2007).

En la actualidad, productores, consumidores e industrias procesadoras de frutas se vuelven cada vez más exigentes en las características que la fruta debe poseer, siendo una de ellas, la ausencia o el bajo número de semillas (Zhou, y otros, 2018). Según Gravina, y otros, (2011) mencionan que la presencia de semillas en el fruto es una constante que limita y disminuye su valor comercial en el mercado, además según los consumidores, la presencia de semillas dificulta su consumo y manejo. Este fenómeno es conocido como partenocarpia en frutos, que no es más que la producción de frutas sin semilla (Navarro y López, 2013). La misma que puede ocurrir a través de métodos tradicionales o biotecnológicos aplicados al mejoramiento, mutaciones, o mediante el tratamiento con reguladores de crecimiento aplicados en flores antes de la polinización (Lora, y otros, 2011).

Existen algunos reguladores de plantas que son utilizados para estimular la partenocarpia, como son las auxinas, citoquininas y giberelinas (Hu, y otros, 2019). En el caso de las giberelinas, el ácido giberélico (GA_3) es el más utilizado de este grupo por los resultados positivos que ha presentado su aplicación, el mismo que cuando es aplicada exógenamente a un ovario no polinizado en plantas, promueve la partenocarpia (Tofanelli, y otros, 2003).

Los resultados de este estudio servirán como una guía para futuras investigaciones y se encontrará en el repositorio de la Universidad de Cuenca, puesto que no existen investigaciones en el país sobre inducción de partenocarpia en tomate de árbol. Además, ofrecerá a los productores de tomate de árbol de la zona, una alternativa de manejo para la producción de fruta de calidad, mediante el uso de reguladores de crecimiento (Salazar, y otros, 2016), buscando satisfacer la demanda de los consumidores que prefieren frutas con una baja cantidad de semillas (Gravina, y otros, 2011).

2. OBJETIVOS

1.1 Objetivo general

Evaluar el efecto del ácido giberélico (GA₃) para inducir partenocarpia en frutos de tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav) en la granja El Romeral, Guachapala - Azuay.

1.2 Objetivos específicos

- Determinar el efecto del ácido giberélico GA₃ para inducir frutos partenocárpicos en tomate de árbol (*S. betaceum* Cav)
- Evaluar la calidad de los frutos producidos a partir de la aplicación del ácido giberélico (GA₃) en floración
- Determinar los costos variables inherentes a la aplicación de los tratamientos en la presente investigación

3. REVISIÓN DE LA LITERATURA

3.1 El cultivo de tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav)

El tomate de árbol (*S. betaceum* Cav) es un frutal andino perteneciente a la familia Solanaceae, esta planta es producida tradicionalmente por semillas y estacas en países latinoamericanos y posee alrededor de 35 y 50 especies (León, y otros, 2004).

3.2 Origen y clasificación botánica

A lo largo de los años se ha mantenido que esta especie es originaria principalmente de Ecuador, Perú y Colombia, pero estudios actualizados dan a conocer que existe evidencias moleculares y datos tomados en campo que este frutal está relacionado con materiales silvestres bolivianos por lo que los ecotipos provendrían de esta región (León, y otros, 2004). Su clasificación botánica es la siguiente:

Reino: Vegetal

División: Antofita

Clase: Dicotiledónea

Subclase: Simpétalas

Orden: Tubiflorales

Familia: Solanáceas

Género: *Solanum*

Especie: *Solanum betaceum* Cav

Nombre común: Tomate de árbol, tamarillo

3.3 Descripción botánica

Raíz

Presenta una raíz pivotante de la cual se emiten raíces laterales que le permiten un buen anclaje, además su longitud y profundidad varían en función de la textura, estructura y consistencia del suelo (Calvo, 2009).

Tallo

El tomate de árbol es una especie arbustiva, con tallos semi - leñosos, recto y cilíndrico con diámetro del tallo entre 5 a 12 cm, alcanzan una altura aproximada de 2 a 3 metros (Calvo, 2009).

Hojas

Las hojas poseen una cierta cantidad de pubescencia, son de gran tamaño las hojas jóvenes miden entre 30 a 40 cm de largo y de 15 a 20 cm de ancho y en las plantas en producción miden entre 20 a 25 cm de largo y 10 a 15 cm de ancho, tienen una forma de corazón (Calvo, 2009).

Flores

Las flores son pequeñas, están agrupadas en racimos son de color rosado y en cada racimo pueden estar hasta 40 flores, pero los que llegan a cuajar son entre tres o seis frutos aproximadamente (Correia y Canhoto, 2012).

Frutos

Los frutos se pueden encontrar ya sea agrupados o solitarios con colores que van desde el amarillo hasta el rojo y en su interior poseen una gran cantidad de semillas (Correia y Canhoto, 2012).

Semillas

Las semillas son redondas y pueden medir entre dos a cuatro mm de diámetro, con un color blanco amarillento, la cantidad de las mismas pueden variar según las variedades donde se pueden encontrar entre 186 a 400 semillas aproximadamente (Revelo, y otros, 2004)

3.4 Condiciones edafoclimáticas

El tomate de árbol es un frutal semi - perenne que empieza su fructificación desde el primer año prologándose hasta por dos años siguientes, el rango de adaptación es muy amplio y se desarrolla de manera muy eficiente en Ecuador y Colombia (Feicán, y otros, 2016).

Altitud

El tomate de árbol es una especie que puede desarrollarse en altitudes que van desde los 1000 a 3000 msnm (Feicán, y otros, 2016).

Temperatura

El rango de temperatura promedio para que el cultivo pueda desarrollarse sin dificultad, varía entre 14 y 20 °C y si esta es menor a 4 °C puede producir daños fisiológicos (Maita, 2011).

Humedad relativa

De igual manera la humedad relativa óptima para su buen desarrollo oscila entre 60 y 80 % (Maita, 2011).

Precipitación

El tomate de árbol es un cultivo que se adapta a zonas con precipitaciones anuales entre 500 a 1500 mm (Maita, 2011).

Suelos

Los suelos deben ser ligeros y fértiles, con buen drenaje e irrigación, ya que esta especie no tolera la sequía ni el agua estancada (Schotsmans, 2011).

3.5 Producción de tomate de árbol en Ecuador

Según los datos de INEC (2020) indica que la superficie sembrada de tomate de árbol (*S. betaceum* Cav) es de 1944 hectáreas en la que se cosecha una superficie alrededor de 1044 hectáreas en la que se obtiene una producción de 10605 t.

3.6 Genotipos de tomate de árbol en Ecuador

En Ecuador no se posee variedades propiamente dichas, con la excepción del híbrido introducido desde Nueva Zelanda denominado Mora (obtenido a partir del cruce entre los tomates “Rojo Puntón” con el “Negro Silvestre Lojano”, nativos de Ecuador), de igual forma no existe una clasificación clara de los genotipos de tomate de árbol cultivados, dando lugar a confusiones en su denominación (Revelo, y otros, 2004).

3.7 Genotipo Anaranjado Puntón

Es un genotipo obtenido generalmente por el cruzamiento de diferentes materiales que han existido en todas las plantaciones, este posee un fruto de aproximadamente 6 - 7 cm de longitud, ancho de 4,6 cm, un peso de 75 g, contenido de azúcares 14,8 °Brix y se puede encontrar cerca de 400 semillas, además sobresalen por su alto valor comercial (León, y otros, 2004).

3.8 Ciclo fenológico del cultivo

Etapa vegetativa

Esta etapa dura entre seis a ocho meses y corresponde al período que transcurre entre el trasplante y la floración, aquí la planta muestra un crecimiento continuo hasta alcanzar su máximo desarrollo en tallo y hojas (Cangás, 2019).

Etapa reproductiva

Esta etapa tiene una duración aproximada de 7 a 14 meses y corresponde al período entre la floración y el inicio de la fructificación, cabe mencionar que una vez que inicia la floración esta se mantiene de forma permanente (Cangás, 2019).

Etapa productiva

Esta etapa dura entre 17 a 44 meses y corresponde al período entre la floración hasta que finaliza la producción de frutos, así la producción puede durar entre 21 y 28 semanas (Acosta, y otros, 2016).

3.9 Partenocarpia

La partenocarpia es definida como la producción de frutos sin semillas y para que exista dicha característica no debe existir fecundación (Gravina, y otros, 2011).

Tipos de Partenocarpia

Entre los tipos de partenocarpia se puede distinguir la partenocarpia obligada, donde el cuajado de los frutos se da sin haber existido una estimulación externa, poseen una infertilidad femenina por lo que estos frutos no contienen semillas, en este tipo se pueden encontrar en la naranja Washington Navel y la mandarina Satsuma (Gravina, y otros, 2011). También podemos diferenciar la partenocarpia estimulada que es aquella donde es necesario un factor promotor para que exista la producción de frutos, en este caso puede ser la polinización, el crecimiento del tubo polínico sin que se dé la fecundación (Gravina, y otros, 2011).

3.10 Las giberelinas

Las giberelinas han sido usadas en varias investigaciones para modificar el crecimiento y el desarrollo de varias plantas (Torres y Almeida, 2013). Según Azcón y Talón (2008) mencionan que las giberelinas son compuestos naturales, el nombre se debe a un hongo del género *Gibberella*, éstas intervienen en el crecimiento de vegetales superiores. Luego de haber descubierto a este grupo de fitohormonas se comprobó que las plantas poseen compuestos con una estructura muy semejante al ácido giberélico y a partir de eso se ha logrado aislar aproximadamente 136 giberelinas.

Uso de las giberelinas

Las giberelinas se han utilizado en la formación de los frutos como es en el caso de los racimos de las uvas en su desarrollo con la aplicación de estas ha ayudado en el alargamiento de los entrenudos lo que ha permitido obtener frutos con mayor longitud lo que le da un valor comercial más alto de lo habitual y a su vez ha ayudado a prevenir enfermedades ocasionadas por bacterias y hongos ya que hay una mayor corriente de aire entre las uvas (Nabors, 2006).

Dentro del efecto fisiológico que tienen las giberelinas según Jordán y Casaretto (2006) nos mencionan que de manera muy notable es la intervención en la altura de la planta que es causada por la GA₁ endógena ya que ésta promueve el crecimiento y elongación celular, como también estimulan el cuajado de los frutos y la partenocarpia por lo que ha sido muy usado en las uvas sin semilla.

Gultom y Devi (2018) utilizaron ácido giberélico para la producción de frutos partenocárpicos en tomate de árbol donde consiguieron reducir el número de semillas. Valera y otros (2018) aplicaron ácido giberélico para la producción de frutos partenocárpicos en *Opuntia spp.* (tuna) obteniendo resultados favorables.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

La presente investigación se realizó a campo abierto en un huerto de tomate de árbol en la granja El Romeral perteneciente a la Universidad de Cuenca, ubicada en el cantón Guachapala, provincia del Azuay, Ecuador, con una altitud de 2220 m s.n.m., con temperatura promedio mensual de 16 °C, una precipitación promedio mensual entre 27 y 97 mm, una humedad relativa de 79 % (François, 2019)

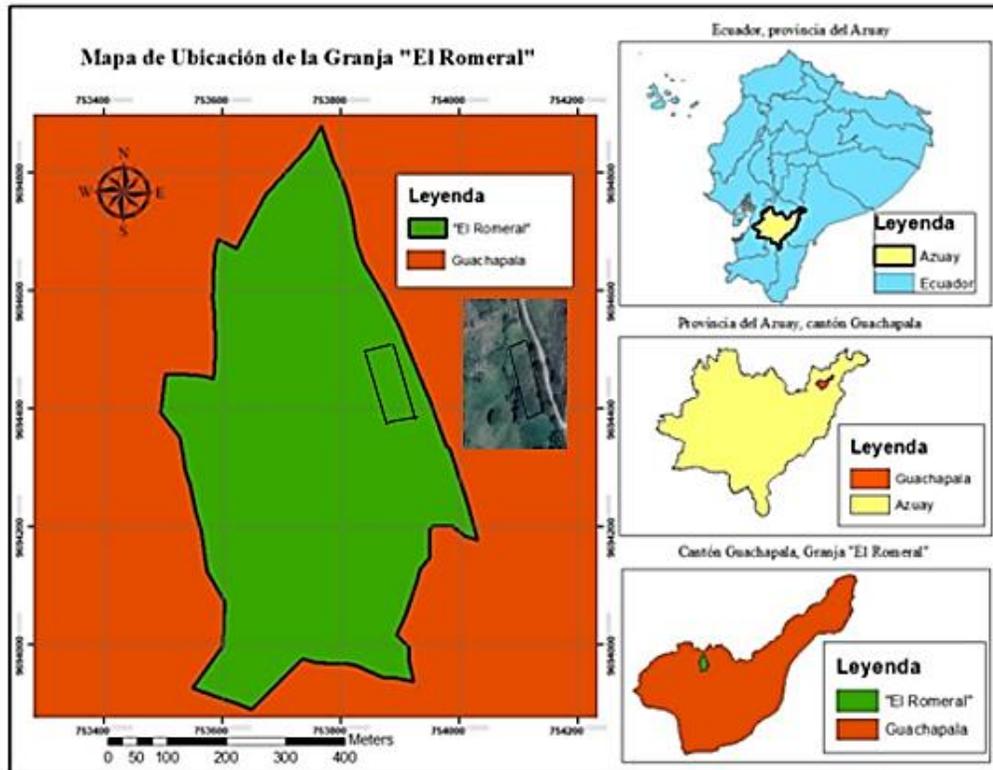


Figura 1. Ubicación geográfica del área de estudio (González, 2009)

Datos del huerto experimental

El huerto experimental estuvo ubicado en las siguientes coordenadas geográficas $2^{\circ}45'45.6''S$ $78^{\circ}42'57.3''W$, con una extensión de 1825 m², dentro de este huerto se tuvo un área experimental de 238 m² (Figura 2), presentando una pendiente de 20° en su mayoría.

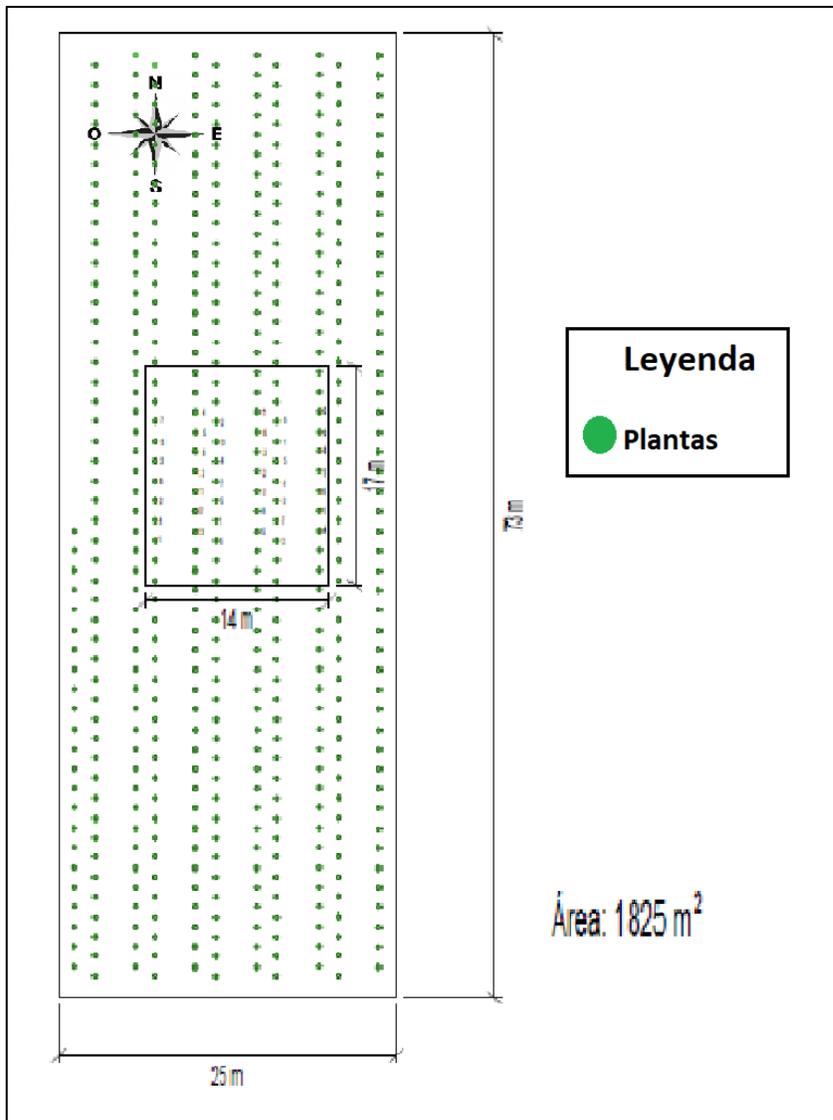


Figura 2. Croquis del huerto experimental

4.1 Materiales y equipos

Los materiales y equipos utilizados en la presente investigación, se encuentran descritos en la Tabla 1.

Tabla 1. Materiales y equipos utilizados en la investigación

Materiales y equipos				
De campo	De laboratorio	Bases de datos y software	Equipos	Químicos
Botella de spray	Balanza con aproximación a gramos	Página de MAGAP	Refractómetro	Ácido giberélico (GA ₃)
Etiquetas	Mandil	Bibliotecas virtuales	Computadora	Tetrazolio
Calibrador pie de rey	Guantes	Infostat	Impresora	
Cinta de prevención	Vaso de precipitación		Memoria USB	
Libreta de campo	Goteros		Calculadora	
Esferográfico	Micropipetas		GPS	
	Tips		Cámara	
	Probeta graduada			
	Balanza analítica			
	Ácido giberélico			
	Alcohol al 70 %			
	Agua destilada			
	Atlas de colores de Harald Koppers			

4.2 Metodología

4.2.1 Material vegetal

Para la investigación se utilizaron 42 plantas de seis meses de edad establecidas en la granja El Romeral.

4.2.2 Ensayo en campo

En este estudio se utilizó un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) (figura 2), ya que la plantación se encuentra ubicada en una zona con pendiente de 20°. Se seleccionaron plantas que estuvieron en estado de floración en las diferentes hileras en donde se marcaron los bloques. Se identificaron las primeras inflorescencias de las tres ramas principales y se etiquetaron las flores que estuvieron en estado fenológico C pre – antesis (Figura 3). Se utilizaron 42 plantas en total en las que se aplicaron siete tratamientos con diferentes concentraciones de ácido giberélico. La unidad experimental estuvo compuesta de seis flores. Se utilizaron seis repeticiones dándonos un total de 36 flores por tratamiento y 252 flores en total utilizados en la investigación (Tabla 2).



Figura 3. Estados fenológicos de la flor en tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav). A: Botón cerrado. B: Botón ápice rojo, empiezan a ser visible los ápices de los pétalos. C: Botón visible en un 50 % los sépalos y en un 50 % los pétalos. D: Inicio de la apertura de los pétalos. E: Flor completamente abierta. F: Fruto cuajado, pétalos secos (Maita, 2011).

Tabla 2. Tratamientos aplicados en la presente investigación

Tratamiento	Concentraciones de ácido giberélico (GA ₃)	Repeticiones
TR1 (Control)	0 ppm	6
TR2	10 ppm	6
TR3	20 ppm	6
TR4	30 ppm	6
TR5	40 ppm	6
TR6	50 ppm	6
TR7	60 ppm	6

TR = Tratamiento; ppm = partes por millón.

4.2.3 Preparación de la solución del ácido giberélico (GA₃)

Se pesó el ácido giberélico y se disolvió en 70 ml de alcohol al 70 %, luego se agregó agua destilada hasta aforar a 1000 ml.

4.2.4 Época y forma de aplicación

Las soluciones con las diferentes concentraciones de ácido giberélico (tratamientos) se colocaron en una bomba con boquilla spray. Los tratamientos se aplicaron seis veces sobre la misma flor. La primera aplicación se realizó en pre – antesis (estado fenológico C de la flor), mientras que las siguientes cinco aplicaciones se realizó cada tres días a partir de la primera aplicación siguiendo la metodología utilizada por Gultom y Devi (2018).

4.2.5 Determinar la mejor concentración para inducir frutos partenocárpicos en tomate de árbol (*S. betaceum* Cav)

Para el primer objetivo se contempló la siguiente metodología, en donde, se realizó un conteo manual en campo del número de frutos a los 60 días y al momento de la cosecha de los cuales se seleccionaron 36 frutos por cada tratamiento que fueron llevados al laboratorio. Se procedió a pesar, medir la longitud y diámetro de los frutos y, además, se retiró la corteza y la pulpa para su respectivo pesado. Finalmente, se realizó el conteo del número de semillas

deterioradas y el número de semillas de cada fruto, siendo esta última variable en la que se basó para dar respuesta a este objetivo.

Tabla 3. Tipos de variables del primer objetivo

	Variables	Unidad de medida
Variable dependiente	Número de frutos por cada tratamiento	U
	Peso del fruto	g
	Longitud del fruto	cm
	Diámetro Ecuatorial del fruto	cm
	Peso de la corteza	g
	Peso de la pulpa	g
	Número de semillas por fruto	U
	Número de semillas deterioradas	U
Variable independiente	Concentración de AG3	ppm

4.2.5.1 Número de frutos por cada tratamiento (A los 60 días y a la cosecha)

Se realizó el conteo manual de todos los frutos cuajados en dos períodos de tiempo (a los 60 días y a la cosecha). En el primer conteo se seleccionaron tres frutos con la finalidad de evaluar las variables inherentes a los frutos al final en la cosecha, para lo cual se tomaron al azar únicamente dos de los tres frutos de cada tratamiento.

4.2.5.2 Peso del fruto

Una vez que se realizó la cosecha de los frutos se llevó al laboratorio y se pesó cada uno de los frutos en la balanza analítica (Adventurer, Pro AV213C, USA).

4.2.5.3 Longitud del fruto

La medición del fruto se realizó con la ayuda de un calibrador pie de rey (Stainless Hardened, E5001002, Chile) desde la base del fruto hasta su extremo y cuyos datos fueron expresados en mm.

4.2.5.4 Diámetro ecuatorial del fruto

Se midió con el calibrador pie de rey (Stainless Hardened, E5001002, Chile) de la parte más ancha del fruto en su parte central.

4.2.5.5 Peso de la corteza

Se retiró la corteza de cada fruto con la ayuda de un cuchillo y se pesó en la balanza analítica (Adventurer, Pro AV213C, USA).

4.2.5.6 Peso de la pulpa

Se separó la pulpa de las semillas, se colocó en un recipiente previamente pesado y se procedió a pesar en la balanza analítica (Adventurer, Pro AV213C, USA).

4.2.5.7 Número de semillas por fruto

Se extrajo las semillas de la pulpa y se lavó con la ayuda de un cernidor y agua hasta eliminar residuos de la pulpa. Se dejó en cajas Petri para su secado al ambiente y para su posterior conteo.

4.2.5.8 Número de semillas deterioradas

Una vez retiradas las semillas de fruto y luego del secado correspondientes se procedió a realizar la prueba del tratazolio para determinar la viabilidad de las semillas.

4.2.6 Evaluar la calidad de los frutos producidos a partir de la aplicación del ácido giberélico (GA₃) en floración

Para el segundo objetivo se utilizaron los frutos que fueron llevados previamente al laboratorio, los mismos, presentaban una pigmentación del 80 % en la corteza. Se procedió a analizar la coloración de la parte media del fruto obteniendo un código para cada uno de ellos según el atlas de colores y para los sólidos solubles totales del fruto se usaron gotas del jugo de la pulpa.

Tabla 4. Tipos de variables para el segundo objetivo

	Variables	Unidad de medida
Variable dependiente	Color	Grado de coloración del fruto
	Grados Brix	Grados brix de la pulpa
Variable independiente	Concentración de AG3	ppm

4.2.6.1 Color

El rango de color se midió en los frutos que se obtuvieron de las flores tratadas, esto con la ayuda del Atlas de colores de Harald Kupperts (2002) que está expresado según el grado de coloración.

4.2.6.2 Sólidos solubles totales (°Bx) de la pulpa

Se obtuvo dos a tres gotas de jugo de la parte media de los frutos obtenidos de las flores tratadas de cada tratamiento y se colocaron en un refractómetro (Vee Gee Scientific, BTX-1, Chile) para medir los sólidos solubles totales.

4.2.7 Análisis estadístico

Los datos de las variables número de frutos (a los 60 días y a la cosecha), peso, longitud, diámetro ecuatorial, peso de la corteza, peso de la pulpa, número de semillas, número de semillas deterioradas por fruto y grados brix fueron introducidos en el programa estadístico Infostat para su análisis. Para cada variable se realizó la prueba de Shapiro - Wilks y Levene para conocer si existe normalidad y homocedasticidad entre las varianzas, respectivamente ($p > 0,05$). Una vez realizado los ANOVAS y verificar que existen diferencias significativas se utilizó la prueba de Tukey HSD ($P \leq 0,05$), con el fin de conocer cuál fue el mejor tratamiento para las distintas variables. En cuanto a la variable descriptiva, color del fruto, se utilizaron los códigos generados a través del Atlas de colores con lo que se generó una tabla de contingencia de Chi Cuadrado Pearson para conocer la dependencia del color al tratamiento. Mediante el análisis estadístico se pretendió responder a la pregunta de investigación ¿El uso de ácido giberélico (GA_3) aplicado en floración induce partenocarpia en los frutos de tomate de árbol?

4.2.8 Determinar los costos variables inherentes a la aplicación de los tratamientos en la presente investigación

Para los costos totales por cada tratamiento se tomó en cuenta la suma de los costos variables de los insumos, mano de obra y de los materiales utilizados, todo calculado para una hectárea, basándose en el manual metodológico de evaluación económica de Perrin (CIMMYT, 1988). Luego se procedió a realizar una comparación simple entre los costos totales para determinar cuál de los tratamientos generó menores costos.

Tabla 5. Costos variables utilizados en esta investigación

Variables
GA3
Agua destilada
Bomba de fumigar
Mano de obra

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la presente investigación se evaluaron distintas variables con la finalidad de responder a la pregunta de investigación y a los distintos objetivos planteados. Se realizaron las pruebas de homogeneidad y homocedasticidad de varianzas para determinar si los datos se ajustan a una curva normal. De igual forma, se obtuvo el coeficiente de variación como se muestra en la Tabla 6.

Tabla 6. Prueba de normalidad, homocedasticidad y coeficiente de variación para las diferentes variables evaluadas en el presente estudio

Variable	Normalidad ($p > 0,05$)	Homocedasticidad ($p > 0,05$)	CV
Frutos cuajados (60 días)	0,1427	0,4023	15,33%
Frutos cuajados (cosecha)	0,0788	0,8260	11,40%
Peso	0,1677	0,0592	5,84%
Longitud fruto	0,769	0,1419	2,22%
Diámetro fruto	0,9923	0,4255	2,48%
Peso corteza	0,9285	0,8918	8,89%
Peso pulpa	0,5088	0,1224	7,12%
Número semillas	0,6697	0,0950	3,28%
Semillas deterioradas (%)	0,3544	0,1995	17,38%
SST ($^{\circ}$ Bx)	0,5934	0,1453	3,02%

5.1 Determinar el efecto del ácido giberélico GA₃ para inducir frutos partenocárpicos en tomate de árbol (*S. betaceum* Cav)

Una vez verificada la normalidad de los datos para el primer objetivo, se realizó un ANOVA, donde los resultados mostraron diferencias significativas entre tratamientos para todas las variables medidas, como se observan en la Tabla 7.

Tabla 7. ANOVA para las diferentes variables evaluadas en el presente estudio

Variable	SC	gl	cm	F	Valor <i>p</i>
Frutos cuajados (60 días)	23,05	6	3,84	9,47	< 0,0001
Frutos cuajados (cosecha)	21,06	6	3,51	16,93	< 0,0001
Peso	9808,11	6	1634,69	28,76	< 0,0001
Longitud fruto	879,91	6	146,65	55,71	< 0,0001
Diámetro fruto	339,43	6	56,57	28,89	< 0,0001
Peso corteza	116,83	6	19,47	16,14	< 0,0001
Peso pulpa	4302,61	6	717,10	15,44	< 0,0001
Número semillas	38911,86	6	6485,31	50,03	< 0,0001
Semillas deterioradas (%)	2395,24	6	399,21	2,4	0,0481

SC = suma de cuadrados; gl = grados de libertad; CM = cuadrados medios; Valor *p* < 0,05.

5.1.1 Número de frutos cuajados por cada tratamiento (a los 60 días y a la cosecha)

Para el análisis de los resultados se realizó un ANOVA para la determinación del número de frutos cuajados por cada tratamiento a los 60 días después de la floración (DDF) y al momento de cosecha obteniendo diferencias estadísticas significativas con un valor de *p* < 0,0001 y un coeficiente de variación de 15,33 y 11,40 % respectivamente (Tabla 6). De igual forma, al realizar la prueba de Tukey (al 0,05 %) se generaron distintos rangos entre los tratamientos, expresadas por letras minúsculas, donde las medias con una letra en común no son significativamente diferentes (Tabla 8).

Tabla 8. Prueba de Tukey al 0,05 % para la variable número de frutos cuajados por cada tratamiento a los 60 DDF y a la cosecha

Tratamientos	Frutos cuajados	
	A los 60 días	A la cosecha
0 ppm GA ₃	3,17 d	3,07 d
10 ppm GA ₃	3,38 cd	3,28 cd
20 ppm GA ₃	3,78 bcd	3,67 bcd
30 ppm GA ₃	4,17 bcd	3,98 bc
40 ppm GA ₃	4,40 abc	4,18 b
50 ppm GA ₃	4,67 ab	4,45 b
60 ppm GA ₃	5,50 a	5,33 a

Medias con diferentes letras en la misma columna difieren para $p < 0,05$; n:6; gl:30.

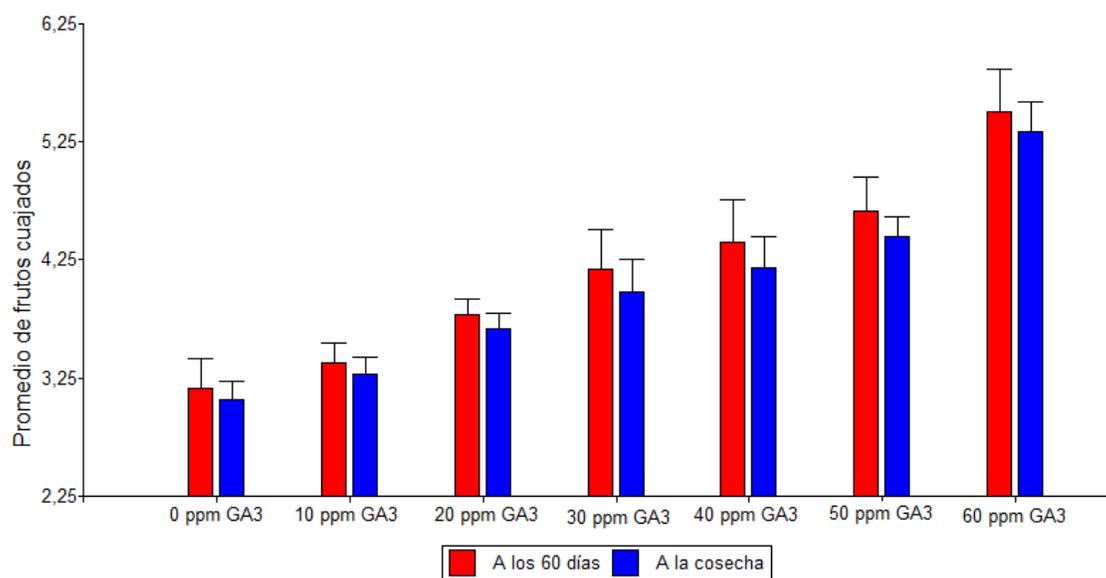


Figura 4. Promedio de frutos cuajados en dos periodos de tiempo a los 60 días y al momento de la cosecha

La figura 4 muestra que la aplicación de diferentes concentraciones de ácido giberélico incrementaron el número de frutos cuajados. El mayor promedio de frutos cuajados corresponde a una concentración de 60 ppm de GA₃ aplicado en el estado fenológico C de las flores, que alcanzó un promedio de 5,5 y 5,33 frutos por inflorescencia a los 60 DDF y a la cosecha respectivamente. Es importante mencionar también que este tratamiento indujo

precocidad en la maduración de los frutos, los mismos que fueron cosechados 10 días antes que el resto de los tratamientos. El tratamiento control alcanzó los valores promedios de 3,17 y 3,07 en datos registrados a los 60 DDF y en la cosecha correspondientemente. Estos resultados concuerdan con lo reportado por Cardoso, y otros, (2002) quienes mencionan que la aplicación de ácido giberélico mejora el cuajado de frutos en pera, e indican, además, que a concentraciones mayores se obtiene promedios más altos de cuajado. Similares resultados encontraron Abu- Zahara, (2013) en su investigación en uva cv. Superior Seedless, y Viteri-Díaz, y otros, (2020) en su investigación en cv. Marroo Seedles que al aplicar GA₃ obtuvieron mayor número de bayas por racimo. Serna, y otros, (2017), indican que al aplicar ácido giberélico en tomate observaron que el desarrollo de frutos fue más precoz en una semana al comparar con el tratamiento testigo, semejante a lo encontrado en esta investigación. Los resultados de este estudio concuerdan con lo reportado por Taiz y Zeiger (2006) quienes indican que las giberelinas pueden favorecer el cuajado y crecimiento de algunos frutos.

5.1.2 Longitud y diámetro de los frutos

En la Tabla 9 se indican los resultados de la longitud y diámetro de los frutos, los mismos tuvieron diferencias significativas donde el tratamiento control (0 ppm) presentó mayor tamaño, con medias de 80,61 y 61,28 mm para la longitud y diámetro respectivamente. El tratamiento cuatro (30 ppm de GA₃) presentó el menor tamaño de frutos con promedios de 65,92 y 52,17 mm correspondientemente. Esto posiblemente debido a la presencia de menor cantidad de semillas en dicho tratamiento. Esto concuerda con Valera, y otros, (2018) quienes al aplicar GA₃ en *Opuntia spp.* encontraron que se reduce el tamaño de los frutos. Laiton, y otros, (2012) evaluaron la calidad y producción en tomate (*Solanum Lycopersicum* L) donde al aplicar dosis altas (10000 mg L⁻¹) de GA₃ obtuvieron frutos de menor tamaño mostrando una tendencia similar al obtenido en la presente investigación.

Tabla 9. Prueba de Tukey al 0,05 % para las variables longitud y diámetro del fruto (valores expresados en mm)

Tratamientos	Longitud	Diámetro
0 ppm GA ₃	80,61 a	61,28 a
10 ppm GA ₃	76,04 b	58,73 ab
20 ppm GA ₃	75,92 b	57,53 bc
30 ppm GA ₃	65,92 d	52,17 e
40 ppm GA ₃	72,47 c	56,09 cd
50 ppm GA ₃	70,05 c	54,44 de
60 ppm GA ₃	69,54 c	54,32 de

Medias con diferentes letras en la misma columna difieren para $p < 0,05$; n:6; gl:30.

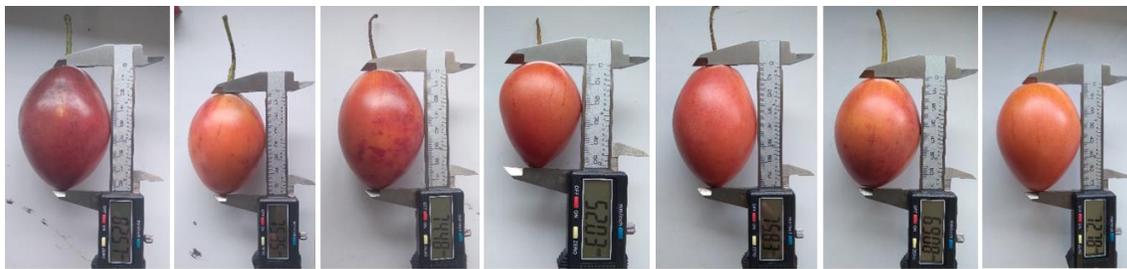


Figura 5. Longitud de frutos por cada tratamiento



Figura 6. Diámetro del fruto por cada tratamiento

5.1.3 Peso del fruto, peso de la pulpa y peso de la corteza

En cuanto a las variables peso del fruto, peso de la corteza y peso de la pulpa se presentó diferencias significativas entre los tratamientos con un valor de $p < 0,0001$ y un coeficiente de variación de 5,84, 8,89 y 7,12 % respectivamente (Tabla 6). La comparación de tratamientos con la prueba de Tukey (al 0,05 %) generó diferentes rangos, expresadas por letras minúsculas (Tabla 10)

Tabla 10. Prueba de Tukey al 0,05 % para la variable peso del fruto, peso de la corteza y peso de la pulpa (valores expresados en gramos)

Tratamientos	Peso	Peso corteza	Peso pulpa
0 ppm GA ₃	154,23 a	15,30 a	112,30 a
10 ppm GA ₃	141,71 ab	13,60 ab	104,34 ab
20 ppm GA ₃	138,23 bc	13,39 ab	101,73 ab
30 ppm GA ₃	109,15 e	10,19 c	83,27 c
40 ppm GA ₃	127,90 cd	11,86 bc	95,12 bc
50 ppm GA ₃	118,89 de	11,26 c	87,65 c
60 ppm GA ₃	113,07 e	10,93 c	85,17 c

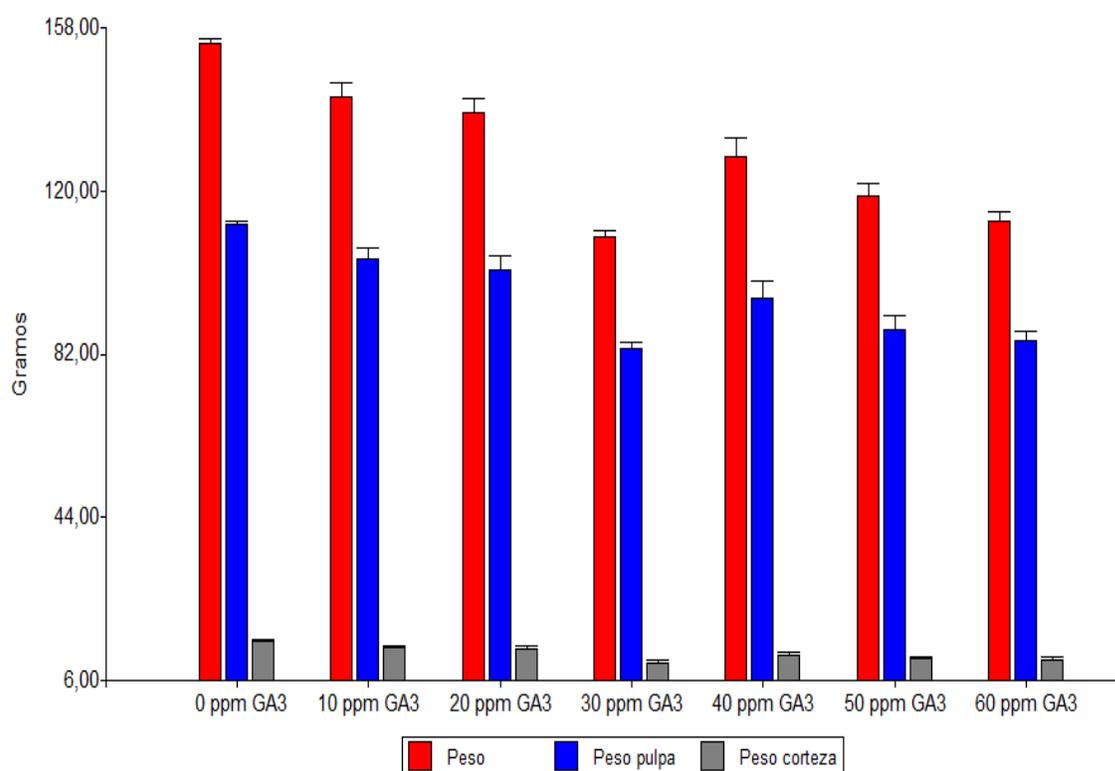


Figura 7. Promedio del peso del fruto, peso de la pulpa y peso de la corteza por cada tratamiento

La aplicación de las distintas concentraciones de GA₃ se vio reflejada en la producción de frutos de menor tamaño y peso, así como, también de menor peso de corteza y de pulpa, tal como se puede observar en la Figura 7, estos resultados no concuerdan con lo reportado por Kataoka, y otros. (2009) quienes evaluaron el efecto de la aplicación de ácido giberélico

sobre el tamaño y peso del fruto en tomate (*S. betaceum* Cav) y encontraron un aumento en el tamaño y peso de los frutos. El tratamiento control con un promedio de 154,23 g para el peso del fruto, 15,30 g para el peso de la corteza y 112,30 g para el peso de la pulpa, presentó el valor más alto respecto a las variables indicadas. El tratamiento cuatro 30 ppm de GA₃, alcanzó el valor más bajo para las tres variables medidas con 109,15, 10,19 y 83,27 g respectivamente (Tabla 10). Corrales y Hernández (2005) y Toledo, y otros, (2019) realizaron experimentos con GA₃ y obtuvieron frutos de menor tamaño en tuna y anón Rojo respectivamente lo que concuerda con lo observado en esta investigación.

Estos resultados concuerdan con los estudios realizados por Toledo, y otros, (2014) en atemoya, donde mencionan que la aplicación exógena de GA₃, dio como resultado reducciones en los promedios del peso de la pulpa y la cáscara en un 63 y 26 % respectivamente, en relación con el tratamiento control, siendo importante mencionar que utilizaron concentraciones más altas respecto a las utilizadas en este estudio. Igualmente, en un estudio realizado en manzana dulce “roja” y atemoya “Gafner” se evidenció la reducción del peso de la pulpa en un 60 y 32 % respectivamente, en frutos obtenidos a partir de las aplicaciones altas de GA₃ (Toledo, y otros, 2019).

5.1.4 Número de semillas por fruto

Al realizar el ANOVA para el número de semillas por fruto y número de semillas deterioradas se obtuvo diferencias significativas con un valor de $p < 0,0001$ y un coeficiente de variación de 3,28 y 17,38% respectivamente (Tabla 6). De manera similar, los resultados de las comparaciones al realizar la prueba de Tukey (al 0,05 %) fueron diferentes rangos generados entre los tratamientos, expresadas por letras minúsculas, donde las medias con una letra en común no son significativamente diferentes (Tabla 11).

Tabla 11. Prueba de Tukey al 0,05 % para la variable número de semillas y número de semillas deterioradas por fruto (valores expresados en unidad y porcentaje respectivamente)

Tratamientos	Número semillas	Semillas deterioradas (%)	Semillas deterioradas
0 ppm GA ₃	386,37 a	21,67 ab	83,73
10 ppm GA ₃	374,37 a	21,67 ab	81,13
20 ppm GA ₃	366,77 ab	15,00 b	55,02
30 ppm GA ₃	289,58 d	38,33 a	111,00
40 ppm GA ₃	349,12 bc	35,00 ab	122,19
50 ppm GA ₃	333,68 c	23,33 ab	77,85
60 ppm GA ₃	329,18 c	25,00 ab	82,30

En la Figura 8 Se puede visualizar comparativamente el número de semillas deterioradas frente al número total de semillas.

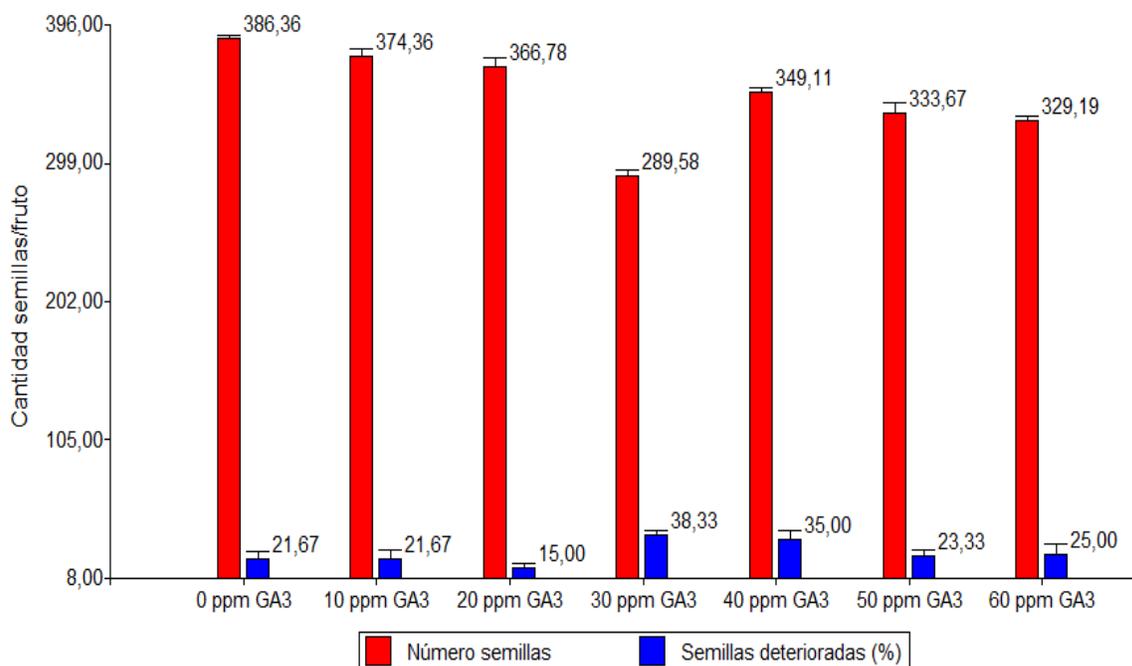


Figura 8. Número de semillas deterioradas frente al número total de semillas por cada tratamiento

La cantidad de semillas por fruto se vio reducida con las aplicaciones de las diferentes concentraciones de ácido giberélico. El tratamiento cuatro con aplicación de 30 ppm de GA₃ resultó ser la dosis más efectiva para reducir semillas, alcanzando un promedio de 290 semillas por fruto que equivale a una disminución del 25 % de semillas. Por otro lado, el control presentó los valores más altos entre los tratamientos, con un valor promedio de 386,37

semillas (Tabla 11). Estos resultados concuerdan con la tendencia obtenida por Gultom y Devi (2018) en su investigación, quienes mencionan que las concentraciones más altas de GA₃ llegaron a disminuir hasta en un 61 % la cantidad de semillas de tomate de árbol (*Solanum Betaceum*). Similares resultados también se evidenciaron en árboles de níspero, donde el porcentaje de reducción de semillas varió dependiendo de la cantidad de aspersiones y concentraciones de GA₃, obteniendo entre 34 - 90 % de panículas con frutos sin semilla (Mesero, y otros, 2010). De igual forma, Serpa y Rodrigues (2007), en su investigación en el cultivar tangor Murcott (*Citrus sinensis x Citrus reticulata*), mencionan que al aplicar concentraciones altas ayudó a reducir el número de semillas en tan solo un 20 %. Mientras que en árboles de mandarina del cultivar Afourer, las flores tratadas con diferentes concentraciones de GA₃ ayudaron a reducir entre un 33 - 40 % los frutos con semilla (Otero y Rivas, 2017). Así mismo, Garmendia, y otros, (2019) en el mismo cultivar, lograron reducciones del 35 % en relación al control, con la aplicación de ácido giberélico.

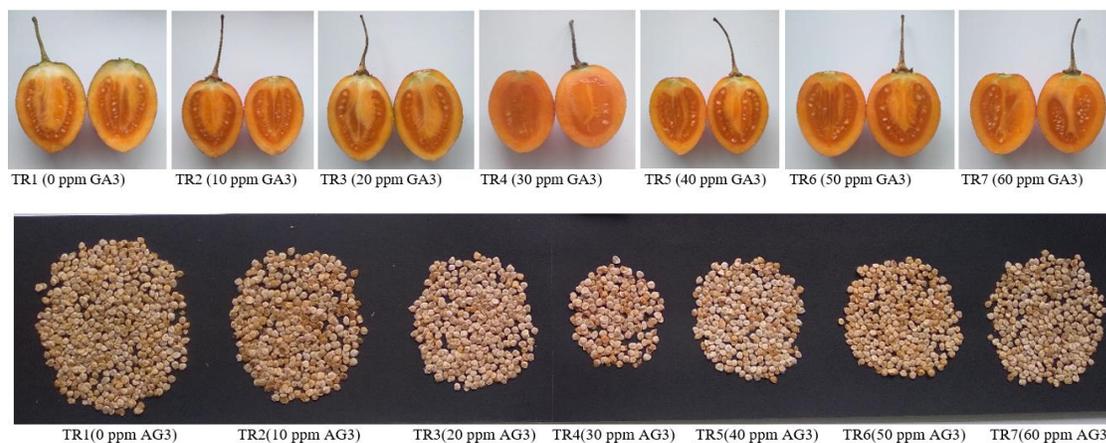


Figura 9. Cantidad de semillas por fruto de cada tratamiento

En cuanto a las semillas deterioradas por fruto, el tratamiento tres con 20 ppm de GA₃, mostró el porcentaje más bajo, con un 15 %, seguidas del tratamiento uno y dos (0 y 10 ppm de GA₃ respectivamente) que presentaron porcentajes similares de 22 %, en tanto que, los valores más altos fueron obtenidos con la aplicación de concentraciones de 30 y 40 ppm de GA₃ con valores de 38,33 y 35 % respectivamente (Tabla 11).

Estos resultados concuerdan con lo reportado por Serrani, y otros (2007), en tomate (*Solanum lycopersicum* L), quienes mencionan que la aplicación de GA₃ en flores promueve el desarrollo de óvulos degenerados, disminuyendo la cantidad de semillas viables en el fruto. De igual forma, similares resultados se obtuvieron en cultivares de arándano, donde la aplicación exógena de GA₃ impulsó el antagonismo de la embriogénesis, promoviendo entre 30 al 40 % la producción de semillas no viables (Sampson, y otros, 2014).

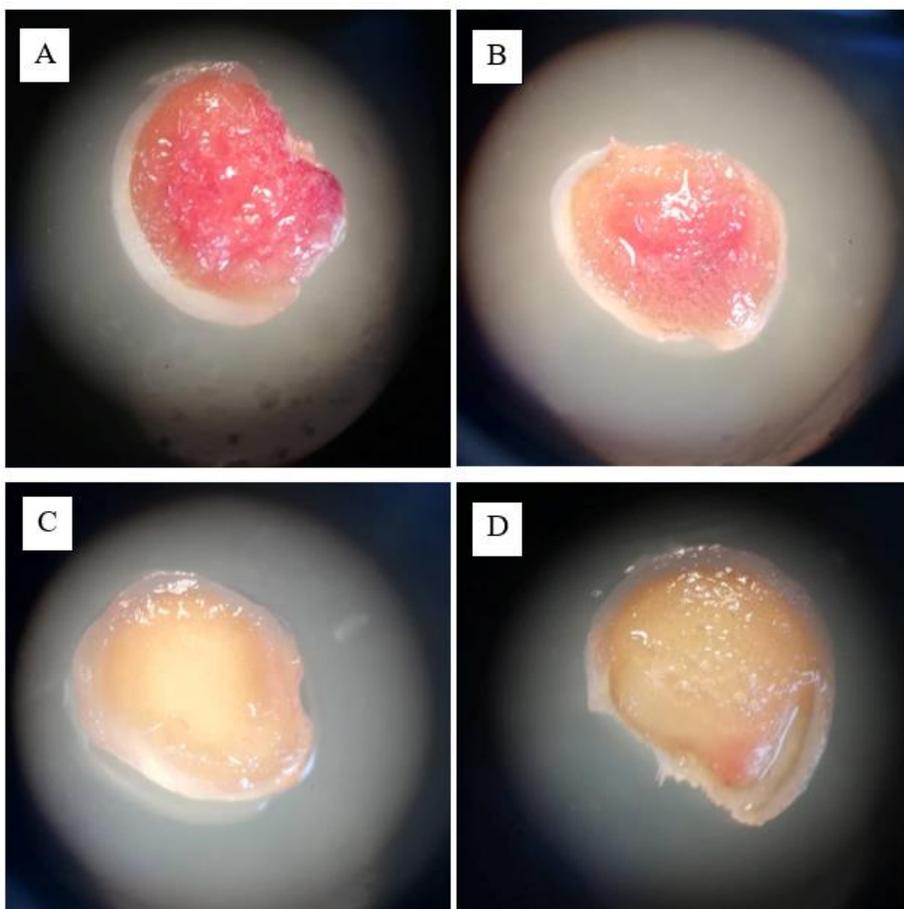


Figura 10. A y B: semillas con coloración roja donde muestra viabilidad de las mismas, C y D: semillas sin coloración muestran que no son viables

5.2 Evaluar la calidad de los frutos producidos a partir de la aplicación del ácido giberélico (GA₃) en floración

Luego de verificar la normalidad y homocedasticidad de los datos de la variable grados brix (°Bx) y color del fruto (Tabla 6), correspondiente al segundo objetivo, se procedió a realizar

un ANOVA para la variable °Bx, cuyos resultados se observan en la Tabla 12. Mientras que para la variable color se realizó la prueba de Chi Cuadrado Pearson, Tabla 13.

Tabla 12. ANOVA para la variable grados brix

Variable	SC	gl	cm	F	Valor <i>p</i>
SST (°Bx)	3,29	6	0,55	4,67	0,0018

SST=sólidos solubles totales; SC = suma de cuadrados; gl = grados de libertad; CM = cuadrados medios; Valor *p* < 0,05.

Tabla 13. Chi Cuadrado Pearson para la variable color del fruto

Variable	Valor	gl	Valor <i>p</i>
Color	60,96	36	0,0058

Valor *p* < 0,05

5.2.1 Color del fruto y grados brix de la pulpa

Se realizó una tabla de contingencia de Chi Cuadrado Pearson para el color del fruto y un ANOVA para la variable grados brix obteniendo diferencias significativas con un valor de *p* 0,0018 (Tabla 12) y 0,0058 (Tabla 13) y un coeficiente de variación de 3,02 % para °Brix (Tabla 6).

Tabla 14. Tabla de contingencia de Chi Cuadrado Pearson para la variable color del fruto

Colores	Tratamientos							Total
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	
Y80-M40-C00	5	7	7	4	2	10	4	39
Y80-M40-C10	6	4		4	7	8	11	40
Y80-M50-C00	11	9	11	7	7	9	10	64
Y80-M50-C10	3	5	10	14	11	1	3	47
Y80-M60-C00	2	2		2	3		4	13
Y80-M60-C10	7	7	4	5	5	6	1	35
Y80-M70-C10	2	2	4		1	2	3	14
Total	36	36	36	36	36	36	36	252

Los resultados mostraron una dependencia del color al tratamiento, donde se puede observar que el color, con el código Y80-M50-C00, estaba presente en mayor cantidad entre los tratamientos (64 frutos presentaban esta coloración), al igual que el color Y80-M50-C10 presentes en 47 frutos del total de tratamientos, no obstante, no fue el caso del color Y80-M60-C00 y Y80-M70-C10 que su presencia era reducida en los distintos tratamientos, con 13 y 14 frutos respectivamente. Resultados similares se obtuvieron en investigaciones realizadas en mango cv Ataulfo, donde se observó una leve significancia en el color externo de los frutos al aumentar la cantidad de GA₃, evidenciando su relación con la coloración del fruto (Pérez, y otros, 2015). Al contrario, Toledo y otros, (2019) mencionan que al aplicar ácido giberélico en manzana de azúcar “Red” y “Lessard Thai” la calidad de la fruta no se vio afectada, manteniendo una coloración y consistencia similar para todos los tratamientos. Mientras que Medina y otros, (2013), investigando en tomate (*Solanum lycopersicum* L) observaron que al aplicar GA₃ los frutos obtenidos tienden a perder su calidad en comparación con el control.

Tabla 15. Prueba de Tukey al 0,05 % para la variable grados Brix (°Bx) de la pulpa

Tratamientos	°Brix
0 ppm GA ₃	10,8 b
10 ppm GA ₃	11,05 ab
20 ppm GA ₃	11,35 ab
30 ppm GA ₃	11,53 a
40 ppm GA ₃	11,53 a
50 ppm GA ₃	11,38 ab
60 ppm GA ₃	11,65 a

Medias con diferentes letras en la misma columna difieren para p<0,05; n:6; gl:30

La aplicación de ácido giberélico ayudó a incrementar el contenido de los grados Brix del fruto. Los tratamientos que fueron tratados con una mayor concentración de GA₃ presentaron valores promedios más altos de grados brix. El tratamiento siete con una dosificación de 60 ppm mostró el promedio más alto en relación al resto, con un valor de 11,65 de SST. Por el contrario, la cantidad más baja de SST fue observada en el tratamiento control con un

promedio de 10,8 (Tabla 15). Estos resultados concuerdan con lo obtenido por Kataoka, y otros, (2009), donde mencionan en su investigación que las cantidades de fructosa y glucosa en racimos de tomate (*Solanum lycopersicum* L) aumentaron entre 10 - 23 % en frutas tratadas con GA₃. De igual forma, en plantas de atemoya Gefner se logró incrementar la concentración de sólidos solubles a medida que las concentraciones de GA₃ aumentaban, con promedios que variaron entre 29,1 a 31,1 °Brix en comparación al control (Toledo, y otros, 2014). Así mismo, Pérez, y otros (2015), obtuvieron una leve significancia para los °Brix en cultivos de mango Ataulfo tratados con diferentes concentraciones de GA₃.

5.3 Determinar los costos variables inherentes a la aplicación de los tratamientos en la presente investigación

En lo que respecta al tercer objetivo, para los costos variables de producción se tomó en cuenta el valor de los insumos y mano de obra utilizada en la aplicación de cada tratamiento. Estos valores fueron obtenidos para una hectárea de tomate de árbol plantados en un sistema tres bolillo a doble hilera, siendo las distancias de plantación de 1,5 metros entre plantas, 1,5 metros entre hileras y 3 metros entre dobles hileras con un total de 2963 plantas.

5.3.1 Costos de producción para cada tratamiento

Tabla 16. Costos de producción de cada tratamiento para una hectárea

	GA ₃	Agua destilada	Bomba de fumigar	Mano de obra	TOTAL
T1 (0 ppm)	0	0	0	0	0
T2 (10 ppm)	15	190	90	21,2	316,2
T3 (20 ppm)	30	190	90	21,2	331,2
T4 (30 ppm)	45	190	90	21,2	346,2
T5 (40 ppm)	60	190	90	21,2	361,2
T6 (50 ppm)	75	190	90	21,2	376,2
T7 (60 ppm)	90	190	90	21,2	391,2

Los costos variables totales de producción variaron dependiendo de la cantidad de GA₃ aplicado en cada tratamiento. En la Tabla 16 se puede observar que la aplicación con 10 ppm

de GA₃ tuvo un menor costo de producción de \$316,2 por hectárea, en comparación con los demás tratamientos, sin considerar al tratamiento que no se le aplicó GA₃.

6. CONCLUSIONES

El ácido giberélico (GA₃) en diferentes concentraciones aplicados durante el período de floración en tomate de árbol reduce significativamente el número de semillas por fruto hasta un 25 % en el presente estudio.

Las concentraciones de 30 y 60 ppm de GA₃ evaluadas presentaron el mejor efecto para disminuir el número de semillas en frutos de tomate de árbol.

El tamaño del fruto fue afectado con la aplicación de ácido giberélico, pero promueve un mayor cuajado de frutos.

Existe un efecto positivo de la aplicación de GA₃ sobre la variable grados brix de los frutos.

Los costos variables de los tratamientos son dependientes de la cantidad de ácido giberélico. Probablemente la aplicación de GA₃ no se justificaría comercialmente debido al tamaño del fruto obtenido.

7. RECOMENDACIONES

Se recomienda continuar la línea de investigación en relación al uso de biorreguladores para generar información relevante que permita mejorar la utilización de las giberelinas en la fruticultura.

Debido a que en la mayoría de los cultivos no se conoce el estado fenológico óptimo, la concentración, la manera correcta de aplicación (aspersión o inmersión), el número de aspersiones, el tiempo de aplicación, etc. se recomienda determinar estos parámetros previo a la aplicación de GA₃.

8. REFERENCIAS

- Abu- Zahara, T. (2013). Effect of plant hormones application methods on fruit quality of ‘Superior Seedless’ grape. *Biosciences Biotechnology Research Asia*, 527-531.
- Acosta, P., Riofrío, P., Rojas, J., Vilanova, S., Plazas, M., & Prohens, J. (2016). Phenological growth stages of tree tomato (*Solanum betaceum* Cav.) an emerging fruit crop, according to the basic and extended BBCH scales. *Scientia Horticulturae*, 216-223.
- Anangonó, B. (2007). *Estudio de factibilidad para la formación de un centro de acopio para la exportación de tomate de árbol al mercado español*. Quito.
- Azcón, J., & Talón, M. (2008). *Fundamentos de la Fisiología Vegetal*. Madrid: Universidad de Barcelona.
- Bedoya, O., & Stella, L. (2009). Filogenia de lulo, tomate de árbol y sus parientes silvestres. *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 180-190.
- Calvo, I. (2009). Cultivo de tomate de árbol (*Cyphomandra betaceae*). *MAG: Biblioteca visual*, 1-7.
- Cangás, C. (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*. Tulcan: UPEC.
- Cardoso, J., Fachinello, J., De Silva, J., & Herter, F. (2002). Fitorreguladores no aumento da frutificação efetiva e partenocarpia em peras cv. garber. *Brasileira de fruticultura*, 629 - 630.
- Chen, X., Siew Young, Q., Fedrizzi, B., & Kilmartin, P. (2020). Characterization of free and glycosidically bound volatile compounds from tamarillo (*Solanum betaceum* Cav.) with considerations on hydrolysis strategies and incubation time. *LWT - Food Science and Technology*, 1-10.

- CIMMYT. (1988). *La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: Un manual metodológico de evaluación*. México D.F.: CIMMYT.
- Contreras, J., Gamba, H., & Fischer, G. (2007). Características fisicoquímicas y organolépticas de frutos de tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav.) a dos temperaturas de almacenamiento y tipos de cera. *Ciencia y Agricultura*, 39-49.
- Corrales, J., & Hernández, J. (2005). Cambios en la calidad postcosecha de variedades de tuna con y sin semilla. *Fitotecnia Mexicana*, 9-16.
- Correia, S., & Canhoto, J. (2012). Biotechnology of tamarillo (*Cyphomandra betacea*): From in vitro cloning to genetic transformation. *Scientia Horticulturae*, 161-168.
- Dávila, G. (2016). *Estudio de factibilidad para la producción de tomate de árbol en la provincia de Imbabura y su comercialización en los mercados del distrito metropolitano de Quito*. Quito.
- Feicán, C., Encalada, C., & Becerril, A. (2016). Descripción agronómica del cultivo de tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav.). *Agro Productividad*, 78-86.
- François, S. (2019). *Evaluación de la sobrevivencia y crecimiento de especies forestales nativas (Cedrela montana y Oreocallis grandiflora) a los 16 y 22 meses de plantación bajo diferentes arreglos silvopastoriles en el pastizal de la granja del Romeral*. Bachelor Thesis, Universidad de Cuenca. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Cuenca.
- Garmendia, A., Beltrán, R., Zornoza, C., Breijo, F., Reig, J., Bayona, I., & Merle, H. (2019). Insect repellent and chemical agronomic treatments to reduce seed number in 'Afourer' mandarin. Effect on yield and fruit diameter. *Scientia Horticulturae*, 437-447.
- González, F. (2009). *Evaluación de la sostenibilidad e impacto en la nutrición sostenible de la granja agrícola "El Romeral" de la Universidad de Cuenca (Tesis de Pregrado)*. Cuenca - Ecuador.

- Gravina, A., Fornero, C., Galiger, S., Inzaurrealde, C., Fasiolo, C., & Gambetta, G. (2011). Partenocarpia, polinización cruzada y presencia de semillas en mandarina 'Afourer'. *Agrociencia Uruguay*, 40-47.
- Gultom, T., & Devi, Y. (2018). Effect of hormones gibberelin (Ga3) to produce parthenocarp fruit on tomato tree (*Solanum Betaceum*, Cav). *IOPscience*, 5-7.
- Hu, Z., Lan, S., Zhao, N., Su, N., Xue, Q., Lui, J., . . . Zhang, M. (2019). Soft-X-irradiated pollens induce parthenocarp in watermelon via rapid changes of hormone-signalings and hormonal regulation. *Scientia Horticulturae*, 317-328.
- INEC. (2020). *Encuesta de superficie y producción agropecuaria continua ESPAC*.
- Jordán, M., & Casaretto, J. (2006). Hormonas y Reguladores del Crecimiento: Auxinas, Giberelinas y Citocininas. En M. Jordán, & J. Casaretto, *Fisiología Vegetal* (págs. 1-27). La Serena.
- Kataoka, K., Yashiro, Y., Habu, T., Sunamoto, K., & Kitajima, A. (2009). The addition of gibberellic acid to auxin solutions increases sugar accumulation and sink strength in developing auxin-induced parthenocarpic tomato fruits. *Scientia Horticulturae*, 228–233.
- Laiton, G., Alamanza, P., & Balaguera, H. (2012). Yield and postharvest quality of long life tomatoes (*Solanum lycopersicum* L.) submitted to an application of gibberellic acid. *Ciencias Hortícolas*, 183-195.
- León, J., Viteri, P., & Cevallos, G. (2004). *Manual del cultivo de tomate de árbol*. Quito: EC: INIAP, Estación Experimental Santa Catalina.
- Lora, J., Hormaza, J., Herrero, M., & Gasser, C. (2011). Seedless fruits and the disruption of a conserved genetic pathway in angiosperm ovule development. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 5461-5465.
- Maita, S. (2011). *Manejo de "ojo de pollo" o Antracnosis (Collectotrichum acutatum Simmonds) en el cultivo del tomate de árbol (Solanum betaceum Cav)*. Cuenca: Universitaria Católica Edúnica.

- Medina, M., Roque, E., Pineda, B., Cañas, L., Rodríguez, M., Beltrán, J., & Gómez, C. (2013). Early anther ablation triggers parthenocarpic fruit development in tomato. *Plant Biotechnology Journal*, 770-779.
- Mesero, C., Reig, C., Martínez, A., & Agustí, M. (2010). Parthenocarpic fruit production in loquat (*Eriobotrya japonica* Lindl.) by using gibberellic acid. *Scientia Horticulturae*, 37-41.
- Moreno, C., Molina, J., Ortiz, J., Peñafiel, C., & Moreno, R. (2020). Cadena de valor en la red de tomate de árbol (*Solanum betaceum*) en Ecuador. *Agronomía Mesoamericana*, 13-29.
- Nabors, M. (2006). *Introducción a la Botánica*. Madrid: Pearson Educación, S. A.
- Navarro, J., & López, A. (2013). Cuajado de frutos y partenocarpia en olivo ‘manzanillo’ con polinización cruzada. *Agronomía Mesoamericana*, 393-400.
- Orqueda, M. E., Torres, S., Verón, H., Pérez, J., Rodríguez, F., Zampini, C., & Isla, M. I. (2020). Physicochemical, microbiological, functional and sensory properties of frozen pulp of orange and orange-red chilito (*Solanum betaceum* Cav.) fruits. *Scientia Horticulturae*, 1-9.
- Otero, A., & Rivas, F. (2017). Field spatial pattern of seedy fruit and techniques to improve yield on ‘Afourer’ mandarin. *Scientia Horticulturae*, 264-270.
- Pérez, M., Osuna, T., Gutiérrez, M., Santiago, M. d., Avitia, E., & Cano, R. (2015). Thidiazuron y ácido giberélico en amarre y tamaño de frutos de mango "Ataulfo polinizados y partenocárpicos". *Interciencia*, 677-683.
- Ramírez, F., & Kallarackal, J. (2019). Tree tomato (*Solanum betaceum* Cav.) reproductive physiology: A review. *Scientia Horticulturae*, 206-215.
- Revelo, J., Mora, E., Gallegos, P., & Garcés, S. (2008). *Enfermedades, nemátodos e insectos plaga del tomate de árbol (Solanum betaceum Cav.) una guía para su identificación en campo*. Quito.

- Revelo, Jorge; Pérez, Elizabeth; Maila, María. (2004). *Manual guía de capacitación del cultivo de tomate de árbol en Ecuador*. Quito: INIAP.
- Salazar, S., Álvarez, A., Ibarra, M., González, J., & Medina, R. (2016). Presencia de fruto partenocárpico en mango 'Ataúlfo' y su relación con la temperatura ambiental y tratamientos de fertilización. *Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 2615-2626.
- Sampson, B., Marshall, D., Stringer, S., Sakhanokho, H., & Werle, C. (2014). Emulsions of long-chain fatty acids as fruit sizing and ripening agents for gibberellin-A3-treated rabbiteye blueberries (*Vaccinium virgatum* Aiton syn. *V. ashei*). *Scientia Horticulturae*, 1-14.
- Santander, M., Mejía, D., & Osorio, O. (2013). Estandarización del protocolo para evaluar la actividad enzimática de peroxidasas en tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav.). *Temas Agrarios*, 36-49.
- Schotsmans, W. (2011). Postharvest Biology and Technology of Tropical and Subtropical Fruits// Tamarillo(*Solanum betaceum* (Cav.)). *Woodhead Publishing*, 427-442.
- Serna, A., Hurtado, A., & Ceballos, N. (2017). Gibberellic acid effect on growing, quality and yielding of tomato plants. *Universidad de Córdoba*, 71-79.
- Serpa, M., & Rodrigues, J. (2007). Reduction of seeds in Honey orange by application of plant growth regulators during reproductive stages. *Ciências Agrárias*, 758-764.
- Serrani, J., Fos, M., Atarés, A., & García, J. (2007). Effect of Gibberellin and Auxin on Parthenocarpic Fruit Growth Induction in the cv Micro-Tom of Tomato. *Plant Growth Regul*, 211-221.
- Taiz, L., & Zeiger, E. (2006). *Plant physiology*. (Cuarta ed.). Sunderland, MA.: Sinauer Associates Publishers.
- Toapante, A. (2018). *Caracterización morfológica y evaluación preliminar de tomate de árbol (Solanum betaceum Cav) a Leptoglossus zonatus (Hemiptera: Coreidae)*. Quito.

- Tofanelli, B., Robles, E., Rodrigues, J., & Ono, E. (2003). Ácido giberélico na produção de frutos partenocárpicos de pimenta. *Horticultura Brasileira*, 116-118.
- Toledo, M., Crane, J., Nietzsche, S., Montas, W., & Santos, M. (2014). Reguladores de crescimento na frutificação efetiva e qualidade de frutos partenocárpicos de atemoia 'Gefner'. *Brasileira de Fruticultura*, 281-289.
- Toledo, M., Crane, J., Nietzsche, S., Montas, W., & Santos, M. (2014). Reguladores de crescimento na frutificação efetiva e qualidade de frutos partenocárpicos de atemoia 'Gefner'. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 281-289.
- Toledo, M., Nietzsche, S., Crane, J., Montas, W., Siqueira, C., & Silva, J. (2019). Gibberellic acid combined with hand pollination increases 'Red' and 'Lessard Thai' sugar apple fruit quality and produced parthenocarpic 'Gefner' atemoya fruits. *Ciencia Rural*, 1-5.
- Torres, R., & Almeida, K. (2013). Effects of the action of gibberellin in the initial growth of pepper plants (Capsicum). *UniFOA*, 12-14.
- Ubidia, P., & Soria, C. (2017). Parasitic Nematodes Associated with Tree Tomato (Solanum betaceum Cav.) in the Ecuadorian Highlands. *Ecuatoriana de Medicina y Ciencias Biológicas*, 107-118.
- Valera, Ó., Livera, M., Muratalla, A., & Carrillo, J. (2018). Inducción de partenocárpia en Opuntia spp. *Fitotecnia Mexicana*, 5-9.
- Villares, M., Sánchez, J., Viera, W., Soria, N., Sotomayor, A., Yanez, D., & Martínez, E. (2018). Caracterización Morfológica de frutos de tomate de árbol (Solanum betaceum Cav.) de una población segregante. *Investigación Talentos*, 9-19.
- Viteri- Díaz, P., Vásquez- Castillo, W., Sangotuña, M., Vollota, A., Ciza, K., & Viera, W. (2020). Gibberellic acid improves bunch weight and number of grape berries (Vitis vinifera L.), cv. Marroo Seedless, grown in the Andean valleys of Ecuador. *Scientia Agropecuaria*, 591 – 598.

Zhou, X., Akira, W., Kim, J.-H., Sakai, K., Kajiwara, K., & Mizunoe, Y. (2018). Parthenocarpy in Citrus accessions with special focus on relatives of Kunenbo (*C. nobilis* Lour. var. *kunep* Tanaka). *Scientia Horticulturae*, 29-39.

9. ANEXOS

A. FOTOGRAFÍAS DEL TRABAJO EN CAMPO

A-1 Delimitación de las parcelas



A-2 Selección del estado fenológico C de la inflorescencia





A-3 Preparación de las diferentes soluciones de AG3



A-4 Etiquetado de las diferentes inflorescencias



A-5 Aplicación del AG3 en las inflorescencias



A-6 Monitoreo del trabajo en campo



B. TRABAJO EN LABORATORIO

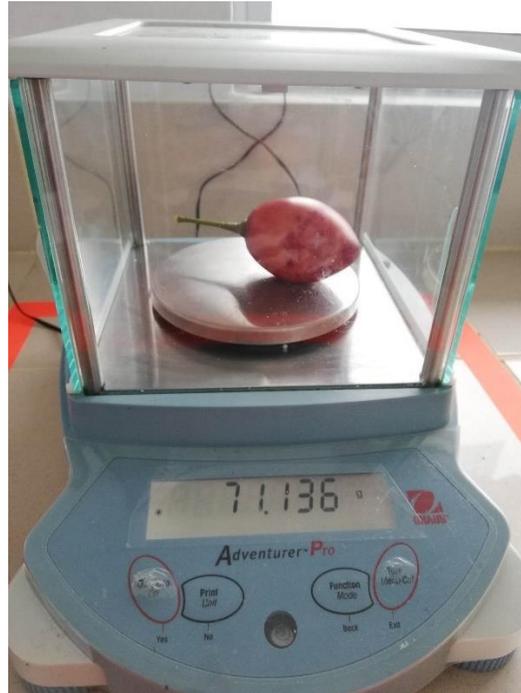
B-1 Frutos recolectados llevados al laboratorio



B-2 Obtención del color de los frutos recolectados



B-3 Pesado de los frutos



B-4 Retiro de la corteza de los frutos



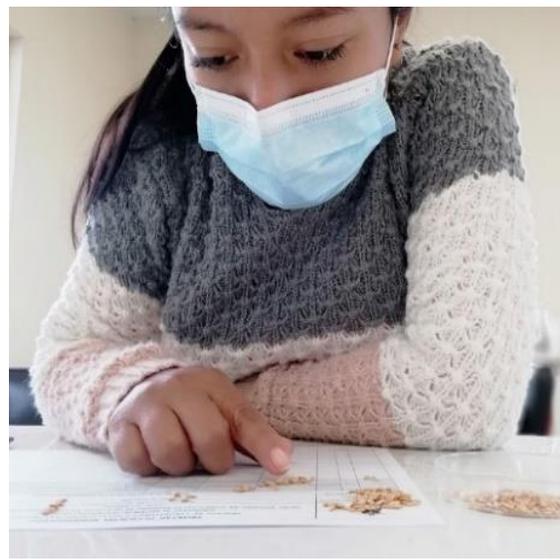
B-5 Obtención de los grados brix y retiro de las semillas



B-6 Peso de la corteza y la pulpa



B-7 Secado y conteo de las semillas



B-8 Prueba de tetrazolio

