



DESARROLLO DEL FRUTO EN CULTIVARES DE TOMATE DE ÁRBOL (*Solanum betaceum* Cav.)

Fruit Development in Tree Tomato (*Solanum betaceum* Cav.) Cultivars

iD	¹ Luis Marcial Acosta
iD	² Aníbal Martínez Salinas
iD	¹ Juan León Ruíz
iD	¹ Alfonso Suárez Tapia
iD	² William Viera Arroyo*

¹ Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Facultad de Recursos Naturales, Riobamba, Ecuador.

² Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Programa de Fruticultura (INIAP), Quito, Ecuador.

* william.viera@iniap.gob.ec

RESUMEN

El tomate de árbol es un frutal cultivado en Ecuador, siendo Tungurahua una zona representativa para su producción. Los cultivares Gigante anaranjado y Gigante morado son comercializados principalmente por su tamaño de fruto. Sin embargo, existe poca información sobre los cambios externos e internos que ocurren durante la etapa de desarrollo del fruto. El experimento se llevó a cabo en Valle Hermoso (Pelileo, Ecuador), registrándose diámetro, peso, firmeza, sólidos solubles y color en frutos provenientes de autopolinización, en los cultivares Gigante anaranjado y Gigante morado. Los resultados mostraron un incremento progresivo de todas las variables, excepto firmeza interna, durante el periodo de evaluación. A los 170 DDP, el cultivar Gigante morado obtuvo mayores valores que el cultivar Gigante anaranjado en todas las variables, excepto en la firmeza interna. Solamente el peso del fruto mostró diferencias significativas, Gigante morado alcanzó 147.50 g mientras que el Gigante anaranjado obtuvo 118.83 g. Los sólidos solubles alcanzaron valores similares (11.0 °Brix) para ambos cultivares. Las semillas de los dos cultivares se diferenciaron del mucílago a los 60 DDP, pero el color del mucílago inició a cambiar a los 80 DDP en el cultivar Gigante morado y a los 90 DDP en el Gigante anaranjado.

Palabras Clave: *color, diámetro, Ecuador, firmeza, peso, sólidos solubles.*

ABSTRACT

Tree tomato is a fruit cultivated in Ecuador, being Tungurahua a representative area for its production. The Gigante anaranjado and Gigante morado cultivars are commercialized mainly for its fruit size. However, there is little information on the external and internal changes that occur during the fruit development stages. The experiment was carried out in Valle Hermoso (Pelileo, Ecuador), registering diameter, weight, firmness, soluble solids and color in fruits from self-pollination in the cultivars Gigante anaranjado and Gigante morado. During the evaluation period, the results showed a progressive increase in all variables, except internal firmness. At 170 DAP, the Gigante morado

cultivar obtained higher values than the Gigante anaranjado cultivar in all variables, except in internal firmness. Only fruit weight showed significant differences: Gigante morado reached 147.50 g while Gigante anaranjado obtained 118.83 g. The soluble solids reached similar values (11.0 °Brix) for both cultivars. The seeds of the two cultivars became differentiated from the mucilage at 60 DAP, but the color of the mucilage began to change at 80 DAP in the Gigante morado cultivar and at 90 DAP in the Gigante anaranjado.

Keywords: color, diameter, Ecuador, firmness, weight, soluble solids

I. INTRODUCCIÓN

El tomate de árbol es originario de los Andes suramericanos, cultivado principalmente en los países de Colombia, Perú y Ecuador (1). En Ecuador, su producción es realizada por pequeños y medianos agricultores concentrados esencialmente en la región de la Sierra (2,3), en las provincias de Carchi, Imbabura, Pichincha, Tungurahua, Cotopaxi, Chimborazo y Azuay (4); en el año 2019, este frutal tuvo una superficie cultivada de alrededor de 3000 ha, con un rendimiento de 14.43 t ha⁻¹, siendo la provincia de Tungurahua la más representativa en la producción de este frutal (5). Se cultiva en altitudes de 1000 a 3000 msnm, pero los rangos óptimos están entre 2000 y 2800 msnm, pero es una especie susceptible a heladas (4). Se adapta a condiciones intertropicales de fotoperiodo entre 8 y 16 horas. El rango óptimo de temperatura para el desarrollo de este frutal es de 28 a 30 °C en el día y 15 a 18 °C en la noche; se produce caída de flor cuando estos valores superan los 35 °C o disminuyen por debajo de los 10 °C, afectando el cuajado de los frutos. La humedad relativa ideal está en el rango de 65-70%, en la etapa de fructificación cuando la humedad relativa desciende a menos de 45% se afecta la polinización, debido al estrés hídrico, el cierre de estomas y la reducción de la actividad fotosintética (6). El rango de precipitación requerida oscila entre 600 y 1000 mm; y cuando se traslada a zonas tropicales, prefiere altitudes medias a altas en bosques montañosos del neotrópico (4).

Esta fruta es apreciada por su contenido de fibra, vitaminas, minerales, biocompuestos y capacidad antioxidante (7,8,9). Los cultivares Gigante anaranjado y Gigante morado se encuentran entre los mayormente cultivados (10); sin embargo, en Ecuador no existe una clasificación específica de los cultivares (11). El ciclo fenológico del cultivo tiene tres etapas: La etapa vegetativa que va desde el trasplante hasta la floración; la etapa reproductiva que es

un periodo comprendido entre la floración y el inicio de la fructificación, esta etapa se mantiene permanentemente una vez que se inicia la floración; y la etapa productiva que va desde la floración hasta la finalización de la producción de los frutos (12). El tomate de árbol es una planta alógama, es decir, de polinizada cruzada (13); sin embargo, en programas de mejoramiento se usa la polinización artificial. Sus flores son pequeñas, de color rosado, hermafroditas, actinomorfas, con el cáliz acampado, de 1.3 a 1.5 cm de diámetro, agrupadas formando una inflorescencia (14). El fruto es una baya caracterizada por tener un pedúnculo largo, puede tener forma redonda, piriforme, ovoide o apiculada, su longitud es de 8 a 10 cm, su diámetro de 4 a 6 cm, y su peso varía de 40 a 130 g dependiendo del cultivar; la piel es fina y lisa, con una cutícula de sabor amargo, de color verde cuando es inmadura, y su color varía de acuerdo con el cultivar (amarillo, anaranjado, rojo, o púrpura) cuando madura (15), con un contenido de sólidos solubles que puede ir de 7 a 12 °Brix (9), y contiene un promedio de 300 a 500 semillas (14).

Se ha reportado que la formación del fruto puede durar de 21 a 28 semanas (12); sin embargo, el tiempo puede variar dependiendo de las condiciones climáticas donde se desarrolle el cultivo. Además, existe poca información relacionada con los cambios físicos que ocurren durante el desarrollo del fruto. El objetivo de esta investigación fue determinar los cambios morfológicos y de las características organolépticas durante el desarrollo del fruto de tomate de árbol, de los cultivares Gigante anaranjado y Gigante morado.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación geográfica

La investigación se realizó en dos localidades de



Valle Hermoso en el cantón Pelileo, provincia de Tungurahua, Ecuador (Tabla 1), sitio representativo de la producción de este frutal en esa provincia, con una clasificación ecológica de bosque seco bajo. El sector de Valle Hermoso tiene una temperatura media anual de 12 °C, humedad relativa media anual 82.5%, y precipitación anual de 864.4 mm.

Tabla 1. Ubicación geográfica de las dos parcelas de estudio de la provincia de Tungurahua, sector Valle Hermoso.

Cultivar	Sitio	Latitud	Longitud	msnm
Gigante anaranjado	Caserío Inapi	1°20'51.23" S	78°30'58.65" O	2193
Gigante morado	Caserío Artezón	1°20'25.36" S	78°31'26.52" O	2275

Material vegetal

Frutos del cultivar Gigante anaranjado y cultivar Gigante morado, provenientes de plantas injertadas sobre *Nicotiana glauca*. Los cultivares fueron propagados vegetativamente (ramilla) de plantas cultivadas en huerto comercial. Los frutos fueron obtenidos por autopolinización y las mediciones de las variables iniciaron cuando el fruto estuvo formado (Figura 1).



Figura 1. Estados desde el botón floral (izquierda, fila inferior) hasta el cuajado del fruto (derecha, fila superior) del tomate de árbol. La flor se abre, y una vez polinizada se cierra, caen los pétalos y se puede apreciar el cuajado del fruto.

Descripción de los huertos y autopolinización de frutos

El estudio se realizó en plantas de dos años de edad, mismas que estuvieron establecidas con un diseño rectangular, a una distancia de 1 m entre plantas y de 1.5 m entre hileras. Se seleccionaron 10 plantas de cada cultivar al azar, para lo cual se utilizaron los siguientes criterio: aquellas que tenían mayor floración, similares en altura y área foliar, y libres de plagas y enfermedades.

Las plantas fueron marcadas con una cinta fluorescente para su identificación y etiquetado.

Para la autopolinización manual de las flores (Figura 2), se seleccionaron racimos florales con flores en estado de botón (flores cerradas), se realizó un raleo dejando las flores que no se encontraban abiertas, en un promedio de 2 a 4 flores por inflorescencia. Con la ayuda de una pinza se abrieron las flores para realizar el proceso de emasculación, el cual consistió en eliminar las anteras y dejar el pistilo. Se tomó una flor abierta del mismo árbol, y con ayuda de los dedos se presionó suavemente encima de la flor emasculada para permitir que el polen descendiera al estigma. Se cubrieron las flores polinizadas utilizando una funda de papel kraft y se etiquetaron con la fecha de la polinización, nombre del cultivar y número de flores polinizadas. Este proceso se realizó en un total de 200 flores por cultivar y un total de 10 flores por árbol.



Figura 2. Proceso de autopolinización de las flores del tomate de árbol: A) selección de racimo floral, B) apertura manual de la flor, C y D) emasculación de flor, E) selección de flor abierta para la autopolinización, F) autopolinización, G) flor autopolinizada, H) sellado de las flores autopolinizadas con fundas de papel kraft, I) etiquetado de flores autopolinizadas.

Cosecha de frutos

A los quince días después de la autopolinización, se procedió a cortar la parte inferior de las fundas y confirmar el cuajado (formación) de los frutos. La primera cosecha se realizó a los

treinta días después de haber llevado a cabo la autopolinización; posteriormente se cosechó tres frutos de cada cultivar cada 10 días hasta los 170 días después de la polinización (DDP). Los frutos cosechados fueron colectados en fundas de papel kraft con la respectiva identificación, para su posterior evaluación y registro de datos obtenidos de la medición de variables en estudio.

Manejo agronómico de las parcelas experimentales

La fertilización química se llevó a cabo cada 3 meses con una mezcla de YaraMila COMPLEX® más nitrato de calcio (100 g + 50 g, respectivamente) por planta. Además, se adicionó gallinaza más estiércol de vaca a una dosis de 1 kg de cada producto, se realizó una sola aplicación por planta. Los controles fitosanitarios se efectuaron una vez por mes, utilizando una rotación de productos con agroquímicos como azufre al 0.1%, penconazole al 0.1%, captan 0.1%, fosetil aluminio al 0.1%, cyclohexanone más dimethoate al 0.1%, difluzuron 0.1 %, aceite agrícola al 0.5 %, y caldo bordelés neutralizado al 0.5 %. El riego se realizó por gravedad cada 15 días, aplicando un promedio de 5.26 litros de agua por planta.

Ensayo experimental y análisis estadístico

La investigación se realizó con un diseño completamente al azar (DCA), con tres repeticiones. Los tratamientos estuvieron constituidos por el cultivar Gigante anaranjado y el cultivar Gigante morado. La unidad experimental fue un fruto de cada uno de los cultivares evaluados.

A continuación, se describen las variables morfológicas y organolépticas de los frutos que fueron registradas durante la investigación:

a) Diámetro polar y ecuatorial (mm), se determinaron utilizando un calibrador (Mitutoyo, CD 8CSX-B).

b) Peso del fruto, se registró empleando una balanza digital (Geniweigher UWE, HGM-2000).

c) Firmeza externa e interna (N), se utilizó un penetrómetro (Gullimex, FT 327); la primera fue registrada en la parte central externa del fruto; en tanto que los frutos se cortaron por la mitad transversalmente para medir en la parte interna

(pulpa) en el pericarpio carnoso.

d) Sólidos solubles (°Brix), se midieron mediante un refractómetro (Atago, Nr 547/90). En el caso de los frutos en crecimiento (40 DDP), se aplastó el fruto con ayuda de un mortero y pistilo, para obtener una gota de jugo necesaria para determinar el contenido de sólidos solubles. A partir de los 50 DDP, los frutos se cortaron por la mitad y exprimieron para obtener la gota de jugo para realizar la medición.

e) Color externo (epicarpio) e interno (mucílago), se utilizó la escala propuesta por Bioersity International (16). Para el color externo del fruto (epicarpio), la escala fue: 1) verde claro, 2) verde pálido, 3) amarillo anaranjado y 4) naranja. Mientras que para el color interno (mucílago), la escala fue: 1) verde, 2) naranja y 3) morado.

Para el análisis de datos se utilizó el programa estadístico Infostat. Se realizó análisis de varianza para determinar diferencias entre tratamientos, y la prueba de Tukey al 5% para determinar diferencias estadísticas entre medias (17).

III. RESULTADOS

Análisis de características morfológicas y organolépticas durante el desarrollo del fruto

Los valores registrados de cada variable en cada cultivar se muestran en la Tabla 2. La caracterización del desarrollo del fruto se inició a los 30 DDP. A los 30 días para la variable diámetro polar del fruto, el mayor valor se evidenció en el cultivar Gigante morado con 17.49 mm, mientras que el cultivar Gigante anaranjado presentó un menor valor de 17.07 mm. A los 170 DDP, la diferencia fue mínima alcanzando 75.90 mm el cultivar Gigante morado y 75.87 mm el cultivar Gigante anaranjado (Figura 3). Para esta variable se obtuvo diferencias estadísticas entre cultivares a los 60, 80, 100, 120, 140 Y 160 DDP entre cultivares (Tabla 2).

El diámetro ecuatorial a los 30 DDP fue de 15.35 mm para el cultivar Gigante morado y de 15.65 mm para el Gigante anaranjado; mientras que a los 170 DDP fue de 62.74 mm y 60.73 mm respectivamente (Figura 4). Los cultivares presentaron diferencias estadísticas para esta variable a los 60, 80, 100 Y 120 DDP (Tabla 2).

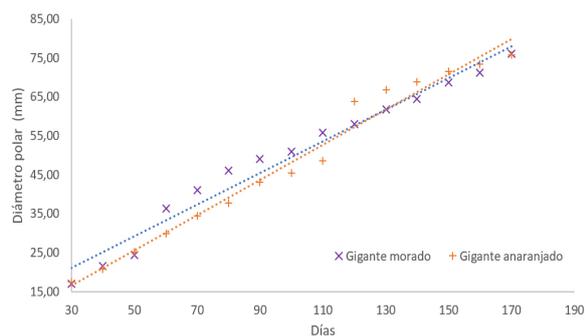


Figura 3. Incremento del diámetro polar del fruto de los cultivares Gigante anaranjado y Gigante morado de tomate de árbol.

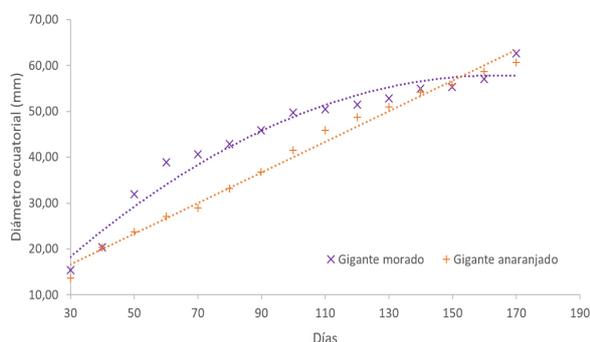


Figura 4. Incremento del diámetro ecuatorial del fruto de los cultivares Gigante anaranjado y Gigante morado de tomate de árbol.

El peso del fruto a los 30 DDP, tuvo un valor de 2.07 g para el cultivar Gigante morado y de 2.03 g para el Gigante anaranjado; mientras que a los 170 DDP fue de 147.50 y 118.83 g respectivamente (Figura 5). Esta variable mostró diferencias estadísticas entre cultivares a los 40, 80, 140, 160 y 170 DDP (Tabla 2). Ambos cultivares presentaron un incremento continuo del peso del fruto.

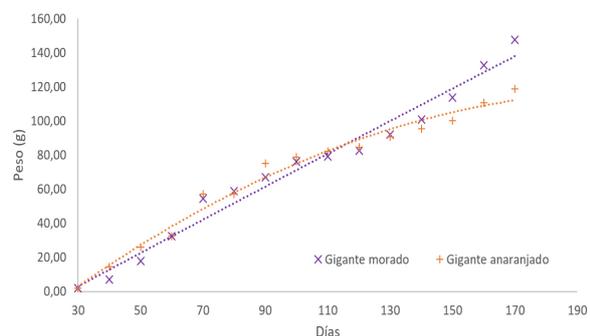


Figura 5. Incremento del peso del fruto de los cultivares Gigante anaranjado y Gigante morado de tomate de árbol.

A los 30 DDP, la firmeza externa del fruto tuvo un valor de 9.78 N para el Gigante anaranjado y 9.91 N para el cultivar Gigante morado, este valor incrementó hasta los 100 y 110 DDP, donde el Gigante anaranjado tuvo 38.11 N y el Gigante morado obtuvo 44.93 N, pero a los 170 DDP

decreció con 29.22 y 30.11 N, respectivamente (Figura 6). Esta variable mostró diferencias estadísticas entre cultivares a los 120, 140 y 160 DDP (Tabla 2). En relación a la firmeza interna de la pulpa, el cultivar Gigante morado obtuvo un valor de 11.56 N mientras que el Gigante anaranjado tuvo un valor de 9.20 N a los 30 DDP, y después decreció a 0.57 N en los dos cultivares a los 170 DDP (Figura 7). La firmeza interna de la pulpa tuvo un comportamiento opuesto a la firmeza externa del fruto. En esta variable se observó diferencias estadísticas entre cultivares a los 30, 40, 60, 80 y 160 DDP (Tabla 2).

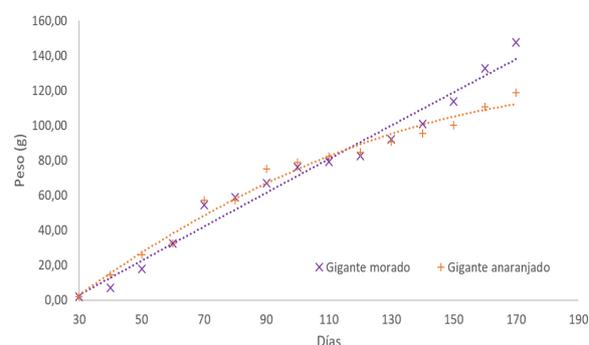


Figura 6. Variación de la firmeza externa del fruto de los cultivares Gigante anaranjado y Gigante morado de tomate de árbol.

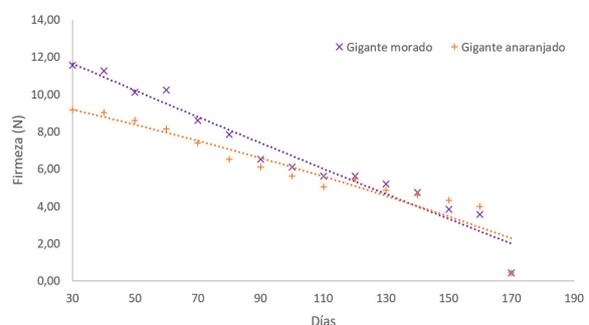


Figura 7. Decremento de la firmeza interna (pulpa) del fruto de los cultivares Gigante anaranjado y Gigante morado de tomate de árbol.

El cultivar Gigante morado inició con un valor de 4.13 °Brix a los 40 DDP y llegó a 11.10 °Brix a los 170 DDP; mientras que el cultivar Gigante anaranjado comenzó con un valor de 4.17 °Brix a los 40 DDP hasta alcanzar 11.00 °Brix a los 170 DDP (Figura 8). El contenido de sólidos solubles fue incrementando con el tiempo en los dos cultivares; sin embargo, se observó que los dos cultivares alcanzaron un contenido similar al final del desarrollo del fruto, valores que no fueron estadísticamente diferentes. Esta variable mostró diferencias estadísticas entre los cultivares a los 80, 100 y 120 DDP.

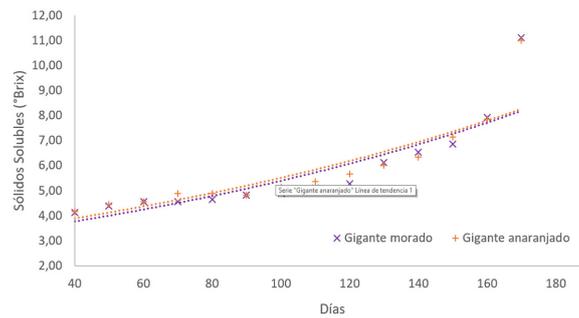


Figura 8. Cambios en el contenido de sólidos solubles de los cultivares Gigante anaranjado y Gigante morado de tomate de árbol.

Tabla 2. Resumen de las variables de calidad registradas durante el tiempo de evaluación del desarrollo del fruto de los cultivares Gigante anaranjado y Gigante morado de tomate de árbol.

Días después de la polinización (DDP)	Cultivar	Diámetro polar (mm)	Diámetro ecuatorial (mm)	Peso (g)	Firmeza externa (N)	Firmeza interna (N)	Sólidos solubles (°Brix)
30	Gigante anaranjado	17.07 A	13.65 A	2.03 A	9.78 A	9.20 A**	ND
	Gigante morado	17.49 A	15.35 A	2.07 A	9.91 A	11.56 B	ND
40	Gigante anaranjado	20.91 A	20.47 A	14.67 B	16.45 A	9.02 A**	4.17 A
	Gigante morado	21.64 A	20.40 A	7.07 A**	14.67 A	11.25 B	4.13 A
60	Gigante anaranjado	29.97 A*	27.03 A**	32.40 A	24.33 A	8.14 A**	4.57 A
	Gigante morado	36.31 B	38.96 B	32.60 A	26.11 A	10.23 B	4.57 A
80	Gigante anaranjado	37.68 A**	33.18 A**	57.33 A*	36.16 A	6.53 A**	4.63 A**
	Gigante morado	45.99 B	42.92 B	59.10 B	36.34 A	6.53 B	4.87 B
100	Gigante anaranjado	45.48 A**	41.48 A**	76.20 A	39.45 A	5.64 A	4.87 A*
	Gigante morado	50.92 B	49.82 B	78.77 A	39.58 A	6.09 A	5.13 B
120	Gigante anaranjado	57.89 A**	48.97 A**	82.47 A	35.71 A**	5.47 A	5.27 A**
	Gigante morado	63.91 B	51.43 B	84.67 A	41.73 B	5.64 A	5.67 B
140	Gigante anaranjado	64.44 A**	54.34 A	95.47 A*	33.80 A**	4.58 A	6.33 A
	Gigante morado	68.84 B	54.91 A	100.83 B	36.47 B	1.07 A	6.53 A
160	Gigante anaranjado	73.41 B	58.64 A	110.03 A**	32.01 A*	4.00 A**	7.87 A
	Gigante morado	71.31 A*	57.02 A	132.70 B	30.11 B	4.75 B	7.90 A
170	Gigante anaranjado	75.87 A	60.73 A	118.83 A**	29.22 A	0.57 A	11.00 A
	Gigante morado	75.90 A	62.74 A	147.50 B	30.11 A	0.57 A	11.10 A

ND: valor no detectado debido a que en este estado no se pudo obtener la gota de jugo del fruto para medición. * significativo a $p \leq 0,05$, ** significativo a $p \leq 0,01$. Medias de tratamientos con diferente letra son estadísticamente diferentes (Tukey, $p < 0,05$).

Color externo del fruto

El fruto de ambos cultivares presentó un color externo (epicarpio) verde claro (valor 1 en la escala) a los 30 DDP, el cual se mantuvo hasta los 100 DDP. A los 120 DDP cambió su coloración a verde pálido (valor 2 en la escala) hasta los 130 DDP. A partir de los 140 DDP, el fruto tomó un color mezclado de verde y anaranjado en diferentes proporciones hasta los 160 DDP, para finalizar con una coloración externa anaranjada (valor 4 en la escala) a los 170 DDP (Figura 9 y 10). Con base en el hábito climatérico del fruto de tomate de árbol, se observó que el cambio del 100% del color externo del fruto fue similar en ambos cultivares, al observarse frutos totalmente anaranjados y morados a los 170 DDP, fecha en que terminó la evaluación.

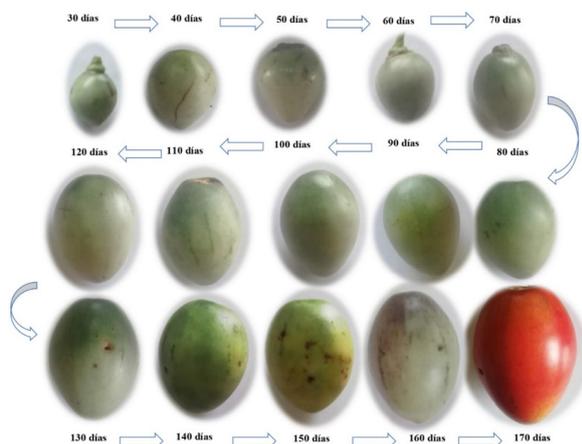


Figura 9. Evolución del color externo del fruto del cultivar Gigante anaranjado de tomate de árbol.



Figura 10. Evolución del color externo del fruto del cultivar Gigante morado de tomate de árbol.

Color interno (mucílago)

Ambos cultivares presentaron una coloración verde del mucílago (valor 1 en la escala) hasta

los 70 DDP. A los 60 DDP, se observó la aparición de las semillas en formación en el interior del fruto, de color blanco rodeadas de mucílago transparente. A los 90 DDP, en el cultivar Gigante anaranjado, el color del mucílago empezó a cambiar a anaranjado, aumentado su intensidad para tornarse totalmente naranja (valor 2 en la escala) a los 170 DDP (Figura 11); mientras que en el cultivar Gigante morado, a los 80 DDP el color del mucílago empezó a cambiar su coloración a morada, aumentado su intensidad para tornarse totalmente morada (valor 3 en la escala) a los 170 DDP (Figura 12).



Figura 11. Evolución del color interno del fruto del cultivar Gigante anaranjado de tomate de árbol.

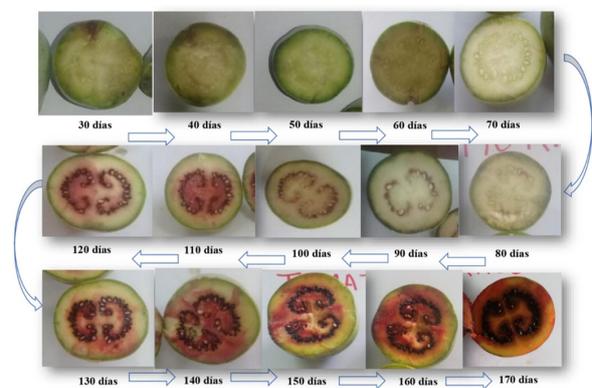


Figura 12. Evolución del color interno del fruto del cultivar Gigante morado de tomate de árbol.

IV. DISCUSIÓN

El manejo de un buen sistema de riego con una buena fertilización incrementa la producción de tomate de árbol (18); estos factores, a la par de otros, influenciarían también el crecimiento del fruto, debido a que depende de la nutrición y la cantidad de agua que se suministre al cultivo en la etapa de fructificación.

En los dos cultivares de tomate de árbol, el

peso, diámetro polar y ecuatorial del fruto incrementaron continuamente hasta los 170 DDP; sin embargo, en el cultivar Gigante morado se observó un mayor incremento de peso de fruto a partir de los 160 DDP; esta tendencia de crecimiento del fruto es similar a la reportada por Pratt y Reid (19). García Muñoz (20) reportó que el diámetro polar del fruto de tomate de árbol se incrementó hasta los 70 DDP, mientras que el diámetro ecuatorial hasta los 105 DDP (20); tendencia también observada en nuestro estudio. Meza y Méndez (15) reportaron que el fruto del tomate de árbol alcanzó un diámetro polar en los rangos de 8 a 10 cm y un diámetro ecuatorial entre 4 a 6 cm, con un peso promedio de 130 g; los valores obtenidos en la investigación son similares a los mencionados anteriormente, puesto que el cultivar Gigante morado tuvo un diámetro polar de 7.9 cm, un diámetro ecuatorial de 6.2 cm y un peso de 147.5 g a los 170 DDP; mientras que el cultivar Gigante anaranjado presentó valores promedios de 7.5 cm, 6 cm y 118.8 g, respectivamente.

El fruto de tomate de árbol mantiene una ganancia en peso constante hasta los 175 DDP; luego de este periodo empieza a decrecer debido a que es un fruto no climatérico y sufre deterioro una vez separado de la planta (20). De acuerdo a los resultados de nuestro estudio, se recomienda cosechar la fruta alrededor de ese tiempo (170 a 175 DDP), que se considera el punto de cosecha óptimo para su comercialización; este tiempo de cosecha concuerda con lo mencionado por la CCB (12). Además, Márquez et al. (21) mencionan que el fruto de tomate de árbol pierde del 8% al 10% de peso, debido a la transpiración cuando ha alcanzado la madurez de consumo. La formación del fruto puede durar entre 147 a 168 DDP (22) o incluso hasta 196 DDP (12); el periodo de desarrollo del fruto (170 DDP) que se obtuvo en esta investigación, se encuentra dentro de los rangos mencionados; sin embargo, se debe considerar que el crecimiento del fruto también dependerá del cultivar, condiciones climáticas y manejo agronómico (riego y fertilización) del cultivo.

Márquez *et al.* (21) reportaron que el fruto del tomate de árbol en su madurez comercial alcanza una firmeza de 28 N; los resultados de este estudio fueron ligeramente superiores para ambos cultivares (29-30 N), de hecho, esta

evolución de la firmeza, tanto externa como interna, se atribuye a los cambios en la pared celular de la pulpa, en particular, la degradación por hidrólisis del componente péctico, que se transforma en otros compuestos como celulosa y hemicelulosa (23).

García Muñoz (20) mencionó que el fruto va incrementando el contenido de sólidos solubles conforme se desarrolla, en su estudio reportó que pasó de 4 °Brix a los 35 DDP, a 8 °Brix a los 140 DDP, y después subió hasta 12 °Brix (175 DDP). En nuestro estudio el valor fue ligeramente menor a los 140 y 170 DDP (11 °Brix), posiblemente debido a que permaneció 5 días menos en el árbol y bajo condiciones ambientales diferentes; en esta investigación, el fruto fue cosechado a los 170 DDP debido a que había cambiado completamente de color y era apto para ser cosechado bajo las condiciones climáticas de Valle Hermoso.

Se ha reportado que distintos genotipos y cultivares de tomate de árbol presentan un contenido de sólidos solubles que puede variar entre 7 a 13 °Brix, con un valor promedio alrededor de 10 °Brix (9,24,25). Los resultados obtenidos en este estudio se encuentran dentro del rango mencionado, debido a que los frutos maduros a los 170 DDP, de ambos cultivares, presentaron valores alrededor de 11 °Brix. Viera et al. (1) reportaron que los frutos de plantas segregantes de tomate de árbol provenientes de un cruzamiento con el cultivar Gigante anaranjado, tuvieron un valor de 11.02 °Brix, valor que tiene similitud con el obtenido por ese cultivar en esta investigación. Brito et al. (26) mencionaron que el fruto del cultivar Gigante morado tiene un valor de 10.70 °Brix, el cual está cercano al obtenido en la investigación.

El cultivar Gigante anaranjado presentó un epicarpio 100% anaranjado cuando está maduro (1), lo que ocurrió en esta investigación a los 170 DDP. Ávila (27) mencionó que el cambio de color externo e interno que sufre el fruto de tomate de árbol en su proceso de maduración, está asociado a la presencia de clorofila; mientras el fruto está creciendo, la clorofila se va degradando, lo que provoca la síntesis de nuevos pigmentos que pueden ser anaranjado, rojo o morado (carotenoides o antocianinas). Viera et al. (1) reportaron que un grupo de segregantes presentaron una coloración morada



en el mucílago, mientras que otro grupo de segregantes mostró una coloración anaranjada; lo cual está relacionado con la polinización cruzada que tiene el cultivo, consecuentemente, esta coloración en el mucílago indica la procedencia de uno de los parentales en la progenie de cruzamientos naturales. En esta investigación, el cultivar Gigante anaranjado presentó un mucílago y pulpa de color anaranjado, mientras que el cultivar Gigante morado tuvo un mucílago de color morado pero la pulpa fue anaranjada.

V. CONCLUSIONES

Los frutos de los cultivares Gigante anaranjado y Gigante morado se encontraron listos para su cosecha a los 170 DDP en la localidad de Valle Hermoso (Pelileo).

El cultivar Gigante morado alcanzó un mayor peso del fruto a los 170 DDP en comparación con el cultivar Gigante anaranjado. En ambos cultivares, los valores de diámetro polar y ecuatorial, firmeza externa e interna, y el contenido de sólidos solubles fueron similares, y la formación de semillas empieza a observarse a los 60 DDP. El mucílago inició a cambiar su coloración a los 80

DDP en el cultivar Gigante morado y a los 90 DDP en el cultivar Gigante anaranjado.

Los resultados de esta investigación contribuyen a la generación de conocimiento sobre el desarrollo del fruto de tomate de árbol, puesto que la información en esta temática es muy escasa. Sin embargo, se debe considerar que este estudio fue realizado bajo las condiciones ambientales específicas de la localidad de Valle Hermoso y que el ciclo de desarrollo del fruto podría variar dependiendo de las características climáticas de otros sitios de producción de este frutal.

VI. AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID) por el apoyo y financiamiento de esta investigación, mediante el Proyecto “Fortalecimiento de la investigación para mejorar la productividad y calidad de la naranjilla y tomate de árbol en Ecuador”, expediente 2018/SPE/0000400192.

VIII. REFERENCIAS

1. Viera Arroyo WF, Sotomayor Correa, AV, Tamba Sandoval MV, Vásquez Castillo WA, Martínez A, Viteri Díaz PF, Ron L. Estimación de parámetros de calidad del fruto para segregantes interespecíficos de tomate de árbol (*Solanum betaceum Cav.*) en respuesta de resistencia a la antracnosis (*Colletotrichum acutatum JH Simmonds*). Acta Agron. 2016; 65: 304-311.
2. Viera W, Sotomayor A, Viteri P. Breeding of three Andean fruit crops in Ecuador. Chron Horticult. 2019; 59: 20-29.
3. Benítez E, Viera W, Garrido P, Flores F. Current research on Andean fruit crop diseases. In: Chong P, Newman D, Steinmacher D, editors. Agricultural, Forestry and Bioindustry Biotechnology and Biodiscovery. Copenhagen: Springer Cham; 2020. p. 387-401.
4. Feicán-Mejía GC, Encalada-Alvarado CR, Becerril-Román AE. Descripción agronómica del cultivo de tomate de árbol (*Solanum betaceum Cav.*). Agroproductividad. 2016; 9: 78-86.
5. Barrera V., Zapata A, Martínez A, Escudero L, Merino J, Zapata J. Caracterización y tipificación de los sistemas de producción de tomate de árbol (*Solanum betaceum Cav.*) en Ecuador. Quito: ARCOIRIS Producciones Gráficas; 2022.
6. Ríos Madril MI. Control biológico de la antracnosis (*Colletotrichum gloesporioides Penz*) en tomate de árbol (*Solanum betaceum*) en el ecotipo: amarillo puntón, mediante hongos endófitos antagonistas [Bachelor thesis]. Paute: UPS; 2010.
7. Espin S, Gonzalez-Manzano S, Taco V, Poveda C, Ayuda-Durán B, Gonzalez-Paramas AM, Santos-Buelga C. Phenolic composition and antioxidant capacity of yellow and purple-red Ecuadorian cultivars of tree tomato (*Solanum betaceum Cav.*). Food Chemistry. 2016; 194: 1073-1080.
8. Mutalib MA, Rahmat A, Ali F, Othman F, Ramasamy R. Nutritional compositions and

- antiproliferative activities of different solvent fractions from ethanol extract of *Cyphomandra betacea* (tamarillo) fruit. *Malays J Med Sci.* 2017; 24: 19–32.
9. Viera W, Samaniego I, Camacho D, Habibi N, Ron L, Sediqui N, Álvarez J, Viteri P, Sotomayor A, Merino J, Vásquez-Castillo W, Brito B. Phytochemical characterization of a tree tomato (*Solanum betaceum* Cav.) breeding population grown in the inter-Andean valley of Ecuador. *Plants.* 2022; 11: 268.
 11. Viera W, León J, Ochoa J. Evaluación de fungicidas in vitro y pruebas de resistencia de cinco variedades de tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav.) para antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides*) Cutulagua, Pichincha. *Rev Rumipamba.* 2002; 16: 89-9.
 12. Pilapaña Juiña GS. Rentabilidad de aguacate, durazno, mora y tomate de árbol en Carchi, Imbabura y Tungurahua. [Bachelor thesis]. Quito: UCE; 2013.
 13. Cámara de Comercio de Bogotá (CCB). Manual tomate de árbol. Bogotá: Cámara de Comercio de Bogotá; 2015. Sotomayor A, Merino J, Viera W. Determining conditions for best pollen quality of red-purple tree tomato (*Solanum betaceum* Cav.) germplasm. *Bionatura.* 2021; 6: 2222-2227.
 14. Bueno S, Aguirre C, Abdo G, Perindi H, Ansonnaud G. Tomate de árbol *Solanum betaceum*. Buenos Aires: IICA; 2018.
 15. Meza N, Méndez JM. Características del fruto de tomate de árbol (*Cyphomandra betaceae* [Cav.] Sendtn) basadas en la coloración del arilo, en la Zona Andina Venezolana. *Rev Cientif UDO Agric.* 2009; 9: 289-294.
 16. Bioversity International. Descriptors for tree tomato (*Solanum betaceum* Cav.) and wild relatives. Roma: Bioversity; 2013.
 17. Di Rienzo JA, Casanoves F, Balzarini MG, González L, Tablada M, Robledo CW. InfoStat [software estadístico]. Versión 2018. Córdoba: Universidad Nacional de Córdoba; 2018.
 18. Torres Romero F, Flores Pinzón LE. Cultivo de tomate de árbol bajo invernadero. Bogotá: ACAC; 2009.
 19. Pratt HK, Reid MS. The tamarillo: fruit growth and maturation, ripening, respiration, and the role of ethylene. *J Sci Fd Agric.* 1976; 27: 399-404.
 20. García Muñoz MC. Manual de manejo cosecha y poscosecha del tomate de árbol. Bogotá: Corpoica; 2008.
 21. Márquez CJ, Otero CM, Cortés M. Cambios fisiológicos, texturales, fisicoquímicos y microestructurales del tomate de árbol (*Cyphomandra betacea* S.) en poscosecha. *Vitae.* 2007; 14: 09-16.
 22. Portela, S. Fisiología y manejo de poscosecha del tamarillo (*Cyphomandra betacea*). *Av Hortic.* 1999; 4: 33-43.
 23. Fennema O. Química de alimentos. Zaragoza: Acribia; 1993.
 24. Prohens N. The tamarillo (*Cyphomandra betacea*): A review of a promising small fruit crop. *Small Fruits Rev.* 2001; 1: 43-68.
 25. Torres, A. Caracterización física, química y compuestos bioactivos de pulpa madura de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*) (Cav.) Sendtn. *Arch Latinoam Nutr.* 2012; 62: 381-388.
 26. Brito B, Espín S, Villacrés E, Valliant F, Torres N, Sañaicela D. Tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav): Características físicas y nutricionales de la fruta importantes en la investigación y desarrollo de pulpas y chips. Quito: INIAP; 2008.
 27. Ávila J. Caracterización de cuatro genotipos de tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav.) cultivados en Ecuador y estudio del efecto del estrés hídrico y luminoso sobre las propiedades físico-químicas en la poscosecha y estimación de la actividad antioxidante de los compuestos fenólicos del genotipo anaranjado Gigante [Master thesis]. Quito: EPN; 2009.