

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y AGROINDUSTRIA**

**Evaluación de la calidad poscosecha en genotipos mejorados e injertos de tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav.)**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO  
AGROINDUSTRIAL**

**VÍCTOR HUGO REVELO ENDARA**

**E-mail: [vhrevelo@hotmail.es](mailto:vhrevelo@hotmail.es)**

**DIRECTORA: ING. BEATRIZ BRITO GRANDES, M.Sc.**

**E-mail: [bbrito@uio.satnet.net](mailto:bbrito@uio.satnet.net)**

**CODIRECTOR: ING. EDWIN VERA, Ph.D.**

**E-mail: [edwin.vera@epn.edu.ec](mailto:edwin.vera@epn.edu.ec)**

**Quito, Junio 2011**

© Escuela Politécnica Nacional (2011)  
Reservados todos los derechos de reproducción

## DECLARACIÓN

Yo, Víctor Hugo Revelo Endara, declaro bajo juramento que el trabajo aquí escrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

---

Víctor Hugo Revelo Endara

## CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por el Sr. Víctor Hugo Revelo Endara, bajo mi supervisión.

---

Ing. Beatriz Brito Grandes, M.Sc.

**DIRECTOR DE PROYECTO**

---

Ing. Edwin Vera, Ph.D.

**CODIRECTOR DE PROYECTO**



*La presente investigación contó con el auspicio financiero del Proyecto D212-018 liderado por el Programa de Fruticultura y financiado por Fondos Fiscales “Mejoramiento de la productividad y calidad de la Fruticultura en la Región Litoral, Andina y Amazónica del Ecuador”. Esta investigación se ejecutó como actividad colaborativa del Departamento de Nutrición y Calidad de la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP*

## AGRADECIMIENTO

A la Escuela Politécnica Nacional y sus docentes, por los conocimientos y apoyo brindado durante mi estadía.

Al Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias, Programa de Fruticultura y Departamento de Nutrición y Calidad, que me dieron la oportunidad para realizar este estudio.

Al Proyecto D212-018 “Mejoramiento de la Productividad y Calidad de la Fruticultura en la Región Litoral, Andina y Amazónica del Ecuador”, por el financiamiento.

A la Ing. Beatriz Brito Grandes por su ayuda, comprensión, paciencia y sobre todo el apoyo en los momentos precisos. Al Dr. Edwin Vera, codirector de la tesis, por su aporte y todo el apoyo brindado para la consecución de este trabajo. A la Dra. Silvia Valencia, miembro del tribunal examinador, por su participación en la revisión y los aportes técnicos para este estudio.

Por su colaboración y ayuda desinteresada, al Dr. Wilson Vásquez, Ing. Pablo Viteri e Ing. Aníbal Martínez del Programa de Fruticultura. A la Dra. Susana Espín, Ing. Elena Villacrés, Dr. Iván Samaniego, Ing. Luis Egas, Agr. Bladimir Ortiz y Agr. Carmen Rosales, del Departamento de Nutrición y Calidad.

A mis compañeros y amigos.....

GRACIAS TOTALES

## DEDICATORIA

*A mi madre Alicia Esmeralda Endara por su amor incondicional ejemplo y sobre todo  
paciencia.*

*A mis hermanos Yesse y Fercho por hacer de cada momento único e inolvidable*

*A mi sobrina Alanice por alumbrar nuestras vidas con su sonrisa*

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

	<b>PÁGINA</b>
<b>RESUMEN</b>	
<b>INTRODUCCIÓN</b>	
<b>ABREVIATURAS</b>	
<b>1 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>1</b>
1.1 Botánica y cultivo del tomate de árbol	1
1.1.1 Origen y distribución del tomate de árbol	1
1.1.2 Clasificación taxonómica del tomate de árbol	2
1.1.3 Descripción botánica del tomate de árbol	2
1.1.4 Genotipos o cultivares del tomate de árbol	5
1.1.5 Manejo del cultivo del tomate de árbol	6
1.1.5.1 Agronomía del cultivo	7
1.1.5.2 Producción nacional y distribución geográfica	13
1.2. Mejoramiento agronómico de los frutales	15
1.2.1 Reproducción del tomate de árbol	15
1.2.2 Uso y manejo de portainjertos	15
1.2.2.1 Injerto	15
1.2.2.2 Portainjerto	16
1.2.3 Técnica de retrocruzamiento y aplicaciones	17
1.3. Calidad pre y poscosecha del tomate de árbol	18
1.3.1 Calidad pre cosecha del tomate de árbol	19
1.3.1.1 Análisis de factores precosecha	19
1.3.1.2 Índices de madurez	22
1.3.1.3 Frutas climatéricas y no climatéricas	23
1.3.2 Manejo poscosecha del tomate de árbol	24
1.3.2.1 Técnica y hora de recolección	24
1.3.2.2 Cosecha	25
1.3.2.3 Acopio	25
1.3.2.4 Selección y clasificación	25
1.3.2.5 Operaciones de limpieza	26
1.3.2.6 Secado	26
1.3.2.7 Empaque	26
1.3.2.8 Transporte	27
1.3.2.9 Distribución	27
1.3.3 Almacenamiento y conservación del tomate de árbol	28
1.3.3.1 Tipos de almacenamiento	28
1.3.3.2 Manejo de la temperatura de almacenamiento	29
1.3.3.3 Control de la humedad en el almacenamiento	29
1.3.3.4 Características de calidad del tomate de árbol	30
1.3.4 Aspectos de calidad en la comercialización del tomate de árbol	32

<b>2</b>	<b>PARTE EXPERIMENTAL</b>	<b>34</b>
2.1	Materiales	34
2.1.1	Materia prima	34
2.1.2	Equipos y accesorios	35
2.1.2.1	Materiales	35
2.1.2.2	Equipos	35
2.2	Evaluación de la calidad física, química y sensorial de los genotipos de tomate de árbol	36
2.2.1	Factores en estudio	36
2.2.2	Unidad experimental	37
2.2.3	Análisis estadístico	37
2.2.4	Manejo específico del experimento	38
2.2.5	Procedimiento	38
2.3	Elaboración de una tabla de color descriptiva en los genotipos de tomate de árbol	43
2.4	Selección y caracterización química y nutricional en los genotipos de tomate de árbol	43
2.4.1	Selección de los genotipos de tomate de árbol	43
2.4.2	Caracterización química y nutricional en los genotipos de tomate de árbol	44
2.4.2.1	Humedad	44
2.4.2.2	Cenizas	44
2.4.2.3	Fibra cruda	45
2.4.2.4	Extracto etéreo	45
2.4.2.5	Proteína	45
2.4.2.6	Macro y micro elementos minerales	45
2.4.2.7	Carotenoides totales	46
2.4.2.8	Antocianinas	46
2.4.2.9	Polifenoles	46
2.4.2.10	Azúcares totales	46
2.4.2.11	Azúcares reductores	46
2.5	Determinación de la vida en estante de la variedad anaranjado gigante con y sin injerto en dos condiciones de almacenamiento	47
2.5.1	Conservación en ambiente bajo cubierta	47
2.5.1.1	Factores en estudio	47
2.5.1.2	Unidad experimental	47
2.5.1.3	Manejo específico del experimento	47
2.5.1.4	Análisis estadístico	48
2.5.2	Conservación en ambiente controlado	48
2.5.2.1	Factores en estudio	48
2.5.2.2	Unidad experimental	48
2.5.2.3	Manejo específico del experimento	49
2.5.2.4	Análisis estadístico	49
2.5.3	Procedimiento para evaluar las variables de control	50
2.5.3.1	Pérdida de peso	50
2.5.3.2	Deterioro físico y patológico (visual)	50
2.5.3.3	Relación sólidos solubles/acidez titulable	51

<b>3.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>52</b>
3.1	Evaluar la calidad física, química y sensorial de los genotipos de tomate de árbol	52
3.1.1	Caracterización física	52
3.1.1.1	Peso	53
3.1.1.2	Relación largo/diámetro	54
3.1.1.3	Firmeza	54
3.1.1.4	Consistencia	54
3.1.1.5	Rendimiento	55
3.1.1.6	Color interno	56
3.1.2	Caracterización química	58
3.1.2.1	Sólidos solubles	59
3.1.2.2	pH	60
3.1.2.3	Acidez titulable	60
3.1.2.4	Vitamina C	61
3.1.2.5	Solanina	61
3.1.3	Análisis sensorial	62
3.2	Elaborar una tabla de color descriptiva en los genotipos de tomate de árbol	65
3.3	Seleccionar y caracterizar química y nutricionalmente los genotipos de tomate de árbol	69
3.3.1	Selección por calidad de los mejores genotipos de tomate de árbol	69
3.3.2	Caracterización química y nutricional de los genotipos seleccionados	72
3.4	Determinación de la vida en estante para la variedad anaranjado gigante con y sin injerto	74
3.4.1	Conservación en ambiente bajo cubierta	74
3.4.1.1	Determinación de parámetros físicos	76
3.4.1.2	Determinación de parámetros químicos	82
3.4.2	Conservación en ambiente controlado	88
3.4.2.1	Determinación de parámetros físicos	90
3.4.2.2	Determinación de parámetros químicos	96
<b>4.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>102</b>
4.1.	Conclusiones	102
4.2.	Recomendaciones	104
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>106</b>
	<b>ANEXOS</b>	<b>114</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

		<b>PÁGINA</b>
<b>Tabla 1.</b>	Principales plagas del tomate de árbol	12
<b>Tabla 2.</b>	Principales enfermedades del tomate de árbol	13
<b>Tabla 3.</b>	Superficie, rendimiento y producción del cultivo de tomate de árbol	14
<b>Tabla 4.</b>	Métodos de evaluación de la calidad de las frutas	22
<b>Tabla 5.</b>	Caracterización química de cuatro cultivares de tomate de árbol	30
<b>Tabla 6.</b>	Caracterización física de cuatro cultivares de tomate de árbol	31
<b>Tabla 7.</b>	Esquema del análisis de varianza para el cultivar anaranjado gigante	37
<b>Tabla 8.</b>	Esquema del análisis de varianza para retrocruzamientos	37
<b>Tabla 9.</b>	Esquema del análisis de varianza para segregantes	38
<b>Tabla 10.</b>	Esquema del análisis de varianza para conservación bajo cubierta del tomate de árbol	48
<b>Tabla 11.</b>	Esquema del análisis de varianza para conservación en ambiente controlado del tomate de árbol	49
<b>Tabla 12.</b>	Intensidad del deterioro físico y patológico	51
<b>Tabla 13.</b>	Caracterización física del cultivar anaranjado gigante con y sin injerto	52
<b>Tabla 14.</b>	Caracterización física de cinco retrocruzamientos de tomate de árbol	53
<b>Tabla 15.</b>	Caracterización física de cuatro segregantes de tomate de árbol	53
<b>Tabla 16.</b>	Rendimiento en pulpa, piel y semillas del cultivar anaranjado gigante	55
<b>Tabla 17.</b>	Rendimiento en pulpa, piel y semillas de 5 retrocruzamientos	56

<b>Tabla 18.</b>	Rendimiento en pulpa, piel y semillas de 4 segregantes	56
<b>Tabla 19.</b>	Parámetros del color en la pulpa del cultivar anaranjado gigante	56
<b>Tabla 20.</b>	Parámetros del color en la pulpa de 5 retrocruzamientos	57
<b>Tabla 21.</b>	Parámetros del color en la pulpa de 4 segregantes	57
<b>Tabla 22.</b>	Porcentaje de oscurecimiento en la pulpa de genotipos de tomate de árbol	58
<b>Tabla 23.</b>	Parámetros químicos del cultivar anaranjado gigante	59
<b>Tabla 24.</b>	Parámetros químicos de 5 retrocruzamientos	59
<b>Tabla 25.</b>	Parámetros químicos de 4 segregantes	59
<b>Tabla 26.</b>	Contenido de glicoalcaloides en 11 genotipos de tomate de árbol	62
<b>Tabla 27.</b>	Análisis sensorial del cultivar Anaranjado gigante con y sin injerto cosechado en tres 6 huertas comerciales	63
<b>Tabla 28.</b>	Análisis sensorial de 5 retrocruzamientos	63
<b>Tabla 29.</b>	Análisis sensorial de 4 segregantes	64
<b>Tabla 30.</b>	Caracterización nutricional de la pulpa de tres genotipos de tomate de árbol	72
<b>Tabla 31.</b>	Análisis de varianza para la firmeza, sólidos solubles, pH, acidez y relación de sabor en el almacenamiento bajo cubierta	75
<b>Tabla 32.</b>	Diferentes tipos de daños en el cultivar con y sin injerto de tomate de árbol, durante el almacenamiento bajo cubierta	81
<b>Tabla 33.</b>	Parámetros químicos del cultivar Anaranjado gigante con injerto en el almacenamiento bajo cubierta	<b>83</b>
<b>Tabla 34.</b>	Parámetros químicos del cultivar Anaranjado gigante sin injerto en el almacenamiento bajo cubierta	83
<b>Tabla 35.</b>	Relación de sabor para el cultivar anaranjado gigante con y sin injerto, almacenamiento bajo cubierta (17 °C y 59 % HR)	86
<b>Tabla 36.</b>	Variación del color en los cultivares con y sin injerto, durante el almacenamiento bajo cubierta	87

<b>Tabla 37.</b>	Análisis de varianza para la firmeza, sólidos solubles, pH, acidez titulable y relación de sabor en el almacenamiento en ambiente controlado	89
<b>Tabla 38.</b>	Diferentes tipos de daños en los cultivares con y sin injerto, durante el almacenamiento controlado ( $7 \pm 1^\circ \text{C}$ , 85 % HR)	95
<b>Tabla 39.</b>	Parámetros químicos del cultivar anaranjado gigante con injerto en ambiente controlado	96
<b>Tabla 40.</b>	Parámetros químicos del cultivar anaranjado gigante sin injerto en ambiente controlado	96
<b>Tabla 41.</b>	Relación de sabor para el cultivar anaranjado gigante con y sin injerto bajo almacenamiento en ambiente controlado	99
<b>Tabla 42.</b>	Variación del color en el cultivar anaranjado gigante con y sin injerto, almacenamiento a ambiente controlado	100

## ÍNDICE DE FIGURAS

		<b>PÁGINA</b>
<b>Figura 1.</b>	Biodiversidad de tomate de árbol	1
<b>Figura 2.</b>	Planta de tomate de árbol	3
<b>Figura 3.</b>	Forma de las hojas de tomate de árbol	3
<b>Figura 4.</b>	Flor de tomate de árbol	4
<b>Figura 5.</b>	Forma ovalada del fruto de tomate de árbol	4
<b>Figura 6.</b>	Pulpa y semilla del tomate de árbol	5
<b>Figura 7.</b>	Plantación de tomate de árbol	9
<b>Figura 8.</b>	Distribución geográfica de la producción de tomate de árbol	14
<b>Figura 9.</b>	Esquema de un retrocruzamiento	18
<b>Figura 10.</b>	Ganancia de peso durante el crecimiento del tomate de árbol	2
<b>Figura 11.</b>	Evolución del diámetro durante el crecimiento del tomate de árbol	20
<b>Figura 12.</b>	Incremento de la longitud durante el crecimiento del tomate de árbol	21
<b>Figura 13.</b>	Reducción de la firmeza durante el crecimiento del tomate de árbol	21
<b>Figura 14.</b>	Evolución del ° Brix durante el crecimiento del tomate de árbol	21
<b>Figura 15.</b>	Evolución de la acidez durante el crecimiento del tomate de árbol	21
<b>Figura 16.</b>	Evolución del índice de madurez durante el crecimiento y maduración del tomate de árbol	22
<b>Figura 17.</b>	Color para el tomate de árbol en cuatro estados de madurez	66

<b>Figura 18.</b>	Tabla de color para el tomate de árbol cultivar anaranjado gigante con injerto	67
<b>Figura 19.</b>	Tabla de color para el tomate de árbol cultivar anaranjado gigante sin injerto	67
<b>Figura 20.</b>	Tabla de color para el tomate de árbol segregante GT-41	68
<b>Figura 21.</b>	Tabla de color para el tomate de árbol segregante GT-45	68
<b>Figura 22.</b>	Relación de sabor para los tres grupos de genotipos de tomate de árbol	70
<b>Figura 23.</b>	Grupos de genotipos de tomate de árbol con mayor aceptabilidad de acuerdo al puntaje total del análisis sensorial	71
<b>Figura 24.</b>	Pérdida de peso del cultivar anaranjado gigante con injerto al ambiente bajo cubierta	76
<b>Figura 25.</b>	Pérdida de peso del cultivar anaranjado gigante sin injerto al ambiente bajo cubierta	77
<b>Figura 26.</b>	Firmeza del cultivar anaranjado gigante con injerto en conservación al ambiente	78
<b>Figura 27.</b>	Firmeza del cultivar anaranjado gigante sin injerto en conservación al ambiente natural	79
<b>Figura 28.</b>	Sólidos solubles en el cultivar anaranjado gigante con y sin injerto durante la conservación bajo cubierta	87
<b>Figura 29.</b>	Índice de oscurecimiento en el cultivar anaranjado gigante con y sin injerto durante la conservación al ambiente natural	88
<b>Figura 30.</b>	Pérdida de peso del cultivar anaranjado gigante con injerto, conservación en ambiente controlado	90
<b>Figura 31.</b>	Pérdida de peso del cultivar anaranjado gigante sin injerto, conservación en ambiente controlado	91
<b>Figura 32.</b>	Firmeza del cultivar anaranjado gigante con injerto, conservación en ambiente controlado	92
<b>Figura 33.</b>	Firmeza del cultivar anaranjado gigante sin injerto, conservación en ambiente controlado	93

<b>Figura 34.</b>	Sólidos solubles en el cultivar anaranjado gigante con y sin injerto, conservación en ambiente controlado	98
<b>Figura 35.</b>	Índice de oscurecimiento en el cultivar anaranjado gigante con y sin injerto durante la conservación en ambiente controlado	101

## ÍNDICE DE ANEXOS

	<b>PÁGINA</b>
<b>ANEXO A</b>	
Evaluación sensorial del nivel de aceptabilidad de la pulpa de tomate de árbol	114
<b>ANEXO B</b>	
Análisis estadístico de la selección por calidad de 11 genotipos de tomate de árbol	115
<b>ANEXO C</b>	
Graficas de parámetros de color instrumental	119
<b>ANEXO D</b>	
Análisis estadístico del diseño de la conservación de 2 cultivares de tomate de árbol bajo ambiente natural y controlado	120
<b>ANEXO E</b>	
Métodos de análisis de laboratorio para el valor nutricional del cultivar de tomate de árbol con y sin injerto	122
<b>ANEXO F</b>	
Esquema fotográfico en campo de la investigación	144

## RESUMEN

La presente investigación complementa una serie de estudios agronómicos realizados por el INIAP, encaminados a conseguir un mejoramiento genético varietal y cubrir estándares de calidad en función de la demanda.

Se seleccionó 3 de 11 genotipos de tomate de árbol, con base en los atributos físicos, químicos y sensoriales. Se eligieron los genotipos anaranjado gigante con injerto, retrocruzamiento GT-703-2 y segregante GT-41. Presentaron valores promedios de rendimiento en pulpa de 71,55, 60,60 y 68,23 %, alto contenido de sólidos solubles con 13,04, 12,72 y 14,24 °Brix, la acidez de 2,08, 2,07 y 1,34 g/100 g, relación de sabor con 6,27, 6,14 y 10,63. Además fueron los que sensorialmente presentaron las mayores puntuaciones para los atributos color, sabor, dulzor y aroma con valores de 19,36, 17,40 y 22,00 sobre una escala de 28 puntos. En los genotipos seleccionados se realizó un completo análisis nutricional, donde se determinó que el segregante GT-41 presentó alto contenido de sólidos solubles, carbohidratos y azúcares totales, azúcares reductores, carotenoides, polifenoles y calcio, con relación a los otros genotipos seleccionados.

Se determinó la vida en estante del cultivar anaranjado gigante con y sin injerto, en la fruta cosechada en madurez fisiológica, empacadas en gavetas plásticas y conservadas en dos condiciones ambientes: bajo cubierta (17 °C y 59 % HR) con muestreos de 0 a 30 días y controlado (7 °C y 85 % HR) con muestreos de 0 a 60 días. Se evaluó la pérdida de peso, la firmeza, la descripción visual de tres tipos de daños, los sólidos solubles, el pH, la acidez, el contenido de vitamina C y la relación de madurez o sabor. Se determinó que los dos genotipos pueden almacenarse bajo cubierta al ambiente durante 20 días y en frío hasta 45 días. Además se observó que el cultivar con injerto presentó un mejor comportamiento durante el almacenamiento bajo las dos condiciones.

Se realizó, en los genotipos anaranjado gigante con injerto y sin injerto, así como en los segregantes GT-39 y GT-41, tablas de color descriptivas, para el

conocimiento de los atributos de calidad en cuatro grados de color.

La caracterización física, química, sensorial y nutricional aporta información valiosa para la investigación y desarrollo de nuevos productos, ya que se tiene un conocimiento de la materia prima que va a ser sometida a las diferentes líneas de conservación y procesamiento agroindustrial.

## ABSTRACT

This research complements a series of agronomic made by the INIAP, aiming to achieve genetic improvement varietal and meet quality standards in accordance with demand.

Were selected 3 of 11 tree tomato genotypes, based on physical attributes, chemical and sensory. Genotypes were chosen giant orange graft backcross GT-703-2 and segregating GT-41. Showed average values of pulp yield of 71.55, 60.60 and 68.23%, high soluble solids content 13.04, 12.72 and 14.24 ° Brix, acidity of 2.08, 2.07 and 1.34 g/100 g, flavor ratio with 6.27, 6.14 and 10.63. Also presented were the sensory the highest scores for the attributes color, flavor, sweetness and aroma with values of 19.36, 17.40 and 22.00 on a scale of 28 points. In selected genotypes was a complete nutritional analysis, where it was determined that segregating GT-41 had a high content of soluble solids, carbohydrates and total sugars, reducing sugars, carotenoids, polyphenols and calcium, relative to other genotypes selected.

We determined the shelf life of the giant orange cultivar with and without grafting, fruit harvested at physiological maturity, packed in plastic drawers and preserved in two surrounding conditions: low indoor (17 ° C and 59% RH) with samples from 0 to 30 days and controlled (7 ° C and 85 % RH) with samples from 0 to 60 days. We evaluated the weight loss firmness, visual description of three types of damage, solids soluble, pH, acidity, vitamin C and the relationship maturity or taste. It was determined that the two genotypes can be stored under cover at room temperature for 20 days and 45 days cold. Addition cultivar showed that the graft had a better performance during storage under both conditions.

Color table was made for the giant orange genotypes with and without graft, and for segregating GT-39 and GT-41, for understanding quality attributes in four levels of color. The physical characterization, chemical, sensory and nutritional brings valuable information for research and development of new products, as they have an understanding of the raw

material will be submitted to the various storage and agro-processing.

The physical characterization, chemical, sensory and nutritional provides valuable information for research and development of new products, as they have an understanding of the raw material will be subjected to the various conservation and agro-processing.

## INTRODUCCIÓN

El tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav.), es una planta nativa de América del Sur, su centro de origen más probable son las selvas y los bosques de la zona ubicada en la reserva Tucumano – Boliviana al noroeste de Argentina y el sur de Bolivia (Revelo, *et al*, 2004).

Pueden encontrarse algunas similitudes, pero las distintas especies de tomate de árbol presentan sabores característicos y peculiares. Generalmente las frutas son fuente de sales minerales y vitaminas, constituyendo así un importante aporte nutricional. La calidad y el valor nutritivo de los frutos están influenciados por cambios físicos y químicos que ocurren durante su maduración, conservación y posterior elaboración. El estado de madurez a la cosecha, es uno de los principales factores que determinan su calidad, de él dependen el tamaño, la forma, la apariencia, el sabor y el aroma (Yahia e Higuera, 1992).

La producción nacional de tomate de árbol se ha incrementado en la última década, la información proporcionada por el Sistema de Información Geográfica y Agropecuaria (SIGAGRO) del MAGAP, señala que la superficie plantada en el año 2002 fue de 4.454 ha y para el año 2008 las estimaciones fueron de 5.740 ha, que es el último año para el cual se tienen los reportes (INEC, 2010)

Dada la importancia que han adquirido los rubros no tradicionales, entre los cuales se encuentra el tomate de árbol, con el fin de mejorar la capacidad competitiva y diversificar las exportaciones, es importante investigar la calidad de los productos. Es así, que como parte de las actividades del Programa Fitosanitario para el Agro, en la mitigación de barreras técnicas de acceso al mercado de Estados Unidos, se seleccionaron 12 productos del sector de frutas y vegetales frescos, entre los que se encuentra el tomate de árbol, debido a la importancia económica que tiene en el país, razón por la cual ha sido evaluado a través de un estudio que identifica los posibles problemas

fitosanitarios que puedan restringir el acceso a este mercado potencial (Cadena, 2003; Proexant, 2005).

Los cultivares de tomate de árbol no se conservan puros, por los cruzamientos entre los materiales que se cultivan en los huertos de los agricultores, presentando gran variabilidad genética con respecto a la gama de tonalidades de la pulpa que va del color anaranjado al morado. Debido a la baja resistencia a los nematodos del suelo, se hace necesaria la utilización de porta injertos resistentes como una alternativa apropiada y sostenible, para no depender exclusivamente del control químico y limitar, principalmente, el uso de pesticidas (León *et al*, 2004) (Viteri, *et al*, 2010).

Los resultados obtenidos en las investigaciones del Programa de Fruticultura del INIAP, permitieron conocer que las plantas que utilizaron solanáceas silvestres como porta injertos de tomate de árbol, siendo la INIAP 700 *Nicotiana glauca*, INIAP 701 (*Solanum auriculatum*) y la INIAP 702 Cujacu (*Solanum hispidum* Pers), son más pequeñas y precoces comparadas con las provenientes de semillas, además, presentan una copa más abierta por lo que necesitan mayor distancia de plantación con el fin de permitir el paso de la luz. La resistencia del tabaquillo a nemátodos, permite mejorar la producción debido al mayor rendimiento y longevidad de la planta (Viteri *et al*, 2010).

En la presente investigación se evaluó la calidad poscosecha de los genotipos de tomate de árbol provenientes de las provincias de Tungurahua y Pichincha, para lo cual se tuvo que cumplir con los siguientes objetivos específicos: Evaluar la calidad del tomate de árbol, en cinco retrocruzamientos, cuatro segregantes injertados con tabaquillo y en la variedad anaranjado gigante injertado en tabaquillo y sin injertar; desarrollar una tabla de color descriptiva de los genotipos de tomate de árbol; seleccionar y caracterizar química y nutricionalmente al menos en dos genotipos de tomate de árbol; determinar la vida en estante del tomate de árbol para la variedad anaranjado gigante con y sin injerto, en dos condiciones de almacenamiento.

## ABREVIATURAS

BCA:	bloques completamente al azar
C:	cromaticidad
cm <sup>3</sup> :	centímetros cúbicos
CV:	coeficiente de variación
CORPOICA:	Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria
DCA:	diseño completamente al azar
G.:	grupos
G.L.:	grados de libertad
HR:	humedad relativa
HPLC:	High Performance Liquid Chromatography
INEC:	Instituto Nacional de Estadísticas y Censos
INIAP:	Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias
IO:	índice de oscurecimiento
kg:	kilogramos
kg*:	kilogramo fuerza
L:	litros
L´:	luminosidad
m.s.n.m.:	metros sobre el nivel del mar
m:	metros
meq:	miliequivalentes
min:	minutos
mL:	mililitros
mm:	milímetros
ppm:	partes por millón
SIGAGRO:	Sistema de Información Geográfica y Agropecuaria
t:	Toneladas
TGA:	Totales glicoalcaloides
UV-VIS:	Ultravioleta Visible
uL:	Microlitros

# 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

## 1.1. BOTÁNICA Y CULTIVO DEL TOMATE DE ÁRBOL



**Figura 1.** Biodiversidad de tomate de árbol

### 1.1.1. ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN DEL TOMATE DE ÁRBOL

El tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav.), es una planta nativa de América del Sur, su centro de origen más probable son las selvas y los bosques de la zona ubicada en la reserva Tucumano – Boliviana al noroeste de Argentina y el sur de Bolivia. Debido a su diversidad genética encontrada, el norte de Perú y sur de Ecuador son considerados el centro de domesticación de esta planta, un ejemplo de ello es la biodiversidad que se presenta en la Figura 1 (Revelo *et al*, 2004).

Este frutal, en forma natural, se encuentra en Bolivia, Argentina, Venezuela, Ecuador, Perú y Colombia, comercialmente se lo cultiva en Colombia, Ecuador, Perú y en Nueva Zelanda donde fue introducido. Los países donde este frutal

se cultiva en menor escala son: Estados Unidos, México, países de América Central, Europa, África, Asia, Oceanía y Australia (Revelo *et al*, 2004).

En el Ecuador el tomate de árbol se cultiva en el callejón interandino, en las localidades comprendidas entre los 1500 y 2600 msnm; con temperaturas promedio entre los 16 y 22 °C (Feicán *et al*, 1999; Santillán, 2001).

### 1.1.2. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DEL TOMATE DE ÁRBOL

La clasificación taxonómica del tomate de árbol es la siguiente: (García y García, 2001)

Reino:	Vegetal
División:	Fanerógamas
Subdivisión:	Angiospermas
Clase:	Dicotiledóneas
Subclase:	Simpétalas
Orden:	Tubifloras
Familia:	Solanaceae
Género:	<i>Solanum</i>
Especie:	<i>Solanum betaceum</i> Cav.
Nombre común:	Tomate de árbol

Su nombre común varía según el país: tomate de árbol (Ecuador, Colombia); tree tomato (Inglaterra); tomate francés (Portugal); straiktomaad, terong blanda (Holanda); tomate de arbre (Francia); tomatobaum (Alemania); tomate de ají (España); tamarillo (Nueva Zelanda y Estados Unidos) (Revelo *et al*, 2004; Reyes, 2004).

### 1.1.3. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA DEL TOMATE DE ÁRBOL

El tamaño del sistema radicular del tomate de árbol está en relación con la corpulencia de la planta que debe sostener, y puede alcanzar profundidades hasta de 1 m. Es una planta arbustiva con tallo recto, de forma cilíndrica de 5 a

12 cm de diámetro, y se ramifica en dos o tres ramas a una altura que varía entre 1,5 y 2,0 m de acuerdo al genotipo, la copa alcanza alturas hasta de 3 m. La consistencia del tallo y ramas es semileñosa, la corteza es de color verde grisáceo, como se presenta en la Figura 2 (García y García, 2001; Revelo *et al*, 2004).



**Figura 2.** Planta de tomate de árbol

Las hojas, como de la Figura 3, son de forma acorazonada, alternas y se desarrollan en el tallo principal, alcanzan tamaños de 30 a 40 cm de largo, mientras que las hojas que se implantan en las ramas secundarias y terciarias, que forman la copa, miden 20 cm en promedio (León *et al*, 2004).



**Figura 3.** Forma de las hojas de tomate de árbol

Las flores son pequeñas, de aproximadamente 1 cm de diámetro, se ubican en la terminación de las ramas y presentan un color blanco, con franjas o moteados de color rosado tenue, dispuestas en pequeños racimos de hasta 40

flores. Tienen cinco pétalos y cinco estambres amarillos, como se muestra en la Figura 4 (García y García, 2001; León *et al*, 2004; Revelo *et al*, 2004).

La polinización en su mayor parte es autógama, aunque también tiene polinización alógama o cruzada ya que las flores abiertas son visitadas por las abejas que cumplen con su papel de polinizadores (Feicán *et al*, 1999).



**Figura 4.** Flor del tomate de árbol

El fruto es una baya que se encuentra suspendida por un pedúnculo largo, de forma ovalada, ovoide, esférico, trompiforme y piriforme. La forma más conocida es la ovalada presentada en la Figura 5 (Feicán *et al*, 1999).



**Figura 5.** Forma ovalada del fruto de tomate de árbol

La epidermis es lisa y brillante, el color varía entre los genotipos, desde el verde que es común en todos cuando es inmaduro, tomando tonalidades en su

estado de madurez de consumo de amarillo, anaranjado, rojo, púrpura oscura y jaspeadas de diferentes matices (León *et al*, 2004; Revelo *et al*, 2004).

Al ser una fruta no climatérica, resulta de mucha importancia el índice de madurez y corte, por lo que estos frutos por lo general se cosechan cerca de la madurez fisiológica o de consumo, para obtener las mejores características organolépticas (Saltos *et al*, 1998).

Las semillas son pequeñas, planas, circulares y lisas de color blanco amarillento, se encuentran recubiertas por una sustancia mucilaginosa, característica de este tipo de solanácea, la cual sirve como protección ante la penetración bacteriana, esta sustancia mucilaginosa y las semillas se encuentran adheridas firmemente a un tabique central o placenta, como se muestra en la Figura 6 (García y García, 2001, León *et al*, 2004).



**Figura 6.** Pulpa y semillas del tomate de árbol

#### **1.1.4. GENOTIPOS O CULTIVARES DEL TOMATE DE ÁRBOL**

Genotipo es la constitución genética de una célula, de un organismo, o de un individuo concreto dentro de una especie, que es heredada de sus progenitores. Es decir el conjunto de genes o factores hereditarios que posee un individuo determinado, dentro de una especie (Andrade, 2000).

Como el genotipo es específico de cada individuo, se puede agrupar dentro de este término varias denominaciones que se utilizan en este estudio como son segregantes, retrocruzamientos y cultivares (Pierce, 2009).

En el Ecuador los cultivares de tomate de árbol no se conservan puros, debido a los cruzamientos entre los materiales que se cultivan en los huertos de los agricultores, que presenta una gran variabilidad genética, que da como resultado frutos con una amplia gama de tonalidades entre el anaranjado y el morado (León *et al*, 2004; Revelo *et al*, 2004).

Entre los genotipos que se cultivan en el Ecuador, los más representativos y que se encuentran en campo de productores, son los cultivares anaranjado puntón, anaranjado redondo, anaranjado gigante, mora ecuatoriano y morado gigante; de los cuales, el anaranjado gigante es el de mayor producción, ya que presenta la calidad apreciada por el mercado (León *et al*, 2004; Torres, 2006).

#### **1.1.5. MANEJO DEL CULTIVO DEL TOMATE DE ÁRBOL**

El mejor desarrollo y producción del tomate de árbol se obtiene en los valles interandinos subtropicales y templados de la sierra ecuatoriana. Los requerimientos ambientales y edáficos son los siguientes (García y García, 2001; León *et al*, 2004):

Clima:	Templado seco y sub cálido húmedo
Temperatura:	13 °C – 24 °C
Humedad:	70 % - 87 %. Media anual
Pluviosidad:	600 – 1500 mm por año, bien distribuidas
Altitud:	1500 – 2800 msnm
Pendiente:	Es aconsejable utilizar los suelos entre ligeramente inclinados e inclinados (no mayor a 40 %)
Textura:	Franco, franco arenoso, sueltos, con buen drenaje y aireación
Acidez:	Ligeramente ácido (pH 5,6 – 7,0)
Tipo de suelo:	Ricos en materia orgánica

### 1.1.5.1. Agronomía del cultivo

- **Preparación del terreno**

Los árboles de tomate de árbol permanecen en la plantación al menos tres años, razón por la cual antes del establecimiento, es necesario, que se realice una adecuada selección del terreno y una buena preparación del suelo, con la finalidad de obtener las condiciones óptimas para el desarrollo de este frutal (Amaya y Julca, 2006).

Se deben evitar suelos con mal drenaje, ya que provocarán el estancamiento en el crecimiento de la planta y la muerte posterior, así como los que hayan sido ocupados por cultivos con problemas fitosanitarios radiculares similares al tomate de árbol, como el caso de tomate de riñón, fréjol, babaco, naranjilla, entre otros, susceptibles a nemátodos del género *Meloidogyne*, ya que las altas poblaciones de este patógeno repercutirán tempranamente en fuertes ataques, que pueden limitar el desarrollo del cultivo. La rotación de cultivos previo al establecimiento, especialmente con el uso de gramíneas como maíz, avena, trigo y pastos, pueden contribuir a disminuir las poblaciones de nemátodos y evitar el uso de grandes cantidades de químicos para la desinfección del suelo (Amaya y Julca, 2006; Parra, 2010).

Para iniciar la preparación del suelo en áreas planas o con poca pendiente, es necesario una limpieza que elimine en lo posible piedras y montículos pronunciados; luego, se debe aflojar el suelo mediante una arada y si es posible, con un sub soleo a una profundidad mayor a 50 cm, que destruyan las capas de suelo duras, que limiten la penetración de las raíces y el agua (León *et al*, 2004).

En ciertas condiciones como de pendiente pronunciada, será necesario implementar prácticas como curvas de nivel o terrazas individuales, se debe evitar remover el suelo entre los hoyos para reducir los efectos de la erosión. Es recomendable que el suelo recién trabajado, se deje expuesto por 15 días a la acción de los agentes meteorológicos y de los controladores naturales, para

contribuir a eliminar de esta manera los diferentes estados de insectos plaga, ácaros, nemátodos y enfermedades (Amaya *et al*, 2006).

- **Plantación**

La primera actividad es el trazado, que consiste en cuadrar el terreno, procediéndose a marcar el sitio donde se abrirán los hoyos y se ubicarán las plantas de acuerdo a las distancias de plantación, para ello se utiliza cementina o estacas de madera. Existen diversos factores que influyen en la decisión para determinar las distancias de plantación en el establecimiento del huerto, donde es importante considerar el tipo de planta (semilla o injertada), el cultivar, las condiciones ambientales, la topografía del terreno, la maquinaria a utilizarse, y el área disponible, entre otros (Calvo, 2009).

Las distancias de plantación reducidas se emplean para hacer plantaciones más compactas y evitar el excesivo desgaje de las ramas por el peso de la fruta y el efecto del viento, pero producen excesivo sombreado entre los árboles, que reduce la eficiencia fotosintética de las hojas, que causa efectos negativos sobre la productividad y calidad de la fruta, además dificulta el control fitosanitario. Por el contrario, las distancias de plantación amplias, permiten la formación de árboles vigorosos de alto rendimiento y calidad de fruta, facilitan las labores de manejo, especialmente en el control de plagas, pero reducen el número de plantas por unidad de superficie, desaprovechando el recurso tierra, que da como resultado un huerto de baja eficiencia productiva (Morales, 2001; Parra, 2010).

Se recomienda distancias de 1,5 m x 2,0 m (3333 plantas/ha) y 2,0 m x 2,0 m (2500 plantas/ha), las cuales pueden variar si se consideran las características del material vegetal a emplearse y el lugar del cultivo. Una alternativa de plantación es la formación de bloques de producción, que consiste en plantar 2 o 3 hileras de plantas a 1,5 m ó 1,8 m de distancia, con el método conocido como *tres bolillo*, se deja caminos entre los bloques de 2,5 m a 3,0 m, que permitirá un mejor ingreso de la luz hacia los bloques de las plantas y moverse de mejor manera por los caminos para realizar las aplicaciones fitosanitarias y

fertilizaciones foliares, que incidirá en obtener plantas de menor altura y fruta de mejor calidad, lo indicado se puede apreciar en la Figura 7 (Parra, 2010).



**Figura 7.** Plantación de tomate de árbol

Las plantas para un buen desarrollo inicial necesitan que exista una adecuada condición nutricional o fertilidad de los suelos. Los análisis químicos y físicos del suelo son importantes para determinar las cantidades disponibles o asimilables de los diferentes elementos, como el contenido de materia orgánica, textura, pH, presencia de sales, entre otros, que permitirán definir las cantidades complementarias de los fertilizantes y abonos y las fuentes a emplearse en el suelo previo a la plantación y durante la fase de mantenimiento del cultivo (León *et al*, 2004).

Para el trasplante de las plántulas en el campo deberán evitarse los meses ventosos y de mayor temperatura, se recomienda realizarlo antes de finalizar el período de lluvias con el fin de mantener húmedo el suelo y el ambiente para elevar los porcentajes de prendimiento. Un día antes del trasplante se procede a regar las plantitas para que mejoren su nivel de turgencia y no tengan problemas de deshidratación y estrés posterior (Amaya *et al*, 2006).

En el caso de plantas injertadas, se debe dejar libre el injerto y evitar cubrirlo con tierra para que no se franquee y se pierdan los beneficios del patrón o cultivar silvestre. En este tipo de plantas, además, deberá colocarse un tutor de madera de al menos 7 cm de diámetro y 2,5 m de altura, al momento del trasplante, para dar soporte a las plantas y evitar el volcamiento o

desprendimiento de las raíces del suelo y la rotura de las ramas por efectos del viento o el exceso de peso de la fruta. Una vez colocada la planta en el hoyo, se rellenan los espacios con el sustrato y se apisona para eliminar espacios de aire; luego de acuerdo al caso, se hacen pequeñas coronas alrededor de la planta o por los surcos establecidos, se riega el cultivo (Calvo, 2009).

La planta de tomate de árbol tiene un crecimiento acelerado durante el primer año, así durante los primeros 5 a 6 meses mantiene un estado juvenil en el que es favorecido el crecimiento vegetativo en altura y la formación de grandes hojas, el sistema radicular va creciendo lento pero de manera continua, en esta fase, son importantes los aportes de nitrógeno, fósforo, calcio, microelementos y materia orgánica (León *et al*, 2004).

A partir de los 6 meses, la planta entra en un estado de equilibrio productivo – vegetativo, ya que se inicia la floración y la ramificación del tallo principal y de las ramas secundarias, las hojas son más abundantes pero de menor tamaño, las ramas mantienen alta producción de inflorescencias y frutos en diferentes estados de desarrollo, que al final del año empiezan a cosecharse. En este período se deben aportar cantidades crecientes de nitrógeno, potasio, magnesio, azufre, calcio, y materia orgánica para nutrir la planta y evitar desequilibrios en el suelo, además microelementos como boro, zinc y manganeso vía foliar (Parra, 2010).

Durante el segundo año, la planta presenta un estado mayormente productivo, que luego decrece momentáneamente si se mantiene un buen estado nutricional y se realiza una poda para eliminar ramas débiles, enfermas y secas, puede continuar la producción con calidad por 8 meses más, caso contrario la producción comienza a bajar en cantidad y calidad hasta el final del tercer año y durante el tiempo que se mantenga el cultivo. En este período se debe estabilizar las cantidades de nutrientes, aportando fórmulas completas en que predominen especialmente potasio y nitrógeno a fin de conservar por mayor tiempo la calidad y producción del árbol (León *et al*, 2004).

El comportamiento descrito de las fases de desarrollo del tomate de árbol, deja ver que este frutal demanda grandes cantidades de nutrientes, ya que tiene un crecimiento rápido inicial y luego mantiene una producción de flores y frutos en diferentes estados de manera permanente, por lo que se debe realizar los aportes de fertilizantes y abonos de forma periódica para satisfacer sus necesidades (Morales, 2001).

La poda del tomate de árbol, se recomienda para reducir el tamaño de la planta y fortalecer el vigor de los tallos, sobre todo en zonas de mayor nubosidad, donde las plantas tienen la tendencia a alargarse demasiado. Esta práctica consiste en despuntar o podar la yema terminal, cuando la planta ha alcanzado entre 50 a 60 cm de altura, esto provoca la brotación de varias yemas bajo el corte, debiéndose seleccionar tres brotes bien ubicados para que formen la copa. Este tipo de poda retrasa por lo menos en un mes la entrada en producción (León *et al*, 2004; Morales, 2001).

Cuando la planta se encuentra en crecimiento, es necesario eliminar brotes jóvenes o chupones que aparecen sobre el tallo principal, a fin de eliminar la competencia y favorecer su vigor. Además se deben eliminar las hojas bajas iniciales, si están enfermas, ya que su poda anticipada reduce el área fotosintética de la planta y el vigor de los tallos. En las plantas adultas, muchas veces es necesario realizar la poda de las ramas y las hojas enfermas, o acortar las ramas sanas pero débiles que producen flores y frutos de mala calidad, podándolas a brotes más bajos y vigorosos para recuperar la calidad (Amaya *et al*, 2006).

Es recomendable, después de realizada la poda, desinfectar las heridas, mediante la aplicación de fungicidas a base de cobre, formando una pasta (Calvo, 2009).

Cuando las superficies cultivadas son pequeñas o existe disposición de mano de obra, el control de malezas se puede realizar manualmente con el uso preferentemente de rastrillos. Para evitar el uso de otras herramientas como palas o azadones, las labores de deshierba deben realizarse cuando las

malezas tengan poco tiempo de emergidas, caso contrario el corte con machete o cortadora a motor son una buena alternativa (Amaya *et al*, 2006).

Un tratamiento preemergente es la aplicación en los caminos de un herbicida como el diurón, en dosis de 2 kg/ha, que es absorbido por la radícula de las semillas o de las plantitas recién germinadas. No se debe usar herbicidas en los dos primeros meses de plantación, hasta que se establezcan plenamente. Un método de control post emergente es la utilización de herbicidas como el glifosato, en dosis de 6 L/ha, que actúa cuando las malezas han brotado y tienen un área foliar que permite la absorción del producto (Amaya *et al*, 2006; Calvo, 2009).

Una vez que en la planta empieza a engrosar la fruta, es necesario tomar medidas preventivas para evitar el desgaje o rotura de las ramas secundarias, caso contrario por el peso de la fruta las ramas se dañan y ocasionan pérdidas al productor. Se deben amarrar las ramas entre sí, con el uso de materiales como excedentes de las fábricas textiles, que a más de tener buena durabilidad, no causan heridas en el tejido del árbol, que se ocasiona con el uso de la paja plástica. En el caso de las plantas injertadas, las ramas pueden ser amarradas al tutor recomendado al momento del trasplante (León *et al*, 2004).

En la Tabla 1 se presenta un resumen de las principales plagas y en la Tabla 2 de las principales enfermedades del tomate de árbol.

**Tabla 1.** Principales plagas del tomate de árbol

<b>Plaga agente causal</b>	<b>Daños y Hábito</b>	<b>Síntomas</b>	<b>Control</b>
Pulgones o áfidos ( <i>Aphis sp.</i> y <i>Myzus sp.</i> )	Insectos (chupadores)	El envés de las hojas tiernas y cogollos sufren deformaciones.	Con químicos solubles en agua, desde el vivero y durante todo el cultivo.
Chinche foliado o patón ( <i>Leptoglossus zonatus.</i> )	Insectos (chupadores)	Chupan frutos generando zonas endurecidas. Se presentan puntos oscuros en los puntos que cambian de color depende de la madurez del fruto.	Eliminar plantas hospederas, y recolección y enterrado de frutos atacados. Con químicos solubles en agua.
Gusanos trozadores ( <i>Agrotis sp.</i> )	Larva (masticadores)	Se alimentan de la base de los tallos y producen el volcamiento de la plántula.	Control alternado con químicos solubles en agua.

Fuente: García *et al*, 2008

**Tabla 2.** Principales enfermedades del tomate de árbol

<b>Enfermedad</b>	<b>Agente causal</b>	<b>Síntomas</b>	<b>Control</b>
Antracnosis ( <i>Colletotrichum gloesporoides</i> )	Hongo	Ataca frutos en cualquier estado de desarrollo las ramillas y hojas. Se presentan lesiones negras que pueden llegar a cubrir todo el fruto, poseen bordes definidos y el centro hundido.	Realizar podas de saneamiento, destrucción de frutos contaminados, uso de materiales con resistencia genética. Realizar aspersiones foliares de fungicidas a base de cobre.
Lancha o tizón tardío ( <i>Phytophthora infestans</i> )	Hongo	En el haz y en el envés de las hojas se producen manchas redondeadas de color café negruzcas y en el tallo, lesiones de color negro brillante, de consistencia ligeramente acuosa.	Respetar distancias de siembra y revisar en forma semanal el cultivo. Aplicaciones preventivas y en forma alternada de fungicidas de contacto y sistémicos con adherentes.
Mancha negra del tronco ( <i>Fusarium solani</i> )	Hongo	Se presentan como lesiones necróticas de color pardo en la parte media del tronco y luego como manchas extensivas de color brillante.	Eliminar la maleza. Control químico mediante aspersiones foliares de fungicidas a base de cobre.
Cenicilla o Mildeu ( <i>Oidium</i> sp)	Hongo	Manchas oscuras rodeada de un polvillo de color blanquecino en el haz y en el envés de las hojas inferiores viejas.	Realizar podas de mantenimiento. Aplicación en forma alternada de fungicidas preventivos a base de azufre.
Alternariosis ( <i>Alternaria</i> sp)	Hongo	Presencia de una mancha oscura con anillos concéntricos que aumenta de tamaño.	Eliminar hojas enfermas. Utilizar mismos fungicidas que para el control de lancha.
Fusariosis ( <i>Fusarium oxysporum</i> )	Hongo	Provoca flacidez y marchitamiento de las hojas. El sistema radical presenta una pudrición seca, con necrosis de color café o castaño oscuro.	Cortar las malezas con machete al ras del suelo, no con pala ni azadón.
Moho blanco ( <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> )	Hongo	En el tallo se producen lesiones de color café donde aparece un moho blanco y en el interior del tallo produce esclerosis.	Realizar surcos de drenaje y destruir plantas enfermas.
Nudo de la raíz ( <i>Meloidogyne incognita</i> )	Nemátodo	El nematodo daña la parte radicular y hace que las plantas afectadas luzcan pequeñas, amarillentas y marchitas.	Rotación de cultivos. Utilizar nematicidas como carbofurán.

Fuente: Garcia *et al*, 2008

### 1.1.5.2. PRODUCCIÓN NACIONAL Y DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA

La producción nacional de tomate de árbol se ha incrementado en la última década, la información proporcionada por el Sistema de Información Geográfica y Agropecuaria del MAGAP, presentada en la Tabla 3, señala que la superficie cosechada en el año 2000 fue de 2220 ha y para el año 2008 las

estimaciones fueron de 3475 ha, que es para el último año que tienen los reportes con las tendencias (SIGAGRO, 2010).

**Tabla 3.** Superficie, rendimiento y producción del cultivo de tomate de árbol

AÑO	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Superficie Cosechada (ha)	2.280	2.472	2.220	2.017	2.536	2.842	3.457	4.741	4.236	1.978	3.475
Rendimiento (t/ha)	9,282	7,760	8,268	8,858	4,377	8,211	5,231	4,552	7,511	6,192	2,874
Producción (t)	21.163	19.183	18.354	17.867	11.100	23.335	18.085	21.580	31.816	12.247	9.988

Fuente: SIGAGRO, 2010

En el Ecuador, el porcentaje de las provincias con mayor producción del tomate de árbol en el año 2009, representadas en la Figura 8 fueron: Tungurahua (39,2 %), Chimborazo (22,2 %), Azuay (14,1 %), Pichincha (10,0 %), e Imbabura (4,8 %) (Lucas *et al*, 2010).



**Figura 8.** Distribución geográfica de la producción de tomate de árbol (Instituto Geográfico Militar del Ecuador, 2010)

## **1.2. MEJORAMIENTO AGRONÓMICO DE LOS FRUTALES**

### **1.2.1. REPRODUCCIÓN DEL TOMATE DE ÁRBOL**

El tomate de árbol se puede propagar sexualmente por semillas, y asexualmente de forma vegetativa mediante la obtención de estacas, acodos, ramas o injertos (Amaya *et al*, 2006).

Para la extracción de las semillas, se corta el fruto, se extraen, se lavan y se secan en la sombra, para luego ser colocadas en un congelador durante 24 horas, con el fin de acelerar la germinación y romper la dormancia, luego se colocan las semillas en bandejas. El 100 % de las semillas germinarán entre 4 a 6 días (Amaya *et al*, 2006).

### **1.2.2. USO Y MANEJO DE PORTA INJERTOS**

#### **1.2.2.1. Injerto**

Es una técnica de multiplicación que consiste en unir porciones distintas en la planta, de tal manera que haya soldadura y pase la savia, con la formación de una especie de simbiosis, que constituye un único individuo capaz de crecer y desarrollarse (Castelló, 1983; Bonfiglioli, 1999).

Los componentes de un injerto son la púa y el patrón. La púa es una porción del tejido meristemático, conocido como yema, en éste se encuentra la mayor actividad celular y hormonal. El patrón es la parte encargada de llevar o acoger a esta yema, sirve de soporte y provee de nutrientes a la púa. Los patrones pueden ser de plántula si provienen de semilla ó clonales si provienen de estacas o acodos (Rojas *et al*, 2004).

El injerto suele usarse para combinar características valiosas de patrón y púa. Así, las ramas o yemas de árboles que producen frutos de calidad se injertan en plantas más resistentes que producen frutos de menor calidad. Es también

un método de multiplicación de variedades sin semillas, como las naranjas y uvas sin semillas (Rojas *et al*, 2004).

El uso del injerto es para obtener plantas homogéneas que produzcan precozmente, con el fin de incrementar la calidad de los frutos y la productividad (Climet, 1985).

#### **1.2.2.2. Portainjerto**

El portainjerto o patrón, es una planta o solo las raíces con un poco de tronco de una de ellas, que proporciona el sistema radicular al árbol y por tanto está por debajo de la superficie del suelo y a nivel de éste. Patrón y variedad se unen por técnicas de injerto. La unión entre las partes debe ser total y debe garantizarse la continuidad de la combinación. Es muy frecuente que las partes unidas pertenezcan a especies distintas y entre todas no existe afinidad (Muncharaz, 2003).

Se puede injertar sobre sujetos provenientes de semilla, de estaca, de vástago o acodado y de esquejes. La planta debe haber adquirido una buena consistencia leñosa, junto con un adecuado desarrollo del tronco, para que sobre ésta pueda ser practicado el tipo de injerto elegido. Cuando existe un retraso en el desarrollo se descartan o se espera un tiempo antes de injertarlos (Rigau, 1983).

La utilización de material injertado en fruticultura, para evitar las desventajas de diversidad proporcionados por la siembra y reproducción sexual, posibilita que tanto la parte aérea como subterránea tenga unas características que se acoplen a las necesidades requeridas (Muncharaz, 2003).

Aunque el injerto se ha usado desde hace cientos de años, la mayoría de los viveros que utilizan portainjertos para la multiplicación de las plantas se han desarrollado en el siglo XX. El uso del patrón se justifica ya que proporciona mayor vigor a la combinación, mayor precocidad en la maduración, resistencia a determinados parásitos del suelo, mejoran el sistema radicular de la variedad,

como puede ser la resistencia a la sequía, a alguna enfermedad o plaga de las raíces y mejor absorción de nutrientes (Reina, 1995; Muncharaz, 2003).

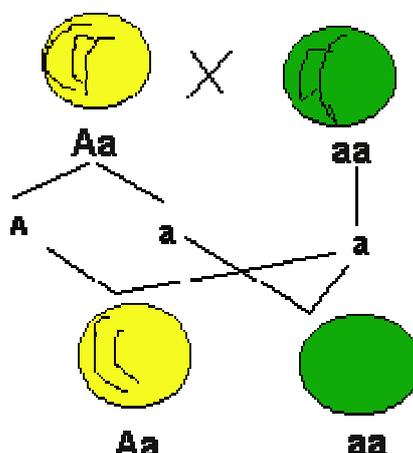
### 1.2.3. TÉCNICA DE RETROCRUZAMIENTO Y APLICACIONES

El retrocruzamiento conocido o *cruzamiento prueba*, se refiere al cruce de un descendiente híbrido de primera generación con uno de los padres o con un genotipo idéntico al paterno, en otras palabras, consiste en cruzar el fenotipo (características obtenidas por el genotipo con el ambiente o entorno) dominante con la variedad homocigota recesiva. Sirve para diferenciar el individuo homocigótico del heterocigótico (Cubero, 2002; Pierce, 2009).

El retrocruzamiento es relacionado como un método por el cual evolucionan las especies de cultivo y da resultados que son predecibles y repetibles. En este método se transfieren ciertas características de la especie *aa* a la especie *Aa* sin cambiar la integridad de la especie *Aa*. Se presenta en la naturaleza cuando los productos procedan de un cruce de las dos especies, donde, se cruza varias veces, durante diversas generaciones a la especie *Aa*. Los repetidos cruces con la especie *Aa* significa que la población toma las características de *Aa*. Sin embargo, por azar o por selección natural, algunas características de *aa* sobreviven el proceso y se añaden a la especie *Aa*. Cuando este proceso es controlado con precisión, se llama el *método de cría retrocruzamiento*. La especie *Aa* se llama el padre recurrente y la especie *aa* es el padre donante. Las características o genes de *aa* añadido a los puntos *Aa* se denominan genes bajo o transferencia, que se visualiza en la Figura 9 (Pierce, 2009; Briggs, 1967; Mangiarotti, 1987).

Para el éxito del método de retrocruzamiento, es básica la existencia de una variedad superior con resultados probados. Por lo general, esta variedad está disponible en la mayoría de las zonas con un sistema avanzado de agricultura. A menudo, la variedad es deficiente en uno o en unos pocos aspectos, así el objetivo principal del retrocruzamiento y del fitomejoramiento genético en general, es incrementar la producción y la calidad de los productos agrícolas por unidad de superficie, en el menor tiempo, con el mínimo esfuerzo y al

menor costo posible. Esto se logra con la obtención de nuevas variedades o híbridos de alto potencial, es decir, que produzcan más en la menor área de terreno posible, y que se adapten a las necesidades del agricultor y el consumidor (Briggs, 1967; Cubero, 2002).



**Figura 9.** Esquema de un retrocruzamiento  
(<http://docencia.izt.uam.mx/ibs/Gen%20ticaMendeliana.pdf>)

Con el mejoramiento genético de las plantas se espera contribuir sustancialmente a una mayor productividad agrícola; sin embargo, esto no se puede llevar a cabo simplemente con el potencial genético de las variedades, sino mediante la obtención de variedades que establezcan su producción a través de la resistencia o tolerancia a las malezas, a los daños causados por las plagas y enfermedades, a la sequía, al calor, el frío, el viento o a otros factores negativos. Además, deben poseer mayor eficiencia fisiológica en la absorción de nutrientes; ser capaces de aprovechar mejor el agua, los fertilizantes y, en general, ser tolerantes a determinado factor ambiental, características que tienden a controlar las fluctuaciones extremas de los rendimientos (Briggs, 1967).

### **1.3. CALIDAD PRE Y POSCOSECHA DEL TOMATE DE ÁRBOL**

En la cadena de producción y comercialización, la cosecha es una operación de gran importancia ya que la fruta es separada de la fuente de alimento, por lo tanto tiene que sobrevivir por sí misma. Para alcanzar tiempos prolongados sin deterioro de su calidad, se deben tener aspectos tanto inherentes a la fruta

como también aspectos logísticos que aseguren la reducción de posibles causas de daños. Entre los primeros se tiene el patrón respiratorio de la fruta, es decir, si se trata de una fruta climatérica o no climatérica; la intensidad o tasa de respiración, el grado de madurez y el estado sanitario al momento de la recolección. Los aspectos logísticos incluyen todos aquellos relacionados con la determinación del momento óptimo de recolección y la planeación de esta actividad (Cadena, 2003).

### **1.3.1. CALIDAD PRE COSECHA DEL TOMATE DE ÁRBOL**

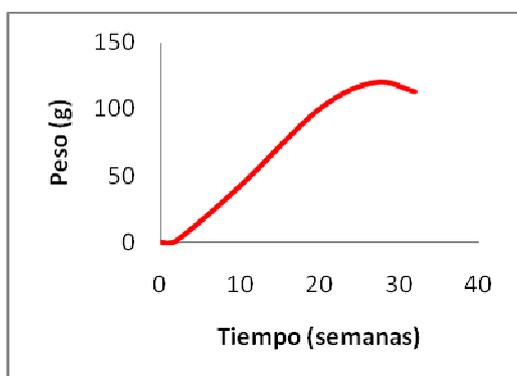
#### **1.3.1.1. Análisis de factores precosecha**

Las condiciones climáticas y ambientales afectan el tamaño del tomate de árbol, en las zonas productoras de Colombia, cuando tuvieron largos periodos secos conllevaron a frutos de menor tamaño y se evidenciaron altos porcentajes de antracnosis cuando provenía de cultivos expuestos a tiempos lluviosos y humedades relativas mayores al 90 %; en la zona de Buenavista del departamento de Boyacá, se presentaron frutos con lesiones redondeadas, con bordes de color café y centro blanco debido a la presencia de granizo (García *et al*, 2008).

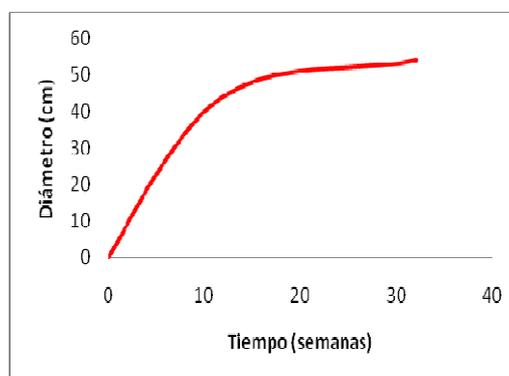
Por lo general, la edad del cultivo influye en las dimensiones del fruto, los frutos con tamaños superiores fueron aquellos pertenecientes a cultivos jóvenes de aproximadamente entre uno a uno y medio año de edad, una de las causas de este comportamiento es la cantidad de nutrientes asimilados por el fruto. Entre los factores que más se ve afectado por la edad del fruto es la producción, ésta presenta un ascenso hasta llegar a un máximo para luego descender, en el tomate de árbol se pueden presentar dos picos de producción durante su vida útil, el primero entre los dos y dos y medio años, y el segundo a los tres años y tres años y medio; sin embargo no se debe olvidar que la producción también varía de acuerdo al estado fitosanitario, el manejo agronómico, el clima y la fertilidad del suelo (García *et al*, 2008).

Las curvas de maduración son una herramienta para decidir el momento de corte, o determinar la frecuencia de recolección, las cuales no son absolutas, ya que pueden ser modificadas por las condiciones agroecológicas y por el manejo del cultivo. Estas curvas permiten determinar en qué momento la fruta alcanza la madurez fisiológica, con los valores óptimos de sabor, aroma, color, consistencia, etc., que la hacen atractiva para el consumidor (García, 2008).

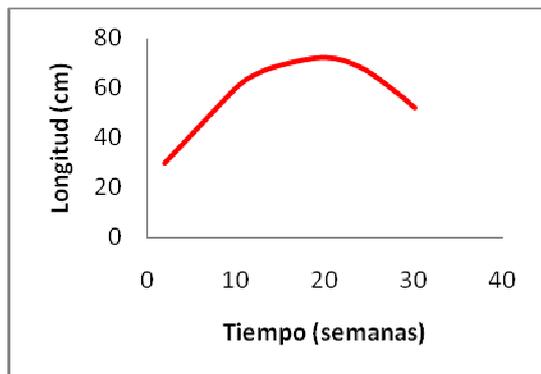
La Figura 10 muestra como el fruto del tomate de árbol mantiene una ganancia de peso constante hasta alrededor de la semana 25 de maduración, por lo tanto desde el punto de vista de esta característica de peso, sería conveniente programar la recolección alrededor de esta semana. Con respecto a la evolución del diámetro y la longitud, se observa en las Figuras 11 y 12 como la fruta presenta un rápido crecimiento en las primeras quince semanas, después del cual se estabiliza, mostrando cambios mínimos. En la Figura 13 se observa como la firmeza del tomate de árbol disminuye durante su período de crecimiento y maduración, que se explica por la degradación de los compuestos hemicelulósicos y pécticos (García, 2008).



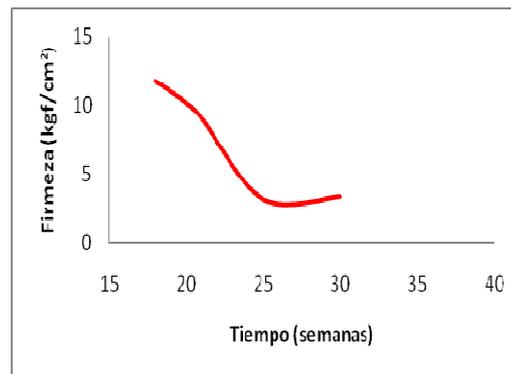
**Figura 10.** Ganancia de peso durante el crecimiento del tomate de árbol (García, 2008)



**Figura 11.** Evolución del diámetro durante el crecimiento del tomate de árbol (García, 2008)

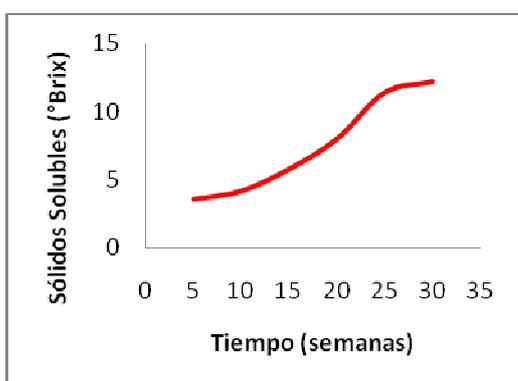


**Figura 12.** Incremento de la longitud durante el crecimiento del tomate de árbol (García, 2008)

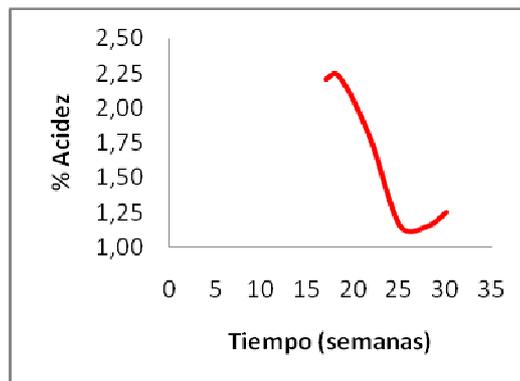


**Figura 13.** Reducción de la firmeza durante el crecimiento del tomate de árbol (García, 2008)

Los sólidos solubles se incrementan lentamente hasta la semana 20, con valores de 4 a 8 °Brix, durante las semanas 20 a 25 alcanza los 12 °Brix, después de la semana 27 parece estabilizarse, (Figura 14) y al considerar que el tomate de árbol es una fruta no climatérica, debería recolectarse después de la semana 23, cuando ha alcanzado un buen nivel de sólidos solubles, recomendación que depende del comportamiento de la acidez. En la Figura 15 se presenta la evolución de los ácidos orgánicos responsables de la acidez, que disminuyen de manera rápida desde la semana 20 hasta la semana 25; por lo tanto si el mercado requiere de una fruta dulce y baja en acidez, se debería cosechar después de la semana 22, cuando la fruta ha alcanzado un buen balance entre el contenido de azúcares y ácidos orgánicos (García *et al*, 2008).

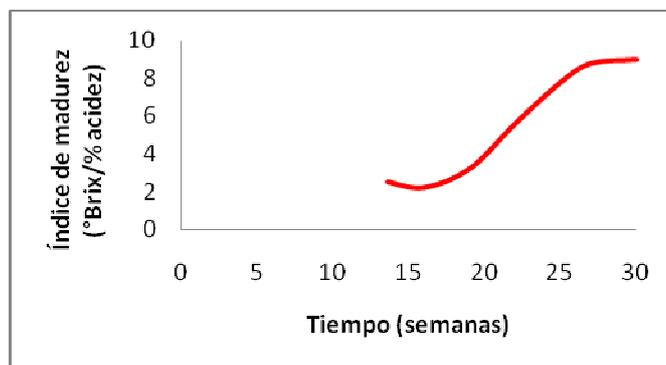


**Figura 14.** Evolución de los sólidos solubles durante el crecimiento del tomate de árbol (García, 2008)



**Figura 15.** Evolución de la acidez titulable durante el crecimiento del tomate de árbol (García, 2008)

En la Figura 16 se muestra la evolución del índice de madurez, el cual aumenta de manera uniforme hasta la semana 25, después de la cual parece alcanzar su máximo nivel. Con estas consideraciones la fruta se debería recolectar después de la semana 23, cuando ya está muy cerca al punto de mayor desarrollo de sus características organolépticas (García *et al*, 2008).



**Figura 16.** Evolución del índice de madurez durante el crecimiento y maduración del tomate de árbol

**Fuente:** García, 2008

### 1.3.1.2. Índices de madurez

En la Tabla 4 se presentan los métodos de evaluación más comunes para determinar los índices de madurez en las frutas.

**Tabla 4.** Métodos de evaluación de la calidad de las frutas

TIPO DE MÉTODO	FACTORES	COMPONENTES
FÍSICOS	Apariencia (visual)	Tamaño: dimensiones, peso, volumen Aspecto y forma: diámetro/profundidad, radio, porosidad, uniformidad Color: uniformidad, intensidad Brillo: cera natural en la superficie Defectos: externos, internos, morfológicos, físicos y mecánicos, patológicos, entomológicos
	Textura (tacto)	Firmeza, dureza, suavidad, crocancia, succulencia, jugocidad, harinosidad, dureza, fibrosidad
ORGANOLÉPTICOS	Sabor (gusto y olfato)	Dulzor, acidez, astringencia, amargura, aroma, Sabor
QUÍMICOS	Valor nutricional	Carbohidratos, proteínas, lípidos, vitaminas minerales, sólidos solubles, acidez
BIOLÓGICOS	Seguridad	Tóxicos naturales. Contaminantes (químicos residuales, metales pesados). Micotoxinas. Contaminación microbiana
CRONOLÓGICOS	Campo	Tiempo desde la floración o siembra hasta la maduración. Unidades de calor (grados/día)
FISIOLÓGICOS	Comportamiento	Intensidad respiratoria, rendimiento en pulpa, producción de etileno

**Fuente:** Kader, 2002; Yahia e Higuera, 1992

El tomate de árbol alcanza su madurez de cosecha comercial, entre la semana 21 y 24 semana después de la floración, aunque depende del cultivar y el área de producción. El principal índice de madurez es la retención de color completamente rojo o amarillo, característico del cultivar. Puede tener un mínimo contenido de sólidos solubles de 10 °Brix (NTC, 1997; Kader, 2005).

A pesar de que los índices nombrados anteriormente son los más utilizados, se puede emplear la consistencia de la pulpa que debe estar entre 3 a 7 kg/cm<sup>2</sup>, la prueba de almidón, que debe ser parcialmente negativa, la relación de sabor y fisiológicamente se debe calcular la intensidad respiratoria (Proexant, 2005).

### **1.3.1.3. Frutas climatéricas y no climatéricas**

Dependiendo de la intensidad respiratoria y la producción de etileno en la maduración, las frutas presentan comportamientos diferentes, por lo que se distinguen dos tipos: las climatéricas y las no climatéricas (Kader, 2002).

Cuando termina la etapa de crecimiento celular, la fruta está en proceso de maduración fisiológica y cuando esta termina inicia la maduración (organoléptica o sensorial) que coincide con un aumento en la actividad respiratoria hasta completarla, misma que disminuye con el envejecimiento de la fruta. El máximo incremento en la tasa de respiración, se denomina pico climatérico o climaterio. Las frutas climatéricas muestran un incremento en la producción de CO<sub>2</sub> y la producción de etileno, donde logran su mayor tamaño, se ablandan y desarrollan su sabor y aroma característicos (Wills *et al*, 1998).

Las frutas no climatéricas después de cosechadas no presentan los procesos de maduración organoléptica y los cambios se producen por degradación en la senescencia. Estas frutas tienen una actividad respiratoria muy alta durante la división celular, la cual declina paulatinamente a medida que su etapa de crecimiento se completa, con una baja producción de CO<sub>2</sub> y etileno durante la maduración fisiológica, comportamiento que se conserva hasta la senescencia, donde puede ocurrir un leve aumento de esta actividad (Gallo, 1997).

El tomate de árbol se considera una fruta no climatérica que posee una tasa de respiración constante de 35 mg CO<sub>2</sub>/kg.h a los 20 °C y una producción de etileno menor a 0,10 µL/kg.h a 20 °C (Portela, 1999)

### **1.3.2. MANEJO POSCOSECHA DEL TOMATE DE ÁRBOL**

La poscosecha refleja de manera positiva o negativa el manejo precosecha. Poscosecha es el período que transcurre desde el momento en que los productos son recolectados hasta cuando son consumidos en estado fresco, preparados o transformados industrialmente. Este período depende de varios factores intrínsecos y extrínsecos del producto como la variedad, estado de desarrollo, grado de madurez o color al cosechar, comportamiento fisiológico, sanidad, distancias entre los centros de producción y consumo, medio de transporte, condiciones ambientales y medios de conservación (Reina, 1998).

La poscosecha incluye todas las operaciones y procedimientos tendientes no sólo a movilizar el producto desde el productor hasta el consumidor, sino también a proteger su integridad y preservar su calidad de acuerdo a sus características físico-químicas y biológicas (Reina, 1998).

#### **1.3.2.1. Técnica y hora de recolección**

La buena calidad del tomate de árbol se obtiene cuando la cosecha se hace en el color adecuado, es decir en el estado 4 o 5 definido por la Norma Técnica Colombiana, NTC (1997). Los frutos inmaduros resultan de mala calidad y su cambio de color se produce en forma irregular. Por otra parte, el retraso de la cosecha aumenta su susceptibilidad a la pudrición, lo cual disminuye la calidad y valor en el mercado (García, 2008; Zárate, 1991).

En cuanto a los cuidados de recolección, los frutos deben cosecharse con el pedúnculo hasta el primer nudillo para evitar pudriciones posteriores, evitar golpes, rozaduras y lesiones producidas por la forma de recolección; se debe depositar los productos en empaques no muy altos para evitar el magullamiento de los que quedan en las capas inferiores por el peso de los

superiores; se debe recolectar las frutas secas y los cosechadores deben mantener las uñas cortas. Para la recolección es recomendable utilizar canastillas plásticas (García *et al*, 2008; García, 2008).

Según Zárate, (1991), al cosechar los productos se debe escoger las horas más frescas del día para evitar pérdidas de peso por transpiración.

#### **1.3.2.2. Cosecha**

La cosecha se realiza en forma manual, empleándose tijeras de podar para que los frutos tengan su pedúnculo para una mejor conservación, durante la cosecha la fruta debe ser manipulada con cuidado para evitar golpes o heridas que posteriormente causarán el deterioro de ésta. La cosecha se debe realizar empleando bolsas cosechadoras, acopiando luego la fruta en jabas plásticas, para su traslado a la bodega de clasificación, selección y embalaje (García *et al*, 2008; León *et al*, 2004).

#### **1.3.2.3. Acopio**

Hay que evitar dejar el producto recolectado a la intemperie, protegerlo de la lluvia, el viento, el calor y el frío excesivo. De lo contrario se deshidratará, se marchitará y su vida posterior será muy corta. El acopio se puede localizar en casetas rústicas construidas cerca al cultivo o en un sitio sombreado como el corredor de la casa (García *et al*, 2008; Reina, 1998; Zárate, 1991).

#### **1.3.2.4. Selección y clasificación**

La selección se hace para separar las unidades buenas de las regulares y malas, y para desechar del lote todos aquellos productos que no sean aptos para la conservación y el consumo. Se realiza en forma manual, ya que es la mejor manera de detectar defectos, daños, color, estado de madurez, firmeza y enfermedades del fruto (García *et al*, 2008).

La clasificación se hace con el objeto de obtener uniformidad. Al clasificar se agrupan los productos de acuerdo con una característica en común (tamaño, color, estado de desarrollo). Puede hacerse en forma manual o mecánica, esta última es la más recomendable para obtener uniformidad en los lotes (Polania, 1985; Reina, 1998; Zárate, 1991).

#### **1.3.2.5. Operaciones de limpieza**

Se realizan con el fin de remover cualquier sustancia o cuerpo extraño adherido a la superficie del producto como tierra, residuos químicos y microorganismos. Estas operaciones son el lavado, desinfección y secado (Reina, 1998).

El lavado se puede hacer por inmersión o aspersion y sirve para mejorar el aspecto del producto y remover la tierra, látex y residuos de fungicidas o insecticidas presentes, (Ávila, 2009; García *et al*, 2008; Reina, 1998).

La desinfección se puede realizar con una usa una solución de 200 ppm de tiabendazol, amonio cuaternario o hipoclorito de sodio (2 %) en concentración de 200 ppm (Ávila, 2009; Reina, 1998).

#### **1.3.2.6. Secado**

Es importante para remover el exceso de agua superficial en la fruta, que puede provocar pudriciones. Puede secarse por escurrido, colocando en sitios con buena ventilación, protegidos de los rayos solares y protegidos de fuentes de contaminación como animales o abonos (Ávila, 2009; Reina, 1998).

#### **1.3.2.7. Empaque**

El empaque sirve para proteger el producto contra daños mecánicos como los producidos por impacto, reducir las pérdidas, caídas y vibraciones, permitir el intercambio de calor propio de campo y el calor de respiración. Los requerimientos de empaque varían mucho, depende de las condiciones a las

que se encontrará la fruta desde el productor, al empacador y al consumidor (Zárate, 1991; García *et al*, 2008).

Generalmente para el mercado local se utilizan jabs plásticas de 60 \* 40 \*18 cm que alcanzan una capacidad de 25 kg o también se emplean costales de fibra de polipropileno con capacidad para 40 kg (Ávila, 2009).

#### **1.3.2.8. Transporte**

El transporte se inicia en el campo en los sitios de cosecha o acopio, desde esos lugares efectúan el envío los minoristas, intermediarios y mayoristas (Reina, 1998; Zárate, 1991).

Para seleccionar el transporte adecuado es necesario tomar en cuenta factores como la distancia y tiempo para llegar al mercado, tratamientos anteriores al transporte, empaque, condiciones ambientales durante el transporte, distribución y precio del producto (Reina, 1998).

En el transporte de corta duración, el producto debe protegerse contra daños mecánicos y la exposición a temperaturas extremas. Se debe evitar el manejo grosero durante el cargue o descargue (García, 2008).

En el transporte de la fruta a distancias largas se tiene el riesgo adicional de deterioro debido al calentamiento excesivo y el marchitamiento (García, 2008; Reina, 1998).

#### **1.3.2.9. Distribución**

La distribución se efectúa por medio de personas, vehículos, etc. Así el número de veces que el producto se ha movido y sus implicaciones sobre los costos de comercialización son suficientes para percibir el impacto del transporte (Zárate, 1991).

### **1.3.3. ALMACENAMIENTO Y CONSERVACIÓN DEL TOMATE DE ÁRBOL**

Almacenar es la operación de guardar un producto en condiciones específicas de temperatura, humedad relativa y atmósfera por determinado tiempo, con el fin de mantener la calidad para la comercialización (Reina, 1998).

Con el almacenamiento se logra no solo mantener la calidad del producto, sino controlar la saturación de la fruta en el mercado, permitir una comercialización más ordenada, mejorar el surtido de frutas y reducir las pérdidas causadas por la putrefacción (CORPOICA, 2000).

#### **1.3.3.1. Tipos de almacenamiento**

- **Almacenamiento a temperatura ambiente**

Este almacenamiento depende de la temperatura y humedad de cada sitio, razón por la que es difícil controlarlo. La fruta se coloca en un lugar limpio, con ventilación y que permita la entrada de aire, el piso debe ser de cemento, libre de contaminación y radiación solar. Es recomendable colocar la fruta espaciada y no se debe apilar en cantidades altas (CORPOICA, 2000).

- **Almacenamiento en cámaras refrigeradas**

Es un método de almacenamiento artificial que consiste en enfriar el producto en cuartos fríos. Este sistema se usa principalmente en productos que tienen una vida de poscosecha relativamente larga y que toleran un ritmo lento de eliminación del calor. El producto puede ser enfriado dentro de cajas después de ser seleccionado y empacado (Arias y Toledo, 2000).

El calor se elimina a través del material de empaque, razón por la cual, el uso de empaques con aberturas, favorece la eficiencia del método. En la mayoría de los casos, es mejor realizar el enfriamiento con aire forzado en un ambiente separado de un cuarto grande de almacenamiento refrigerado. Para el tomate

de árbol, este almacenamiento debe estar entre 3 y 4 °C, ya que a menor temperatura se produce daño por frío (Hardenburg et al, 1988; Picha, 2004).

- **Enfriamiento con aire forzado**

El aire establece un contacto estrecho con el producto, lo cual favorece un enfriamiento más rápido. Para esto se usa un extractor de aire que genera una ligera gradiente de presión (Arias y Toledo, 2000).

La humedad relativa para enfriar el tomate de árbol debe ser entre 85 al 90 %, dentro de las 2 horas siguientes a la cosecha, para bajar la temperatura interna en la pulpa entre 6 y 8 °C. La tasa de enfriamiento puede ser hasta cinco veces más rápida con el uso de aire forzado, que el enfriamiento en cuarto frío (Picha, 2004).

### **1.3.3.2. Manejo de la temperatura en el almacenamiento**

En la conservación, la temperatura es el factor ambiental más importante y de mayor influencia en el deterioro de las frutas y hortalizas. Si la temperatura se incrementa diez grados sobre el valor óptimo, el porcentaje de deterioro se incrementa de dos a tres veces más, ya que la velocidad de una reacción química aumenta exponencialmente al crecer la temperatura (Kader, 2002).

### **1.3.3.3. Control de la humedad en el almacenamiento**

La humedad relativa es la principal causa que afecta a la transpiración en las frutas y se define como el cociente de la presión del vapor de agua en el aire. Cuando el producto está rodeado por aire con humedad relativa baja, significa, que la presión de vapor del aire es baja con respecto a la máxima presión de vapor de agua que se pueda lograr a esta temperatura, este máximo valor siempre está muy cerca al de la presión de vapor del agua en la superficie del producto, lo que hace fluir el vapor de agua hacia el aire; mientras más grande sea la diferencia entre las presiones del vapor, mayor será la pérdida de peso (Kader, 2002; Yahia e Higuera, 1992).

La humedad del ambiente debe estar a un nivel donde la presión de vapor sea similar a la del interior del producto, lo cual se consigue con valores de humedad relativa de 85 a 95 %, se recomienda no sobrepasar estos límites debido a que la condensación del vapor de agua puede producir microorganismos (Picha, 2004).

#### 1.3.3.4. CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD DEL TOMATE DE ARBOL

Los cultivares de tomate de árbol comercializados en el Ecuador presentan características físicas apreciables por el mercado, en la Tabla 5 se presenta la caracterización química y en la Tabla 6 la caracterización física de cuatro cultivares de tomate de árbol, resultados reportados en base húmeda.

**Tabla 5.** Caracterización química de cuatro cultivares de tomate de árbol

CULTIVARES		Anaranjado gigante	Morado gigante	Mora ecuatoriano	Amarillo puntón
ANÁLISIS					
Humedad (%)		87,16±1,17	89,21±0,22	89,26±0,86	88,28±0,04
Cenizas (%)		0,81±0,03	0,80±0,00	0,89±0,01	0,86±0,01
pH		3,76±0,04	3,45±0,01	3,92±0,03	3,77±0,00
Acidez TituLable (% a. cítrico)		1,87±0,04	1,91±0,02	1,70±0,01	1,89±0,02
Vitamina C (mg/g)		0,33±0,19	0,28±0,23	0,40±0,59	0,29±1,07
Sólidos Solubles (°Brix)		12,7±1,00	10,7± 1,00	10,6±1,20	11,3±0,73
Azúcares Totales (%)		8,13±0,08	4,49±0,06	4,65±0,15	3,33±0,02
Azúcares Reductores (%)		4,69±0,14	2,71±0,01	2,40±0,09	2,64±0,05
Polifenoles Totales (mg/g)		0,84±0,01	0,83±0,01	1,37±0,03	0,92±0,00
Antocianinas (DO <sub>544nm</sub> )		-----	3,43±0,02	3,81±0,08	-----
Carotenoides Totales (mg/g)		0,23±0,12	-----	-----	0,22±1,55
Azúcares	Glucosa (%)	1,38±0,03	1,17±0,03	1,29±0,04	1,49±0,01
	Fructosa (%)	1,64±0,10	1,34±0,02	1,47±0,04	1,76±0,01
	Sacarosa (%)	2,21±0,03	1,86±0,01	1,62±0,00	1,60±0,02
Ácidos Orgánicos	Ácido Cítrico (mg/g)	7,22±0,23	9,19±0,31	7,40±0,25	8,29±0,13
	Acido Málico (mg/g)	1,12±0,04	No Detectable	1,52±0,10	2,45±0,04

Fuente: Torres, 2006

El parámetro obtenido al relacionar los sólidos solubles y la acidez titulable proporciona información sobre el grado de madurez y el sabor de la fruta, oscila entre 5,6 y 6,8 para cultivares de tomate de árbol estudiados (Torres, 2006).

En el análisis de macroelementos de los cuatro cultivares de tomate de árbol se reportó un alto contenido de potasio y magnesio, valor que oscila entre 3,43 % y 1,18 % respectivamente, atributo de interés no solo para la nutrición, sino para la salud humana. Dentro de los microelementos se establece que el tomate de árbol contiene hierro, zinc, cobre y manganeso, elementos que tienen la capacidad de prevenir ciertas enfermedades por mal nutrición, como por ejemplo la anemia por deficiencia de hierro (Torres, 2006).

Las hojas y los frutos (sobre todo los inmaduros) de casi todas las especies de las solanáceas, entre los que se encuentra el tomate de árbol, contienen glicoalcaloides, que son toxinas naturales que se encuentran ampliamente distribuidas en las plantas y son sintetizadas como parte de un mecanismo de defensa, principalmente la solanina y la chaconina. Factores abióticos, por ejemplo, la radiación intensa y la temperatura elevada también aumentan los niveles de glicoalcaloides de las solanáceas (Martínez, 2002).

La toxicidad de los glicoalcaloides es bien conocida y estudiada, ya que se han reportado intoxicaciones y muertes de humanos causadas por el consumo accidental de altas concentraciones de glicoalcaloides. Dosis de 2 a 5 mg/kg producen síntomas de intoxicación y dosis de 3 a 6 mg/kg son mortales para los seres humanos (Bialy *et al*, 1999; Zeiger, 1998).

**Tabla 6.** Caracterización física de cuatro cultivares de tomate de árbol

CULTIVARES ANÁLISIS	Anaranjado gigante	Morado gigante	Mora ecuatoriano	Amarillo puntón
Peso (g)	102,51 ± 11,59	117,16 ± 15,65	92,56 ± 19,76	64,99 ± 8,61
Largo (cm)	7,08 ± 0,46	7,27 ± 0,77	6,59 ± 0,73	6,27 ± 0,40
Diámetro (cm)	5,32 ± 0,38	5,43 ± 0,43	5,15 ± 0,47	4,43 ± 0,22
Relación L/D	1,34 ± 0,18	1,34 ± 0,12	1,28 ± 0,10	1,42 ± 0,07
Firmeza (kg-f)	7,27 ± 1,31	6,39 ± 1,52	7,00 ± 1,8	2,08 ± 0,45
Color externo (°H)	61 ± 8,39	62 ± 1,69	41 ± 10,68	59 ± 2,77
Color externo (C)	27,92 ± 3,46	27,58 ± 4,47	17,12 ± 0,81	26,74 ± 2,73
Color interno (°H)	77 ± 1,89	58 ± 4,98	66 ± 21,02	78 ± 0,89
Color interno (C)	33,53 ± 6,79	14,85 ± 4,63	6,19 ± 3,56	37,17 ± 3,84

Fuente: Torres, 2006

En la caracterización física del tomate de árbol el cultivar morado gigante se caracteriza por tener mayor peso, con 117,16 g; mientras que el cultivar

amarillo puntón tiene una mayor relación L/D, con 1,42 y la mayor firmeza corresponde al cultivar Anaranjado gigante 7,27 kg-f con relación a los demás; los cultivares Morado gigante y Amarillo puntón tienen elevado rendimiento de pulpa a fruta con 78,47 y 78,62 %, respectivamente (Torres, 2006).

#### **1.3.4. ASPECTOS DE CALIDAD EN LA COMERCIALIZACIÓN DEL TOMATE DE ÁRBOL**

La calidad es una percepción compleja de muchos atributos que son evaluados simultáneamente en forma objetiva o subjetiva por el consumidor. La calidad global de los alimentos, tal y como va a apreciar el consumidor final, debe lograrse por la interacción de todos los participantes en el sector para lo cual es imprescindible implantar sistemas de aseguramiento de la calidad y herramientas de control (Valero y Ruiz, 1998; López, 2003).

La producción hortofrutícola constituye un componente importante de la producción agraria. La aplicación de las normas de calidad de los productos hortofrutícolas es un instrumento para mejorar su comercialización, ya que tendrá por efecto eliminar del mercado los productos de escasa calidad, orientar la producción a satisfacer a los consumidores, facilitar las relaciones comerciales, mejorar la rentabilidad del sector productor y ayudar a establecer un sistema correcto de información de precios y tendencias (Moscoso, 1984).

La normalización sólo puede ser plenamente efectiva si se aplica en todas las fases de la comercialización. Sin embargo, se deben prever excepciones para determinadas operaciones que se llevan a cabo al principio del circuito de la comercialización, así como para los productos enviados a las industrias de transformación (López, 2003).

La NTC-4105 (1997) y la Comisión del Códex Alimentarius (2008), establecen para todas las categorías, de conformidad con las tolerancias permitidas para el tomate de árbol las siguientes regulaciones: estar enteros, sanos; deberán excluirse los productos afectados por podredumbre o deterioro que no sean aptos para el consumo, exentos de cualquier materia extraña visible y libres de daños causados por las plagas que afecten al aspecto general del producto, así

como cualquier olor y/o sabor extraños. Deben estar libres de humedad externa anormal, salvo la condensación consiguiente a su remoción de una cámara frigorífica, de consistencia firme, con aspecto fresco y tener un pedúnculo cuya longitud estará dada por la distancia hasta el primer nudo.

Los tomates de árbol deben recolectarse cuidadosamente y alcanzado un grado apropiado de desarrollo y color 4 o 5, teniendo en cuenta las características de la variedad comercial, así como la zona en que se producen. La condición de los tomates de árbol deben ser tales puedan soportar la manipulación, y llegar aptos para el consumo a su destino (NTC, 1997).

En el Ecuador, la comercialización de tomate de árbol se realiza de manera artesanal, los productores lo comercializan a los mayoristas o personas intermediarias en cajas de madera o en saquillos, (Lucas *et al*, 2010).

El productor puede vender la fruta en el campo; cosechar y vender la fruta en sacos de polietileno al mayorista, o empacar en cajas de madera, fletar un transporte y llevar a vender la fruta en el mercado mayorista, o bien ampliar los canales de comercialización al vender directamente al consumidor como es la venta en cajón, en camioneta, alternativa que algunos productores utilizan en ferias libres o en las calles y avenidas, cuando tienen su producción relativamente cerca de un centro urbano (Lucas *et al*, 2010).

Otra alternativa de comercialización del fruto es vender su producción, previo acuerdo escrito, con un supermercado como en Ecuador el Supermaxi, Mi Comisariato, Megamaxi, Hipermarket, entre otros, teniendo la ventaja de conocer de antemano la producción solicitada por éste y se asegura la venta total o parcial de su producción (Lucas *et al*, 2010; Valero y Ruiz, 1998).

## **2. PARTE EXPERIMENTAL**

### **2.1 MATERIALES**

#### **2.1.1 MATERIA PRIMA**

Los materiales utilizados fueron muestreados de una huerta experimental y un invernadero en el Programa de Fruticultura ubicado en la Granja Experimental Tumbaco del INIAP en la provincia de Pichincha y de tres huertas comerciales de la provincia de Tungurahua.

El cultivar anaranjado gigante injertado en tabaquillo y sin injertar, fue cosechado de las tres huertas comerciales que tienen los productores en la provincia de Tungurahua.

Los cinco retrocruzamientos que se encontraron bajo invernadero correspondieron a *Solanum betaceum* x (*Solanum betaceum* x *Cyphomandra uniloba*) siendo los siguientes: GT-703-2, GT-703-7, GT-703-8, GT-703-13 y GT-703-14.

Los cuatro segregantes preseleccionados por la resistencia a la antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides*), pertenecen a estudios anteriores realizados por el INIAP para el mejoramiento genético del tomate de árbol y se encontraban en una huerta experimental y son los siguientes: GT-18, GT-39, GT-41 y GT-45.

La cosecha de la fruta se realizó de manera manual, con el uso de guantes de pitón y tijeras, con el fin de evitar heridas en el punto de abscisión, la recolección se realizó en gavetas plásticas previamente desinfectadas. Para evitar que se lastime la fruta, se cortó con una parte del pedúnculo, para impedir diferentes tipos de daños.

## 2.1.2 EQUIPOS Y ACCESORIOS

### 2.1.2.1 Materiales

- Balones de vidrio, Kimax de 25, 50, 100, 250 y 1 000 mL
- Barras agitadoras magnéticas
- Bureta graduada, Kimax de 25 mL
- Cajas petri pequeñas, Kimax
- Cuchillos de varios tamaños, Stainless Steel
- Embudos de vidrio simples, Kimax
- Erlenmeyer de vidrio, Kimax, 125 mL
- Espátulas metálicas y plásticas
- Frascos plásticos estériles
- Fundas de cierre hermético y estériles, Zipploc
- Gavetas, bandejas y cernidores plásticos
- Papel filtro, Whatman # 40
- Papel parafilm
- Papeles absorbentes
- Picetas de plástico 500 mL
- Pipetas graduadas de vidrio, Kimax de 10 mL
- Soporte universal metálico
- Test de ácido ascórbico, Merck artículo 1.16981, de 25 - 450mg/L
- Vasos de precipitación de vidrio, Kimax, 50 y 100 mL
- Vasos de precipitación de plástico, Nalgene, 500 y 1 000 mL

### 2.1.2.2 Equipos

- Balanza, UWE Geniweigher, modelo HGM - 2 000, capacidad 2 kg,  $\pm 0,1$  g
- Cámara fotográfica, Cannon
- Congeladora, Electrolux, modelo H400, hasta  $- 18$  °C. Brasil
- Consistómetro Bostwick, Scientific Company, modelo P36446. USA
- Cronómetro, Thomas Scientific modelo 5 500, 4 canales, capacidad 1 s a 99 h, 59 min, 50 s. USA

- Cuarto de congelación, Cora – Zanotti, modelo VGM220623F, 10 a -25 °C, volumen 5,73 m<sup>3</sup>, capacidad 150 kg/m<sup>3</sup>. Italia ensamblado en Ecuador
- Cuarto de conservación, Cora – Zanotti, modelo MGM110299F, 0 a 8 ± 2 °C, volumen 5,73 m<sup>3</sup>, capacidad 150 kg/m<sup>3</sup>. Italia ensamblado en Ecuador
- Destilador, Millie-Q Academic. USA
- Estufa Thelco, modelo 130M, rango de 65 – 250 °C. USA
- Hidrotermógrafo digital, Oakton, modelo 3575A56, rango de 0 a 100 % HR, temperatura de -30 a 50 °C. Israel
- Humidificador OB, modelo GPRA – 103. Suiza
- Incubador agitador, Precision Scientific
- Licuadora, Oster, modelo 4655, capacidad 2 L y 250 mL
- Liofilizador, Labconco, modelo 1400, -40 °C, de 33 E-3 a 133 E-3 Mbar
- Medidor de color, ColorTec-PCMTM. USA
- Nonio o calibrador digital, Mitutoyo, modelo CD – 8” C – B ± 0,01 mm. Brasil
- Penetrómetro manual, Wagner, modelo Gullimex 0,5-12,7 kg. USA
- pHmetro, HANNA, modelo HI83141, pH de 0 – 14, ± 1999 mV, de 0 – 100 °C
- Reflectómetro, Merck, modelo RQ flex 16970. Alemania
- Refractómetro, ATAGO, modelo Handhel, de 0 – 32 Brix

## **2.2 EVALUACIÓN DE LA CALIDAD FÍSICA, QUÍMICA Y SENSORIAL DE LOS GENOTIPOS DE TOMATE DE ÁRBOL**

### **2.2.1 FACTORES EN ESTUDIO**

Representan los genotipos de tomate de árbol en el estado de madurez fisiológica, cosechados en las provincias de Tungurahua y Pichincha.

### **2.2.2 UNIDAD EXPERIMENTAL**

La unidad experimental estuvo constituida por 2 kg de fruta de cada genotipo, que se distribuyeron para las tres repeticiones, tanto para las determinaciones físicas, como las determinaciones químicas y el análisis sensorial.

### 2.2.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se realizó un análisis estadístico mediante medidas de tendencia central, como la media, la desviación estándar y el coeficiente de variación, con el uso del programa Microsoft Excel 2007.

Para cada variable se aplicó un diseño completamente al azar (DCA) conjuntamente con la prueba de significación de Tukey al 5 %, para lo cual se utilizó el programa Statgraphics Plus 4.0.

En las Tablas 7, 8 y 9 se presentan los esquemas del análisis de varianza.

**Tabla 7.** Esquema del análisis de varianza para el cultivar anaranjado gigante

<b>Fuentes de Variación</b>	<b>Grados de libertad</b>
Total	17
Huertas	2
Cultivares	1
Interacción	
Huertas x cultivares	2
Error experimental	12

**Tabla 8.** Esquema del análisis de varianza para retrocruzamientos

<b>Fuentes de Variación</b>	<b>Grados de libertad</b>
Total	15
Tratamientos	4
Error Experimental	11

**Tabla 9.** Esquema del análisis de varianza para segregantes

<b>Fuentes de Variación</b>	<b>Grados de libertad</b>
Total	11
Tratamientos	3
Error Experimental	8

### 2.2.4 MANEJO ESPECÍFICO DEL EXPERIMENTO

Las muestras se tomaron de las huertas comerciales en la provincia de Tungurahua y en la Granja Experimental Tumbaco en la provincia de

Pichincha. La parte experimental se realizó en el Área de Investigación y Desarrollo de Procesos y Productos - 3 y el Laboratorio de Servicio de Análisis e Investigación de Alimentos (LSAIA), del Departamento de Nutrición y Calidad del INIAP.

### **2.2.5 PROCEDIMIENTO**

#### **Caracterización física, química y sensorial**

Se realizó en la fruta entera y la pulpa determinándose los siguientes parámetros:

##### **a) Firmeza de la pulpa**

Se realizó la medición de la fuerza de penetración en la fruta con la utilización de un penetrómetro manual, con escala de 0,5 a 12,7 kilogramos fuerza (kg\*), con una punta de 2,5 cm de diámetro. Se tomaron 2 medidas, una a cada lado del eje ecuatorial de cada fruta. Los resultados se reportan en Newton (N),  $1N=0,102 \text{ kg}^*$ .

##### **b) Peso**

En una balanza semi-analítica se tomó el peso en gramos de cada fruta entera sin pedúnculo.

##### **c) Dimensiones y relación largo con diámetro**

Se midió la longitud y el diámetro de cada fruta con un calibrador digital, calculándose la relación entre ellas, para conocer la forma de la fruta.

##### **d) Rendimiento**

Para cuantificar el rendimiento de la pulpa y la semilla, se pesaron 5 frutos, sin pedúnculo, se licuó y se separaron las semillas con un cernidor, pesándose de forma individual, se utilizaron las siguientes fórmulas.

$$\% Pulpa = \frac{Pp}{Pf} \times 100$$
[1]

$$\% Semilla = \frac{Ps}{pf} \times 100$$
[2]

$$\% Cáscara = \frac{Pc}{Pf} \times 100$$
[3]

Donde:

$Pf$  = Peso de la fruta entera

$Pp$  = Peso de la pulpa

$Ps$  = Peso de la semilla

#### e) Sólidos solubles

Se colocó dos gotas de la pulpa de la fruta sobre el prisma de la superficie de un refractómetro calibrado a 20 °C y se tomó la medida en Brix (A.O.A.C., 2007).

#### f) pH

Se empleó un potenciómetro de electrodo de membrana cilíndrica previamente calibrado con buffer a pH 7 y pH 4. Se tomó 20 mL de pulpa de tomate de árbol, se introdujo el electrodo en el centro de la muestra con agitación constante y se registró la lectura (A.O.A.C., 2007).

#### g) Acidez titulable

Se pesó 30 g de pulpa y se diluyó a 200 mL con agua destilada, se tomó una alícuota de 20 mL y se tituló con hidróxido de sodio 0,1 Normal estandarizado, hasta el pH de 8,2 que es el punto de viraje del indicador fenolfatleína, se

registró la lectura del gasto (A.O.A.C., 2007). Se calculó la acidez mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Acidez titulable (\% ácido cítrico)} = \frac{V_{NaOH} \times N \times meq \times V_t}{P_m \times V_a} \times 100 \quad [4]$$

Donde:

$V_{NaOH}$  = Volumen de hidróxido de sodio consumidos en la titulación (mL)

$N$  = Normalidad del hidróxido de sodio

$meq$  = Miliequivalentes del ácido cítrico 0,064

$V_t$  = Volumen final (mL)

$P_m$  = Peso de la muestra (g)

$V_a$  = Volumen de la alícuota (mL)

#### **h) Consistencia**

Se utilizó un consistómetro Bostwick, se colocó 90 g de pulpa homogenizada a temperatura ambiente (20 °C) y se midió la distancia (en cm) que la pulpa fluye en una pendiente de 15 ° durante 60 segundos. Los datos se reportan en centímetros por minuto.

#### **i) Color interno**

Con la medición del color según el método CIELab, expresados en parámetros de  $L^*$ ,  $a$ ,  $b$ , se establecieron mediante fórmulas la cromaticidad ( $C$ ), el ángulo Hue ( $h$ ) y el índice de oscurecimiento (IO).

Se colocó la pulpa en una caja petri y se realizaron tres lecturas en diferentes espacios (Alvarado y Aguilera, 2001). Con los datos registrados de  $L^*$ ,  $a$  y  $b$ , se realizó el cálculo de  $C$ ,  $h$  y el IO, mediante las siguientes fórmulas:

$$h = \tan^{-1} \left( \frac{b}{a} \right) \quad [5]$$

$$C = (a^2 + b^2)^{1/2} \quad [6]$$

$$IO = 100 \times [(a + 1,75 \times L') / (5,645 \times L' + a - 3,012 \times b) - 0,31] / 0,172 \quad [7]$$

Donde:

$L'$  = Luminosidad

$a$  = cromaticidad de verde a rojo

$b$  = cromaticidad de azul a amarillo

### **j) Vitamina C**

Se pesó 30 g de pulpa y se diluyó a 200 mL con agua destilada, se tomó una alícuota de 20 mL y se sumergió una tirilla del test de ácido ascórbico, la que se colocó en el reflectómetro registrándose el valor en mg/L (Método Merck Reflectoquant<sup>®</sup> kit).

Se reportó en mg de vitamina C por cada 100 g de pulpa, mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Vitamina C} \left( \frac{\text{mg}}{100 \text{ g}} \right) = \frac{l \times V}{P_m} \quad [8]$$

Donde:

$l$  = Lectura (mg/L)

$V$  = Volumen final (mL)

$P_m$  = Peso de la muestra (g)

### **k) Determinación del contenido de solanina**

Se utilizó la metodología colorimétrica, descrita por Hellenäs (1986), con el uso de una solución extractora de metanol y cloroformo, en el residuo obtenido luego de algunos procesos de purificación se recuperaron los glicoalcaloides en ácido orto fosfórico concentrado, para luego leer en un espectrofotómetro a 408 nm, frente a una curva estándar de solanina de 0 a 100 ppm.

### **l) Análisis sensorial**

Por medio de este análisis se evaluó las características organolépticas de la pulpa de tomate de árbol y se conoció el nivel de aceptabilidad para cada genotipo. Se aplicó una prueba con una escala hedónica de siete puntos, las variables que se utilizaron fueron color, sabor, aroma y dulzor.

El panel de catación estuvo conformado por 25 panelistas no entrenados de ambos sexos, con edades comprendidas entre los 20 y 30 años. Las muestras fueron codificadas aleatoriamente, cada panelista recibió diariamente entre tres y cuatro muestras de pulpa correspondientes a los diferentes genotipos de tomate de árbol. La metodología utilizada es la descrita por Watts, *et al.* (1989). En el Anexo A se presenta la encuesta utilizada para la prueba de aceptabilidad.

Los resultados fueron evaluados utilizando un diseño de bloques completamente al azar (BCA) con una prueba de significancia de Tukey al 5 % con el programa Statgraphics Plus 4.0.

### **2.3 ELABORACIÓN DE UNA TABLA DE COLOR DESCRIPTIVA EN LOS GENOTIPOS DE TOMATE DE ÁRBOL**

Se estableció una tabla de color descriptiva para cuatro genotipos de tomate de árbol, que incluye las fotografías en los estados 100 %, 75 %, 50 % y 0 % de color verde, para lo cual se hicieron entre 5 y 10 tomas de varios frutos con la finalidad de establecer las diferencias físicas para cada estado de madurez. Además se realizó la medición de los sólidos solubles y la acidez titulable en la pulpa de la fruta con la metodología descrita en el acápite 2.2.5.

### **2.4 SELECCIÓN Y CARACTERIZACIÓN QUÍMICA Y NUTRICIONAL EN LOS GENOTIPOS DE TOMATE DE ÁRBOL**

#### **2.4.1 SELECCIÓN DE LOS GENOTIPOS DE TOMATE DE ÁRBOL**

La selección de los genotipos de tomate de árbol se realizó con base a la

calidad obtenida en relación al alto contenido de sólidos solubles, la baja acidez, la consistencia de la pulpa más baja, la firmeza más alta de la fruta y el alto contenido de vitamina C. Además se consideró el nivel de aceptabilidad obtenido a través del análisis sensorial.

## **2.4.2 CARACTERIZACIÓN QUÍMICA Y NUTRICIONAL EN LOS GENOTIPOS DE TOMATE DE ÁRBOL**

Se realizó la caracterización química y nutricional en la fruta fresca cosechada en la fruta completamente madura (madurez comestible), en los genotipos seleccionados de tomate de árbol. Los análisis de pH, acidez titulable, sólidos solubles, vitamina C y solanina, se realizaron de acuerdo con los métodos descritos en el acápite 2.2.5.

Los análisis de humedad, cenizas, fibra, extracto etéreo, proteína, macro y micro elementos minerales, se realizaron con el uso de metodologías de referencia desarrolladas en la Universidad de Florida (Fick, *et al.*, 1979) y adaptadas en el LSAIA del INIAP.

La caracterización se completó con el análisis de carotenoides, polifenoles, antocianinas, azúcares totales y reductores, los que se describen a continuación.

### **2.4.2.1 Humedad**

La humedad de la muestra se pierde por volatilización a causa del calor. La cantidad de material residual después de eliminar la humedad, constituye la materia seca. El método utilizado fue el INIAP MO-LSAIA-01.01.

### **2.4.2.2 Cenizas**

La muestra si incineró en un horno o mufla a 600 °C , previa precalcinación en una placa calentadora, para eliminar todo el material orgánico. El material inorgánico que no se destruye es la ceniza. El método utilizado fue INIAP MO-LSAIA-01.02.

#### **2.4.2.3 Fibra cruda**

Una muestra libre de humedad (menor al 20 %) y grasa (menor al 12 %) fue digerida primero con una solución ácida y luego con una solución alcalina; los residuos orgánicos restantes, se recogieron en un crisol filtro. La pérdida de peso después de incinerar la muestra, se denomina fibra cruda. El método utilizado fue INIAP MO-LSAIA-01.05.

#### **2.4.2.4 Extracto etéreo**

El hexano que se utilizó fue condensado continuamente, extrayendo materiales solubles al pasar a través de la muestra. El extracto se recogió en un balón que al completar el proceso se destiló y se recogió, el extracto que quedó en el balón se secó y se pesó. El método utilizado fue INIAP MO-LSAIA-01.03.

#### **2.4.2.5 Proteína**

Las muestras que contienen nitrógeno, encontrado en las proteínas y otros compuestos fueron digeridas en ácido sulfúrico en ebullición, para transformar el nitrógeno a sulfato de amonio. El residuo fue enfriado, se diluyó con agua y se le agregó hidróxido de sodio. El amonio presente fue desprendido y a la vez se destiló y se recibió en una solución de ácido bórico, que luego se tituló con ácido sulfúrico estandarizado, según el método de proteína bruta macro Kjeldahl. El método utilizado fue INIAP MO-LSAIA-01.04.

#### **2.4.2.6 Macro y micro elementos minerales**

Las cenizas de la muestra fueron sometidas a una digestión ácida para luego ser diluidas a un volumen determinado. La cuantificación se realizó por

espectrofotometría de absorción atómica y en el caso del fósforo por colorimetría. Se realizaron los análisis con los métodos, de calcio y magnesio (MO-LSAIA-03.01.02), sodio y potasio (MO-LSAIA-03.01.03), fósforo (MO-LSAIA-03.01.04); cobre, hierro, manganeso y zinc (MO-LSAIA-03.02).

#### **2.4.2.7 Carotenoides totales**

Los carotenoides totales se determinaron por espectrofotometría a una longitud de onda de 450 nm, con el uso de una curva estándar de caroteno ( $\beta$ -caroteno) mediante el método descrito por Philip y Chen (1988), adaptado en INIAP MO-LSAIA-19.

#### **2.4.2.8 Antocianinas**

Las antocianinas sufren transformaciones estructurales con cambios en el pH. A pH 1,0 las antocianinas existen en una alta coloración de oxonium en su forma flavonoide y a pH 4,5 ellas están predominantemente en la forma de carbinol menos coloreado. Este método es descrito por Rapisarda *et al.* (2000).

#### **2.4.2.9 Polifenoles**

Los polifenoles fueron determinados mediante el uso del reactivo de Folin & Ciocalteu's, descrito por Georgé, *et al.*, (2005), adaptado en INIAP MO-LSAIA-18.

#### **2.4.2.10 Azúcares Totales**

Se realizó una hidrólisis de los polisacáridos en medio ácido caliente. La antrona reacciona con las hexosas y las aldopentosas para dar un complejo de color azul – verdoso, presentando un máximo de absorbancia a 625 nm. Este método es muy sensible y permite dosificar concentraciones en azúcares totales de 0 a 50 mg/L. Fue descrito por Dubois *et al.*, (1956), adaptado en INIAP MO-LSAIA-21/22.

#### **2.4.2.11 Azúcares Reductores**

Se basa en la reducción del ácido 3,5 dinitrosalicílico a ácido 3-amino-5 nitrosalicílico por el grupo carbonilo libre de los azúcares reductores. El complejo formado es medido espectrofotométricamente a 540 nm, siendo la densidad óptica proporcional a la concentración de los azúcares reductores, descrito por Miller, (1959), adaptado en INIAP MO-LSAIA-21/22.

### **2.5 DETERMINACIÓN DE LA VIDA EN ESTANTE DE LA VARIEDAD ANARANJADO GIGANTE CON Y SIN INJERTO EN DOS CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO**

#### **2.5.1 CONSERVACIÓN EN AMBIENTE BAJO CUBIERTA**

##### **2.5.1.1 Factores en estudio**

Constituyen los períodos de almacenamiento, que fueron: 0, 5, 10, 20 y 30 días

##### **2.5.1.2 Unidad experimental**

La unidad experimental estuvo constituida por 15 kg de cada genotipo de tomate de árbol.

##### **2.5.1.3 Manejo específico del experimento**

El almacenamiento al ambiente, bajo cubierta se realizó en las instalaciones de la Planta de Procesamiento de Frutas de la Estación Experimental Santa Catalina, las condiciones medioambientales se monitorearon con un higrotermógrafo digital. La fruta se almacenó en gavetas plásticas y se realizaron los controles de la calidad física, química y los diferentes tipos de daños.

#### 2.5.1.4 Análisis estadístico

Los resultados se analizaron estadísticamente mediante medidas de tendencia central, como la media, la desviación estándar y el coeficiente de variación, con el programa Microsoft Excel 2007.

Se empleó un diseño de bloques completamente al azar (BCA) en arreglo factorial: a x b (a: genotipo, b: períodos de conservación), se realizó la prueba de significación de Tukey al 5 %, para lo cual se utilizó el programa Statgraphics Plus 4.0. En la Tabla 10 se presenta el esquema del análisis de varianza utilizado.

**Tabla 10.** Esquema del análisis de varianza para conservación bajo cubierta del tomate de árbol

Fuentes de Variación	Grados de libertad
Total	29
Repeticiones (D)	2
Tratamientos (A)	1
Períodos de almacenamiento (B)	4
Interacción	
AxB	4
Error experimental	18

## 2.5.2 CONSERVACIÓN EN AMBIENTE CONTROLADO

### 2.5.2.1 Factores en estudio

Constituyen los períodos de almacenamiento, que fueron: 0, 15, 30, 45 y 60 días

### 2.5.2.2 Unidad experimental

La unidad experimental estuvo constituida por 15 kg de tomate de árbol por cada genotipo.

### 2.5.2.3 Manejo específico del experimento

El almacenamiento en ambiente controlado se realizó en un cuarto frío con un humidificador, a las siguientes condiciones: temperatura de  $7\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1$  y humedad relativa del 85 %, las cuales fueron monitoreadas con un higrotermógrafo digital. La fruta se almacenó en gavetas plásticas y se realizaron los controles de la calidad física, química y los diferentes tipos de daños.

### 2.5.2.4 Análisis estadístico

Los resultados obtenidos se analizaron estadísticamente mediante medidas de tendencia central, como la media, la desviación estándar y el coeficiente de variación, que se determinaron con el programa Microsoft Excel 2007.

Se empleó un diseño de bloques completamente al azar en arreglo factorial: a x b (a: genotipo, b: períodos de conservación), con una prueba de significación de Tukey al 5 %, para lo cual se utilizó el programa Statgraphics Plus 4.0. En la Tabla 11 se presenta el esquema del análisis de varianza.

**Tabla 11.** Esquema del análisis de varianza para conservación en ambiente controlado del tomate de árbol

<b>Fuentes de Variación</b>	<b>Grados de libertad</b>
Total	29
Repeticiones (D)	2
Tratamientos (A)	1
Períodos de almacenamiento (B)	4
Interacción	
AxB	4
Error experimental	18

## 2.5.3 PROCEDIMIENTO PARA EVALUAR LAS VARIABLES DE CONTROL

A la cosecha y al término de cada período de almacenamiento, al ambiente bajo cubierta y controlado, se evaluaron las siguientes variables en cada una de las unidades experimentales: firmeza, color, pH, sólidos solubles, acidez titulable y vitamina C, parámetros que se analizaron según lo descrito en el acápite 2.2.5, a excepción de los que se describen a continuación.

### 2.5.3.1 Pérdida de peso

Permite establecer el porcentaje de pérdida de peso durante el almacenamiento. Se pesó en una balanza semi - analítica cada malla tanto al inicio de cada período de conservación como al finalizar y se calculó la pérdida de peso por medio de la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Pérdida peso} = \frac{P_i - P_f}{P_i} \times 100 \quad [9]$$

Donde:

$P_f$  = Peso al finalizar cada periodo de almacenamiento

$P_i$  = Peso inicial

### 2.5.3.2 Deterioro físico y patológico (visual)

Se tomó un número total de 15 frutos y de acuerdo al tipo de daño y la intensidad que presentaron se clasificó y cuantificó. Se evaluaron tres categorías: deshidratación, físicos (golpes y magulladuras) y pudrición; cada uno de los daños se clasificaron de acuerdo a su intensidad según la escala propuesta por Brito y Ochoa en 1997, la que se presenta en la Tabla 12.

**Tabla 12.** Intensidad del deterioro físico y patológico

DESCRIPCIÓN	PUNTUACIÓN
Sano	0
Leve	1
Moderado	2
Severo	3

Fuente: Brito y Ochoa, 1997

Se tomó como base la tabla 12 para cuantificar los frutos dañados y la intensidad del daño, la cantidad de frutos deteriorados se la comparó con el total de frutos almacenados mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Daño} = \frac{Fd}{Ft} \times 100$$

[10]

Donde:

$Fd$  = Número de frutos deteriorados

$Ft$  = Número total de frutos

### 2.5.3.3 Relación sólidos solubles/acidez titulable

La relación que se obtiene al dividir el contenido de los sólidos solubles y la acidez titulable es conocida como una relación de madurez o sabor en la fruta, se obtiene un valor adimensional con la siguiente fórmula:

$$RM = \frac{SS}{A}$$

[11]

Donde:

$RM$  = Relación de madurez

$SS$  = Sólidos solubles

$A$  = Acidez

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. EVALUAR LA CALIDAD FÍSICA, QUÍMICA Y SENSORIAL DE LOS GENOTIPOS DE TOMATE DE ÁRBOL

##### 3.1.1. CARACTERIZACIÓN FÍSICA

El análisis físico se realizó en el estado de madurez fisiológica de la fruta y comprendió las determinaciones de peso, largo, diámetro, relación largo/diámetro y firmeza de la fruta, consistencia y color interno de la pulpa, rendimiento en pulpa, piel y semilla.

En las Tablas 13, 14 y 15 se presentan los valores obtenidos para la caracterización física. El análisis de comparación de múltiples muestras, Anova ( $\alpha=0,05$  %), resultó altamente significativo para los grupos que se formaron en las seis variables de respuesta, tanto para los retrocruzamientos como para los segregantes. En cuanto al cultivar anaranjado gigante los datos de comparación de múltiples muestras resultaron no significativos. Los datos reportados para las seis variables de los genotipos de tomate de árbol, se presenta en el Anexo B.

**Tabla 13.** Caracterización física del cultivar anaranjado gigante con y sin injerto

ANÁLISIS \ GENOTIPO	CON INJERTO	SIN INJERTO
Peso (g) *	94,48 ± 18,98 A	96,50 ± 16,89 A
Diámetro (mm) *	49,54 ± 3,80 A	50,81 ± 3,60 A
Largo (mm)*	68,25 ± 4,82 A	69,02 ± 3,61 AB
Relación L/D *	1,38 ± 0,07 A	1,36 ± 0,08 A
Firmeza de pulpa (N)**	27,95 ± 5,59 A	24,81 ± 8,83 A
Consistencia (cm/min)***	4,17 ± 0,29 AB	3,67 ± 0,29 A

\*media ± DS (n= 20 repeticiones) \*\* media ± DS (n= 5 repeticiones) \*\*\* media ± DS (n= 3 repeticiones)  
Valores en la misma fila seguidos por una misma letra no son diferentes estadísticamente

**Tabla 14.** Caracterización física de cinco retrocruzamientos de tomate de árbol

GENOTIPO ANÁLISIS	GT-703-2	GT-703-7	GT-703-8	GT-703-13	GT-703-14
Peso (g)*	47,53 ± 7,68 A	65,57 ± 2,77 C	95,59 ± 10,54D	60,89 ± 4,11 AB	59,00 ± 5,18 B
Diámetro (mm)*	38,48 ± 2,56 A	45,04 ± 7,11 C	49,29 ± 2,51 D	43,66 ± 1,03 BC	41,11 ± 1,59 BC
Largo (mm)*	63,34 ± 5,34 BC	66,28 ± 1,86 C	69,28 ± 2,50 D	57,58 ± 1,33 A	66,40 ± 3,22 C
Relación L/D*	1,65 ± 0,12 C	1,50 ± 0,17 B	1,41 ± 0,07 AB	1,32 ± 0,03 A	1,62 ± 0,09 C
Firmeza de pulpa (N)**	70,71 ± 7,95 B	70,61 ± 5,33 B	88,55 ± 12,11 B	73,84 ± 9,85 B	37,9 ± 15,46 A
Consistencia (cm/min)***	4,67 ± 0,29 A	4,83 ± 0,58 A	4,50 ± 0,00 A	6,17 ± 0,29 B	5,00 ± 0,00 AB

\*media ± DS (n= 20 repeticiones)

\*\* media ± DS (n= 5 repeticiones)

\*\*\* media ± DS (n= 3 repeticiones)

Valores en la misma fila seguidos por una misma letra no son diferentes estadísticamente

**Tabla 15.** Caracterización física de cuatro segregantes de tomate de árbol

GENOTIPO ANÁLISIS	GT-18	GT-39	GT-41	GT-45
Peso (g)* <sup>1</sup>	76,83 ± 11,69 C	58,25 ± 9,03 AB	61,32 ± 7,66 B	53,49 ± 5,80 A
Diámetro (mm)* <sup>1</sup>	47,18 ± 2,74 B	40,89 ± 2,13 AB	43,85 ± 1,81 AB	36,88 ± 1,32 A
Largo (mm)* <sup>1</sup>	62,83 ± 3,71 B	61,84 ± 4,15 B	57,18 ± 2,78 A	72,08 ± 3,80 C
Relación L/D* <sup>1</sup>	1,33 ± 0,07 C	1,51 ± 0,06 B	1,30 ± 0,06 BC	1,95 ± 0,08 A
Firmeza de pulpa (N)** <sup>1</sup>	56,00 ± 8,70 B	74,24 ± 5,56 C	25,60 ± 8,43 A	70,71 ± 11,48 BC
Consistencia (cm/min)*** <sup>1</sup>	1,67 ± 0,29 A	3,5 ± 0,00 B	4,67 ± 0,29 C	4,5 ± 0,00 C

\*media ± DS (n= 20 repeticiones)

\*\* media ± DS (n= 5 repeticiones)

\*\*\* media ± DS (n= 3 repeticiones)

Valores en la misma fila seguidos por una misma letra no son diferentes estadísticamente

### 3.1.1.1 Peso

Los genotipos que presentaron los mayores pesos promedio tanto para el cultivar, los retrocruzamientos y los segregantes fueron: sin injerto con 96,50 g, GT-703-8 con 95,59 g y GT-18 con 76,83 g; mientras que, los genotipos con injerto, GT-703-2 y GT-45 tienen el peso promedio más bajo, con 94,48 g, 47,53 g y 53,49 g, respectivamente. Estos valores se encuentran contemplados entre los calibres A (129 g) y E (66 g) de la Norma Técnica Colombiana, NTC 4105 (1997). Como se puede observar los valores de los pesos de los genotipos GT-703-2 y GT-45 están por debajo de los calibres antes expuestos. En general se observó que los materiales que tuvieron manejo agronómico presentaron el mayor peso promedio, que en este caso fueron los genotipos

con y sin injerto; sin embargo los valores son menores al reportado por Torres (2006) para el mismo cultivar con 102,5 g.

#### **3.1.1.2 Relación largo/diámetro**

Los valores promedio de la relación largo/diámetro presentan un caso en común con valores superiores a uno, lo cual significa que todos los genotipos tienen una forma alargada.

De acuerdo al diámetro de la fruta los genotipos que presentaron los mayores valores fueron: sin injerto, GT-703-8 y GT-18 con 50,81 mm, 49,29 mm y 47,18 mm, respectivamente. Estos genotipos se encontraban en el calibre D (46-50 mm) en la NTC 4105, (1997). Los datos encontrados son mayores a los reportados por Sañicela (2008) para el mismo cultivar con una relación L/D de 1,30, lo que indica que los genotipos estudiados son de mayor calibre.

#### **3.1.1.3 Firmeza**

Los genotipos con mayor firmeza de pulpa fueron: con injerto, GT-703-8 y GT-39 con 27,95N, 88,75 N y 74,245 N, respectivamente. Los genotipos con los menores valores fueron: sin injerto, GT-703-14 y GT-41 con 24,81 N, 37,9 N y 25,60 N, respectivamente. Estos datos obtenidos son mayores a los reportados por León, *et al.* (2004), para frutos en su madurez fisiológica que presentaron valores de 22 N en frutos con tamaños aproximados de 118 g.

#### **3.1.1.4 Consistencia**

La consistencia de la pulpa de tomate de árbol puede ser espesa o líquida, depende la distancia que recorra en un tiempo determinado. Las pulpas más líquidas y que tuvieron valores mayores de consistencia fueron la de los genotipos con injerto, GT-703-13 y GT-41; al recorrer, en un minuto, 4,17 cm, 6,17 cm y 4,67 cm; mientras que las más espesas fueron la sin injerto, GT-703-8 y GT-18, que recorrieron respectivamente 3,67 cm, 4,5 cm y 1,67 cm, en un minuto.

En la norma colombiana NTC 4105, (1997) reporta para la madurez fisiológica que la medida de la consistencia debe ser 3,60 cm/min; de los genotipos analizados solamente el GT-18 presentó un menor valor, lo que hace que esta pulpa sea más espesa y por tanto menos aceptable visualmente.

### 3.1.1.5 Rendimiento

En las Tablas 16, 17 y 18 se presenta el rendimiento en pulpa, piel y semilla en los 11 genotipos de tomate de árbol. El Anova ( $\alpha=0,05$  %) indicó que hay diferencias estadísticas para los genotipos con y sin injerto en el % de pulpa y semilla; entre los retrocruzamientos no hay diferencias estadísticas para el % de pulpa y para segregantes hay diferencias estadísticas en porcentaje de pulpa, piel y semilla. Los de mayor rendimiento en pulpa fueron con injerto, GT-703-7 y GT-41; con valores promedio de 71,55 %, 68,23 % y 75,85 %, respectivamente. Los genotipos de menor rendimiento en pulpa fueron sin injerto, GT-703-2 y GT-45 con valores promedios de 67,24 %, 60,60 % y 59,96 %. Los valores altos difieren con los encontrados por Moreno, *et al* (2003) donde el rendimiento fue de 88,76 %.

En la norma NTC 4105, (1997) el rendimiento de la pulpa para el estado de madurez fisiológica es del 75 %; obteniéndose en los genotipos con injerto y GT-41 valores más altos.

**Tabla 16.** Rendimiento en pulpa, piel y semillas del cultivar anaranjado gigante

GENOTIPO	RENDIMIENTO		
	% Pulpa	% Piel	% Semilla
Con injerto	71,55 ± 1,69 A	9,54 ± 0,59 A	18,90 ± 1,92 A
Sin injerto	67,24 ± 2,73 AB	9,51 ± 0,64 A	23,25 ± 2,35 AB

media ± DS (n = 3 repeticiones)

Valores en la misma columna seguidos por una misma letra no son diferentes estadísticamente

**Tabla 17.** Rendimiento en pulpa, piel y semillas de 5 retrocruzamientos

GENOTIPO	RENDIMIENTO		
	% Pulpa	% Piel	% Semilla
GT-703-2	60,60 ± 4,13 A	16,21 ± 0,90 AB	23,19 ± 3,40 B
GT-703-7	68,23 ± 2,20 A	13,70 ± 1,51 A	18,07 ± 3,48 A
GT-703-8	63,28 ± 2,22 A	19,15 ± 0,56 B	17,58 ± 2,70 A
GT-703-13	65,43 ± 3,80 A	16,23 ± 1,39 AB	18,34 ± 4,88 A
GT-703-14	65,20 ± 2,21 A	15,85 ± 1,87 AB	18,95 ± 2,03 A

media ± DS (n = 3 repeticiones)

Valores en la misma columna seguidos por una misma letra no son diferentes estadísticamente

**Tabla 18.** Rendimiento en pulpa, piel y semillas de 4 segregantes

GENOTIPO	RENDIMIENTO		
	% Pulpa	% Piel	% Semilla
GT-18	69,66 ± 1,77 B	13,21 ± 1,08 A	17,13 ± 2,29 AB
GT-39	61,84 ± 1,18 A	18,34 ± 0,85 B	19,82 ± 2,02 B
GT-41	75,85 ± 1,47 C	11,29 ± 1,95 A	12,86 ± 2,37 A
GT-45	59,96 ± 1,27 A	17,44 ± 0,79 B	22,60 ± 2,01 B

media ± DS (n = 3 repeticiones)

Valores en la misma columna seguidos por una misma letra no son diferentes estadísticamente

### 3.1.1.6 Color interno

En las Tablas 19, 20 y 21 se muestran los valores obtenidos para los parámetros del color: L', a, b, así como los calculados: h, C, IO. Para la luminosidad los genotipos más oscuros son sin injerto, GT-703-2 y GT-41 al presentar los valores más bajos con 45,35, 33,68 y 44,07, respectivamente, mientras que los genotipos más claros fueron el con injerto y GT-703-8 y GT-39 con valores de 47,03 y 48,11 y 47,15, respectivamente.

**Tabla 19.** Parámetros del color en la pulpa del cultivar Anaranjado gigante

GENOTIPO	COLOR INSTRUMENTAL					
	L'	A	b	h	C	IO
Con injerto	47,03 ± 0,37	7,97 ± 1,46	34,12 ± 1,54	76,90 ± 2,37	35,13 ± 1,57	127,36 ± 7,85
Sin injerto	45,35 ± 0,29	8,35 ± 0,03	32,20 ± 0,24	75,45 ± 0,10	33,27 ± 0,22	124,56 ± 1,28

media ± DS (n = 3 repeticiones)

**Tabla 20.** Parámetros del color en la pulpa de de 5 retrocruzamientos

GENOTIPO	COLOR INSTRUMENTAL					
	L'	A	b	°h	C	IO
GT-703-2	33,68 ± 0,66	12,50 ± 0,16	21,33 ± 0,49	59,62 ± 0,25	24,73 ± 0,50	119,93 ± 0,27
GT-703-7	40,25 ± 1,93	12,79 ± 0,15	27,06 ± 1,00	64,69 ± 0,61	29,93 ± 0,96	125,15 ± 2,54
GT-703-8	48,11 ± 0,84	8,61 ± 0,03	33,43 ± 0,8	75,55 ± 0,37	34,53 ± 0,77	120,41 ± 1,46
GT-703-13	45,13 ± 0,62	9,65 ± 0,83	29,20 ± 0,23	71,71 ± 1,23	30,75 ± 0,42	111,74 ± 0,35
GT-703-14	39,39 ± 2,76	10,97 ± 0,49	27,21 ± 1,94	68,01 ± 1,29	29,36 ± 1,88	126,81 ± 1,02

media ± DS (n = 3 repeticiones)

**Tabla 21.** Parámetros del color en la pulpa de 4 segregantes

GENOTIPO	COLOR INSTRUMENTAL					
	L'	A	b	°h	C	IO
GT-18	46,98 ± 0,49	9,02 ± 0,58	35,15 ± 0,36	75,62 ± 0,80	36,29 ± 0,47	135,04 ± 4,36
GT-39	47,15 ± 1,23	14,68 ± 1,39	37,14 ± 1,14	68,45 ± 2,12	39,97 ± 1,00	154,16 ± 0,27
GT-41	44,07 ± 1,01	11,14 ± 1,98	29,14 ± 1,03	69,22 ± 3,66	31,31 ± 0,70	118,10 ± 0,40
GT-45	46,64 ± 0,88	12,22 ± 0,93	34,83 ± 0,5	70,69 ± 1,08	36,93 ± 0,79	139,59 ± 1,59

media ± DS (n = 3 repeticiones)

De acuerdo con los valores promedios obtenidos de los parámetros (rojo =  $a^+$ , verde =  $a^-$ ) y (amarillo =  $b^+$ , azul =  $b^-$ ), los genotipos con tonalidades más claras presentaron valores de  $a^+$  más bajos y de  $b^+$  más altos, es decir que tiende a disminuir el color rojo y aumenta la tonalidad amarilla.

Los genotipos que presentaron una mayor cromaticidad son con injerto, GT-703-8 y GT-39, lo cual significa que tienen una mayor tonalidad anaranjada. Al relacionar la cromaticidad y la luminosidad, se encontró que los genotipos mencionados corresponden a colores con tonos relativamente claros y la intensidad varía según el genotipo.

El tono de color está determinado por el ángulo Hue. Al observar los valores de las medias, se encontraron datos entre 59,62 °h para el genotipo GT-703-2 y 76,90 °h para el genotipo con injerto, que de acuerdo al espacio de tonalidad corresponden a los colores entre amarillo y rojo.

Para el índice de oscurecimiento, se encontró un valor mínimo de 111,74 en el genotipo GT-703-13 y un máximo de 154,16 para el genotipo GT-39. Los genotipos que presentaron un IO más alto son más oscuros. Para el tomate de

árbol, se encontró, que el color de la pulpa medida entre 0 y 60 minutos, presenta un pardeamiento, que se relaciona con este parámetro. El genotipo con injerto presentó un porcentaje de oscurecimiento o pardeamiento de la pulpa de 10,44 % a los 60 minutos; el genotipo GT-39 con 0,33 % no se pardea.

Los resultados del porcentaje de oscurecimiento para los 11 genotipos se muestran en la Tabla 22. La representación gráfica de los parámetros del color, medidos instrumentalmente se presenta en el Anexo B.

**Tabla 22.** Porcentaje de oscurecimiento en la pulpa de genotipos de tomate de árbol

<b>GENOTIPO</b>	<b>IO (0 min)</b>	<b>IO (60 min)</b>	<b>% Oscurecimiento</b>
<b>Con injerto</b>	122,15	136,39	10,44
<b>Sin injerto</b>	119,61	128,41	6,85
<b>GT-703-2</b>	119,73	120,23	0,42
<b>GT-703-7</b>	122,22	126,58	3,45
<b>GT-703-8</b>	119,06	121,95	2,37
<b>GT-703-13</b>	109,31	112,00	2,40
<b>GT-703-14</b>	125,67	127,11	1,13
<b>GT-18</b>	130,02	137,67	5,56
<b>GT-39</b>	153,96	154,47	0,33
<b>GT-41</b>	117,76	118,53	0,65
<b>GT-45</b>	137,76	140,59	2,01

media  $\pm$  DS (n = 3 repeticiones)

### 3.1.2. CARACTERIZACIÓN QUÍMICA

Para la caracterización química de la pulpa se realizaron los análisis de pH, acidez titulable, sólidos solubles y vitamina C. Los resultados en los 11 genotipos de tomate de árbol se pueden observar en las Tablas 23, 24 y 25.

**Tabla 23.** Parámetros químicos del cultivar anaranjado gigante

GENOTIPO	SÓLIDOS SOLUBLES TOTALES*	pH**	ACIDEZ**	VITAMINA C**
	(°Brix)	(adimensional)	(% ácido cítrico)	(mg/100 g)
Con injerto	13,04 ± 0,65 A	3,58 ± 0,045 B	2,08 ± 0,11 A	8
Sin injerto	12,92 ± 0,83 A	3,45 ± 0,038 A	2,13 ± 0,09 A	8

\* media ± DS (n = 5 repeticiones)

\*\* media ± DS (n = 3 repeticiones)

Valores en la misma columna seguidos por una misma letra no son diferentes estadísticamente

**Tabla 24.** Parámetros químicos de 5 retrocruzamientos

GENOTIPO	SÓLIDOS SOLUBLES TOTALES*	pH**	ACIDEZ**	VITAMINA C**
	(°Brix)	(adimensional)	(% ácido cítrico)	(mg/100 g)
GT-703-2	12,72 ± 0,77 C	3,46 ± 0,015 A	2,07 ± 0,02 C	< 6
GT-703-7	10,96 ± 0,30 AB	3,98 ± 0,012 C	1,35 ± 0,01 A	< 6
GT-703-8	10,72 ± 0,41 A	3,83 ± 0,012 B	1,64 ± 0,05 B	< 6
GT-703-13	11,40 ± 0,47 AB	3,47 ± 0,006 A	1,69 ± 0,04 B	< 6
GT-703-14	11,60 ± 0,91 B	3,83 ± 0,029 B	1,41 ± 0,02 A	< 6

\* media ± DS (n = 5 repeticiones)

\*\* media ± DS (n = 3 repeticiones)

Valores en la misma columna seguidos por una misma letra no son diferentes estadísticamente

**Tabla 25.** Parámetros químicos de 4 segregantes

GENOTIPO	SÓLIDOS SOLUBLES TOTALES*	pH**	ACIDEZ**	VITAMINA C**
	(°Brix)	(adimensional)	(% ácido cítrico)	(mg/100 g)
GT-18	11,20 ± 0,68 A	3,90 ± 0,025 B	1,60 ± 0,01 D	< 6
GT-39	14,76 ± 0,71 B	3,81 ± 0,012 A	0,96 ± 0,03 A	< 6
GT-41	14,24 ± 0,79 B	3,89 ± 0,015 B	1,36 ± 0,06 B	< 6
GT-45	15,16 ± 0,22 B	3,93 ± 0,006 B	1,45 ± 0,04 C	< 6

\* media ± DS (n = 5 repeticiones)

\*\* media ± DS (n = 3 repeticiones)

Valores en la misma columna seguidos por una misma letra no son diferentes estadísticamente

El análisis de comparación de múltiples muestras, Anova ( $\alpha=0,05$  %), se presenta en el Anexo B.

### 3.1.2.1 Sólidos solubles

Dentro de los sólidos solubles se observaron diferencias estadísticas tanto para el grupo de segregantes como para los retrocruzamientos, mientras que en el

cultivar con y sin injerto no se presentaron diferencias significativas entre sí. Los genotipos sin injerto, GT-703-8 y GT-18 presentan el menor contenido de sólidos solubles con un promedio de 12,92 °Brix, 10,72 °Brix y 11,20 °Brix; mientras que los de mayor valor son los genotipos con injerto con un valor de 13,04 °Brix, GT-703-2 con 12,72 °Brix y el GT-45 con 15,16 °Brix

De acuerdo a la norma colombiana NTC 4105 (1997), para el estado de madurez fisiológico el tomate de árbol debe tener un valor de 10,30 °Brix. Los genotipos analizados en este estudio tienen valores mayores al reportado, por lo que asume que tendrían mayor aceptabilidad por los consumidores.

### **3.1.2.2 pH**

El cultivar, los retrocruzamientos y segregantes, con injerto, GT-703-7 y GT-45 presentaron los valores más altos de pH, con 3,58, 3,98 y 3,93, respectivamente. Los valores más bajos para cada grupo le pertenecen a los genotipos sin injerto, GT-703-2 y GT-39 con valores promedios de 3,45, 3,46 y 3,81 respectivamente. Los datos analizados en este estudio reportaron que el pH de la pulpa presentó diferencias estadísticas entre cada grupo de genotipos, a excepción del grupo de los segregantes, donde únicamente el GT-39 difiere estadísticamente de los demás.

### **3.1.2.3 Acidez titulable**

Los genotipos con injerto, GT-703-7 y GT-39 presentaron el menor contenido de acidez titulable con 2,08 %, 1,35 % y 0,96 %; mientras que las que tuvieron el mayor contenido de acidez titulable fueron los genotipos sin injerto, GT-703-2 y GT-18 con porcentajes de 2,13 %, 2,07 % y 1,60 % respectivamente. Para el caso de la acidez se observó que entre los grupos de segregantes y los retrocruzamiento existen diferencias estadísticas lo que no sucede con los cultivares con y sin injerto. Se observó un comportamiento inverso entre el pH y el porcentaje de acidez titulable ya que el genotipo que reportó mayor pH es el que presentó menor porcentaje de ácido cítrico.

#### **3.1.2.4 Vitamina C**

Para el test de ácido ascórbico realizado en los distintos genotipos solamente los provenientes de la variedad anaranjado gigante fueron detectables por el método reflectométrico, con valores iguales en las tres repeticiones de 8 mg/100 g; el resto de los genotipos tienen una concentración menor a 6 mg/100 g; aunque estos valores están por debajo de los reportados por Torres, (2006) que en el mismo cultivar obtuvo un valor de 33 mg/100 g.

Los resultados se explican, ya que en la huerta experimental donde se mantenían los segregantes y en el invernadero donde estaban los retrocruzamientos, no se suministró el manejo agronómico recomendado por el INIAP para este cultivo, es decir, no se aplicó fertilizantes a las plantas, ya que la finalidad de estos ensayos era la de facilitar las condiciones para el desarrollo de la antracnosis y seleccionar los materiales que tenían resistencia a esta enfermedad (Revelo, *et al*, 2004).

#### **3.1.2.5 Solanina**

En la Tabla 26 se muestran los valores obtenidos para el contenido de glicoalcaloides, reportados como solanina. Los genotipos que presentaron un mayor contenido en miligramos de glicoalcaloides totales (TGA) por cada cien gramos de peso fresco, fueron GT-703-7 y GT-703-8 con 0,60 y 0,62 respectivamente. Estos dos genotipos corresponden a los que se encontraban en un invernadero y presentaron a su vez el menor contenido de sólidos solubles con valores de 10,96 y 10,72 °Brix, y en el caso específico del genotipo GT-703-7 corresponde al que menor aceptabilidad tuvo por los catadores en el análisis sensorial, que se relaciona con el sabor amargo de los glicoalcaloides, resultados que se presenta posteriormente.

**Tabla 26.** Contenido de glicoalcaloides en 11 genotipos de tomate de árbol

<b>Genotipos de tomate de árbol</b>	<b>Concentración glicoalcaloides (mg TGA /100 g peso fresco)</b>	<b>Concentración glicoalcaloides (mg TGA /100 g peso seco)</b>
Anaranjado gigante con injerto	0,44	3,12
Anaranjado gigante sin injerto	0,27	1,89
GT-703-2	0,37	2,67
GT-703-7	0,60	4,29
GT-703-8	0,62	4,43
GT-703-13	0,24	1,71
GT-703-14	0,34	2,44
GT-18	0,46	3,25
GT-39	0,31	2,23
GT-41	0,42	3,03
GT-45	0,40	2,85

La concentración de solanina encontrada en los genotipos está por debajo de la dosis tóxica para seres humanos, que es de 2 a 5 mg/kg de peso corporal, es decir que una persona promedio con 60 kg de peso corporal debería consumir 68 kg de pulpa del genotipo de tomate de árbol anaranjado gigante con injerto, para que la solanina sea tóxica para su organismo (Zeiger, 1998; Olortegui y Brañez, 2009).

### **3.1.3. ANÁLISIS SENSORIAL**

El análisis sensorial en la pulpa del tomate de árbol de los 11 genotipos, se realizó para cuatro tipos de atributos: dulzor, aroma, sabor y color. La prueba de aceptabilidad se planteó para el cultivar anaranjado gigante con y sin injerto, cosechado en tres huertas comerciales, se realizó el análisis sensorial para cada una de las localidades, con el fin de establecer si existen diferencias que se relacionen con el manejo agronómico realizado al cultivo del tomate de árbol. La comparación entre los promedios y la significancia del análisis estadístico se presenta en las Tablas 27, 28 y 29.

**Tabla 27.** Análisis sensorial del cultivar anaranjado gigante con y sin injerto cosechado en tres huertas comerciales

<b>DULZOR</b>		<b>AROMA</b>	
<b>GENOTIPO</b>	<b>CALIFICACIÓN</b>	<b>GENOTIPO</b>	<b>CALIFICACIÓN</b>
Sin injerto huerta 2 (SHL2)	3,20 A	Sin injerto huerta 2 (SHL2)	4,00 A
Sin injerto huerta 1 (SHL1)	3,84 AB	Sin injerto huerta 3 (SHL3)	4,36 AB
Sin injerto huerta 3 (SHL3)	3,84 AB	Sin injerto huerta 1 (SHL1)	4,92 BC
Con injerto huerta 2 CHL2)	4,28 AB	Con injerto huerta (CHL1)	5,08 BC
Con injerto huerta 3 CHL3)	4,48 B	Con injerto huerta 2 CHL2)	5,12 BC
Con injerto huerta 1 CHL1)	4,60 B	Con injerto huerta3(CHL3)	5,40 C
<b>SABOR</b>		<b>COLOR</b>	
<b>GENOTIPO</b>	<b>CALIFICACIÓN</b>	<b>GENOTIPO</b>	<b>CALIFICACIÓN</b>
Sin injerto huerta 2 (SHL2)	3,20 A	Sin injerto huerta 2 (SHL2)	2,68 A
Sin injerto huerta 3 (SHL3)	3,64 AB	Sin injerto huerta 3 (SHL3)	3,64 AB
Sin injerto huerta 1 (SHL1)	4,16 ABC	Sin injerto huerta 1 (SHL1)	4,56 BC
Con injerto huerta2 (CHL2)	4,52 BC	Con injerto huerta1 (CHL1)	4,92 C
Con injerto huerta 1 (CHL1)	4,76 BC	Con injerto huerta 3 (CHL3)	5,96 D
Con injerto huerta 3 (CHL3)	5,00 C	Con injerto huerta 2 (CHL2)	6,04 D

n = 25 catadores

Valores en la misma columna seguidos por una misma letra no son diferentes estadísticamente

**Tabla 28.** Análisis sensorial de cinco retrocruzamientos de tomate de árbol

<b>DULZOR</b>		<b>AROMA</b>	
<b>GENOTIPO</b>	<b>CALIFICACIÓN</b>	<b>GENOTIPO</b>	<b>CALIFICACIÓN</b>
GT-703-2	3,40 A	GT-703-13	3,76 A
GT-703-13	3,44 A	GT-703-14	3,84 AB
GT-703-8	3,60 A	GT-703-8	4,08 AB
GT-703-7	3,72 A	GT-703-7	4,44 AB
GT-703-14	4,24 A	GT-703-2	4,72 B
<b>SABOR</b>		<b>COLOR</b>	
<b>GENOTIPO</b>	<b>CALIFICACIÓN</b>	<b>GENOTIPO</b>	<b>CALIFICACIÓN</b>
GT-703-13	3,12 A	GT-703-14	3,56 A
GT-703-8	3,36 AB	GT-703-7	3,72 A
GT-703-7	3,76 AB	GT-703-2	4,64 B
GT-703-14	4,32 B	GT-703-8	5,72 C
GT-703-2	4,36 B	GT-703-13	5,92 C

n = 25 catadores

Valores en la misma columna seguidos por una misma letra no son diferentes estadísticamente

**Tabla 29.** Análisis sensorial de cuatro segregantes de tomate de árbol

<b>DULZOR</b>		<b>AROMA</b>	
<b>GENOTIPO</b>	<b>CALIFICACIÓN</b>	<b>GENOTIPO</b>	<b>CALIFICACIÓN</b>
GT-18	3,40 A	GT-45	4,24 A
GT-45	4,48 B	GT-18	4,60 AB
GT-41	4,84 B	GT-41	5,00 AB
GT-39	5,36 B	GT-39	5,24 B
<b>SABOR</b>		<b>COLOR</b>	
<b>GENOTIPO</b>	<b>CALIFICACIÓN</b>	<b>GENOTIPO</b>	<b>CALIFICACIÓN</b>
GT-18	3,96 A	GT-18	4,44 A
GT-45	4,44 A	GT-41	4,84 A
GT-41	4,64 A	GT-39	5,44 B
GT-39	5,96 B	GT-45	5,72 B

n = 25 catadores

Valores en la misma columna seguidos por una misma letra no son diferentes estadísticamente

Entre las huertas comerciales en el parámetro dulzor se presentaron diferencias estadísticas entre SHL2, SHL1 y CHL3 no así entre SHL1, SHL3 y CHL2; y entre CHL3 y CHL1. En el aroma los genotipos SHL1, CHL1 y CHL2 no se presentaron diferencias estadísticas, lo que significa que para los catadores, estos genotipos presentan aromas similares. Para el atributo sabor existe una menor concordancia entre los catadores ya que solo hay grupos homogéneos para CHL2 y CHL1, por lo que se asume que este atributo es diferente en cada huerta. En cuanto al color, se observó que tiene un comportamiento similar al sabor ya que se presentaron diferencias estadísticas en la mayoría de las huertas.

Para el dulzor, los genotipos CHL1, GT-703-14 y GT-39 presentaron la puntuación más alta con 4,80, 4,24 y 5,36 respectivamente, mientras que los genotipos SHL2, GT-703-8 y GT-18 presentaron los valores más bajos con 3,20 y 3,40, por lo que fueron considerados los menos dulces por los catadores. Las calificaciones obtenidas en el análisis de varianza, determinaron que existe variación altamente significativa ( $\alpha = 0,05 \%$ ) entre los segregantes y significativa tanto, para los retrocruzamientos, como para las huertas del cultivar anaranjado gigante.

Los genotipos CHL3, GT-703-2 y GT-39 obtuvieron el puntaje mayor para el aroma con 5,40, 4,72 y 5,24 y el menor puntaje fue para los genotipos SHL2,

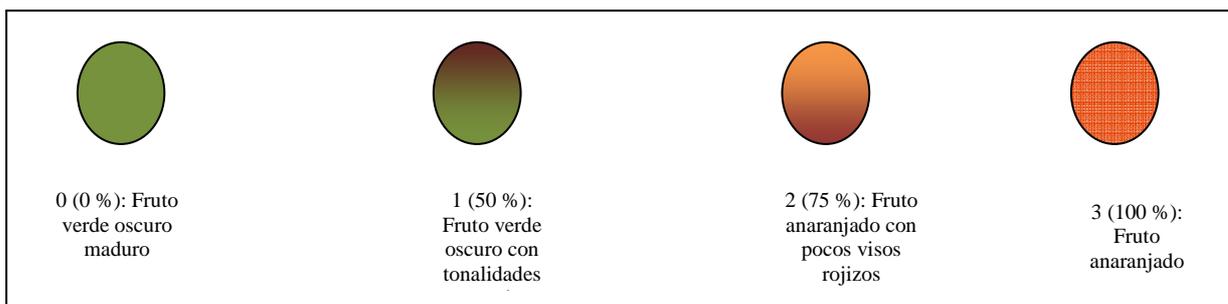
GT-703-13 y GT-45 con 4,00, 3,76 y 4,24. El análisis de varianza para este atributo permitió establecer que existen diferencias significativas ( $\alpha = 0,05 \%$ ) entre los grupos de los genotipos evaluados, por lo que se asume que el aroma difiere en cada grupo.

En cuanto al sabor los genotipos que obtuvieron el valor más alto son CHL3, GT-703-14 y GT-39 con puntuaciones de 5,12, 4,36 y 5,96, respectivamente. Los genotipos con el valor más bajo son SHL2, GT-703-13 y GT-18 con puntuaciones de 3,20, 3,12 y 3,96. El análisis estadístico entre grupos ( $\alpha = 0,05 \%$ ), mostró que para los panelistas existen diferencias altamente significativas, lo que demuestra que el sabor es diferente para cada pulpa.

Los genotipos CHL2, GT-703-13 y GT-45 se encuentran entre los valores más altos de color de cada grupo con 6,04, 5,92 y 5,72 respectivamente; por otro lado entre los valores más bajos de cada grupo se encuentran los genotipos SHL2, GT-703-14 y GT-18 con valores de 2,68, 3,72 y 4,44. En el análisis sensorial, los catadores encontraron diferencias altamente significativas ( $\alpha = 0,05 \%$ ) entre los genotipos analizados en cada grupo; esto hace pensar que los catadores pudieron establecer visualmente una diversidad entre los colores de las pulpas degustadas

### **3.2. ELABORAR UNA TABLA DE COLOR DESCRIPTIVA EN LOS GENOTIPOS DE TOMATE DE ÁRBOL**

Las tablas de color descriptivas son de utilidad e importantes para los productores, quienes las utilizan para conocer el índice óptimo de cosecha, la calidad y el tiempo de vida poscosecha. En el tomate de árbol, el mayor indicador de madurez es el color externo, colores representados en la Figura 17.



**Figura 17.** Color para el tomate de árbol en cuatro estados de madurez

Se elaboraron tablas de color descriptivas para los genotipos anaranjado gigante cultivar con y sin injerto, y los segregantes provenientes de una huerta experimental GT-41 y GT-45, ya que se contaba con fruta en campo en todos los grados de color, al momento de la selección.

Los sólidos solubles y la acidez, son componentes prácticos en poscosecha, la relación obtenida entre estos dos componentes es un indicador químico que con frecuencia se utiliza para determinar la madurez mínima exigible para iniciar la recolección, es aplicada como sistema de clasificación para algunos frutos, por muchos países exportadores, razón por la cual se consideró para incluir en las tablas de color.

El cultivar anaranjado gigante con injerto, como era de esperarse presentó forma alargada, característica de esta fruta. En la Figura 18 se presenta la tabla de color descriptiva de acuerdo al grado de color que mostró durante el desarrollo en la planta, provenientes de las huertas comerciales de los productores en la provincia de Tungurahua.

TOMATE DE ARBOL ANARANJADO GIGANTE CON INJERTO				
				
DESCRIPCIÓN DE LA TABLA DE COLOR				
Color	0	1	2	3
Coloración	0 %	50 %	75 %	100 %
Sólidos Solubles (°Brix)	6,80	10,40	11,47	13,04
Acidez Titulable (g.100g <sup>-1</sup> ac. Cítrico)	2,31	2,21	1,93	2,08
Relación de sabor	2,94 (2-3)	4,71 (4-5)	5,94 (5-6)	6,27 (6-7)

**Figura 18.** Tabla de color para el tomate de árbol cultivar anaranjado gigante con injerto

En la Figura 19 se presenta la tabla de color descriptiva del cultivar anaranjado gigante sin injerto proveniente de huertas comerciales de Tungurahua.

TOMATE DE ARBOL ANARANJADO GIGANTE SIN INJERTO				
				
DESCRIPCIÓN DE LA TABLA DE COLOR				
Color	0	1	2	3
Coloración	0 %	50 %	75 %	100 %
Sólidos Solubles (°Brix)	6,47	10,27	11,60	12,92
Acidez Titulable (g.100g <sup>-1</sup> ac. Cítrico)	2,34	2,10	2,04	2,13
Relación de sabor	2,76 (2-3)	4,89 (4-5)	5,69 (5-6)	6,07 (6-7)

**Figura 19.** Tabla de color para el tomate de árbol cultivar Anaranjado gigante sin injerto

El segregante GT-41 presentó una forma redondeada. En la Figura 20 se presenta una tabla de color descriptiva.

TOMATE DE ÁRBOL SEGREGANTE GT-41				
				
DESCRIPCIÓN DE LA TABLA DE COLOR				
Color	0	1	2	3
Coloración	0 %	50 %	75 %	100 %
Sólidos Solubles (°Brix)	7,13	13,20	14,00	14,24
Acidez Titulable (g.100g <sup>-1</sup> ac. Cítrico)	1,97	1,89	1,40	1,34
Relación de sabor	3,62 (3-4)	6,98 (5-8)	10,00 (9-10)	10,62 (10-11)

**Figura 20.** Tabla de color del tomate de árbol segregante GT-41

El segregante GT-45 presentó una forma, mayor que el cultivar anaranjado gigante; en la Figura 21 se presenta la tabla de color descriptiva.

TOMATE DE ÁRBOL SEGREGANTE GT-45				
				
DESCRIPCIÓN DE LA TABLA DE COLOR				
Color	0	1	2	3
Coloración	0 %	50 %	75 %	100 %
Sólidos Solubles (°Brix)	8,33	12,07	13,93	15,16
Acidez Titulable (g.100g <sup>-1</sup> ac. Cítrico)	2,25	1,97	1,55	1,45
Relación de sabor	3,70 (3-4)	6,13 (5-6)	8,99 (7-9)	10,46 (10-11)

**Figura 21.** Tabla de color para el tomate de árbol segregante GT-45

Al analizar los tres parámetros registrados en la tabla de color, en el caso de los sólidos solubles, se encontró que todos los genotipos estudiados tienden a aumentar mientras el color de la fruta cambia. De acuerdo a los datos reportados por la norma NTC 4105 (1997), la tendencia es similar, sin embargo se registran contenidos menores de los sólidos solubles para el tomate de árbol

cosechado en Colombia en todos los grados de madurez, con respecto a los producidos en Ecuador, por lo que estos genotipos tendrían gran aceptación por los consumidores.

En el caso de la acidez titulable, expresada como el porcentaje de ácido cítrico, se encontró que disminuye mientras la fruta llega a su madurez, apreciándose que algunos genotipos tuvieron menor porcentaje de ácido cítrico en todos los estados de madurez.

La relación obtenida entre el contenido de los sólidos solubles y la acidez titulable, conocida como relación de madurez o de sabor, se incrementó con la madurez del tomate de árbol. Los valores obtenidos en los genotipos correspondientes a los segregantes GT- 41 y GT- 45 son mayores que para los cultivares anaranjado gigante con y sin injerto, debido a que el dulzor proporcionado por los sólidos solubles es mayor, ya que los valores de la acidez es ligeramente mayor.

### **3.3. SELECCIONAR Y CARACTERIZAR QUÍMICA Y NUTRICIONALMENTE LOS GENOTIPOS DE TOMATE DE ÁRBOL**

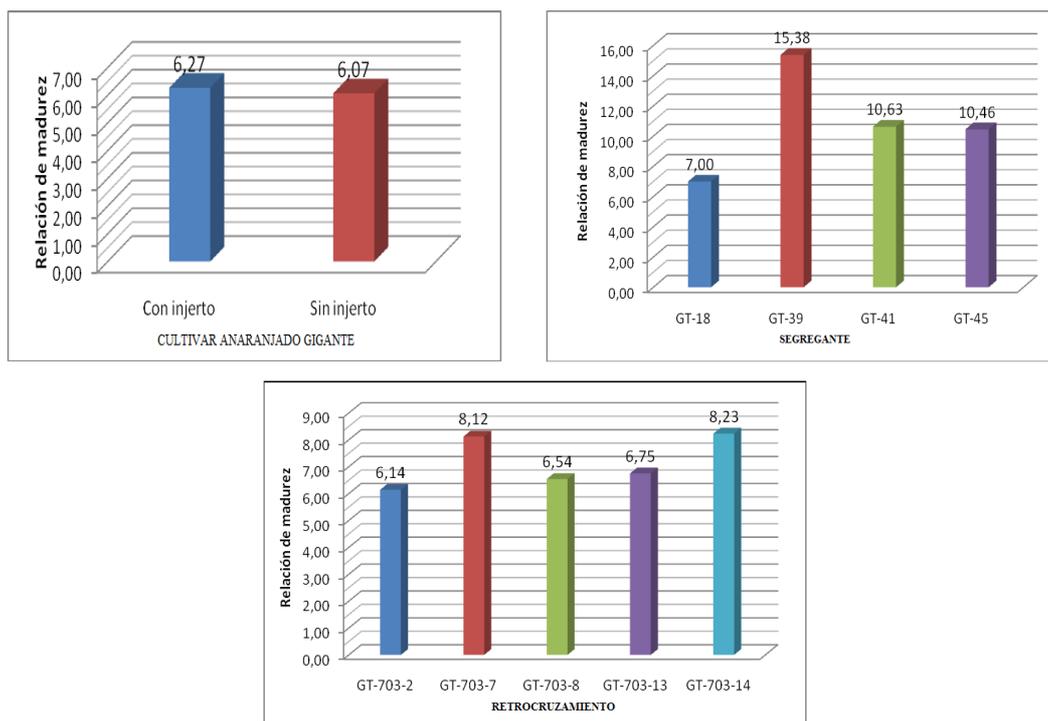
#### **3.3.1. Selección por calidad de los mejores genotipos de tomate de árbol**

La selección de los genotipos de tomate de árbol se realizó de acuerdo a los resultados obtenidos en la caracterización física, química y sensorial. Según la Comisión de Códex Alimentarius, (2008), los frutos para su comercialización en fresco, deben cumplir con ciertas normas de calidad, como frutos sanos, apariencia fresca, consistencia firme, color característico de la variedad, y cumplir con las medidas establecidas para el diámetro y el peso.

Los genotipos anaranjado gigante con injerto, GT-703-2 y GT-41, reunieron los requisitos de calidad, anteriormente mencionados, requeridos para la comercialización en fresco. Estos materiales presentaron valores promedios dentro de la caracterización física que se realizó en sus grupos, para el análisis del peso, largo, diámetro y relación L/D; sin embargo presentaron el mayor

rendimiento en pulpa, por lo que se ubicaron en los primeros grupos estadísticos en la prueba de significancia de Tukey al 5 %. Con relación a la firmeza y la consistencia de la pulpa, los resultados fueron valores bajos de firmeza y altos para la consistencia (es decir la pulpa es más líquida).

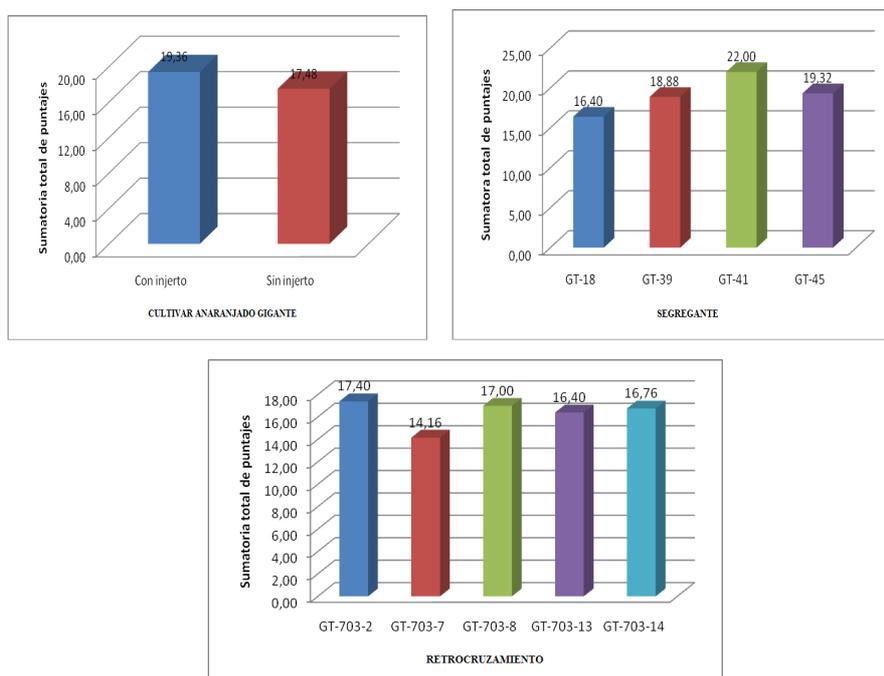
En la Figura 22 se presentan los valores de la relación de sabor o madurez para cada uno de los grupos de los genotipos en la madurez fisiológica.



**Figura 22.** Relación de sabor para los tres grupos de genotipos de tomate de árbol

Los genotipos del cultivar anaranjado gigante con injerto y el retrocruzamiento GT-703-2 tuvieron un mayor contenido sólidos solubles, aroma y sabor en sus respectivos grupos, así como un menor contenido de solanina. La acidez para los genotipos pertenecientes a cada grupo analizado, tiene valores bajos para los genotipos con injerto y GT-41 y altos para el genotipo GT-703-2. Así mismo, los genotipos con injerto y GT-41 reflejan resultados adecuados en la relación de sabor, obtenida de la división entre los sólidos solubles y la acidez de la fruta.

Los genotipos correspondientes al cultivar anaranjado gigante con injerto, el retrocruzamiento GT-703-14 y el segregante GT-39 tuvieron la mayor relación de sabor con 6,27, 8,23 y 15,38, respectivamente. Sin embargo el retrocruzamiento y el segregante no fueron seleccionados debido a las características físicas que presentaron esas frutas, como son la forma, el peso, 59 y 58,25 g respectivamente y el rendimiento en pulpa, de 65,43 y 61,84 % respectivamente. Los puntajes obtenidos en los tres grupos, en la prueba de aceptabilidad sobre 28 puntos se presentan en la Figura 23.



**Figura 23.** Grupos de genotipos de tomate de árbol con mayor aceptabilidad de acuerdo al puntaje total del análisis sensorial

Respecto al análisis sensorial los genotipos seleccionados, coincidieron con la caracterización física y química. Con el fin de distinguir los que tuvieron mayor aceptabilidad, se sumó las calificaciones de los catadores para los cuatro atributos. Los genotipos con injerto, GT-703-2 y GT-41 que fueron seleccionados, tienen las más altas puntuaciones con 19,36, 17,40 y 22,00 respectivamente.

### 3.3.2. Caracterización química y nutricional de los genotipos seleccionados

En la Tabla 30, se presentan los resultados obtenidos de la caracterización química y nutricional en la pulpa del tomate de árbol de los genotipos seleccionados. Los valores están en base seca, a excepción del pH, la acidez y los sólidos solubles que se reportan en base fresca.

**Tabla 30.** Caracterización nutricional de la pulpa de tres genotipos de tomate de árbol

ANÁLISIS	Anaranjado gigante con injerto	Segregante GT-41	Retrocruzamiento GT-703-2	
pH*	3,58 ± 0,05	3,89 ± 0,02	3,46 ± 0,02	
Acidez titulable (g ac. cit/100)*	2,08 ± 0,11	1,34 ± 0,06	2,07 ± 0,02	
Sólidos solubles (°Brix)*	13,04 ± 0,65	14,24 ± 0,69	12,71 ± 0,07	
Humedad (g/100g)	86,00 ± 0,01	83,81 ± 0,03	83,05 ± 0,50	
Cenizas (g/100g)	8,05 ± 0,04	5,25 ± 0,04	8,66 ± 0,08	
Extracto etéreo (g/100g)	0,90 ± 0,00	1,01 ± 0,01	0,52 ± 0,00	
Proteína (g/100g)	13,14 ± 0,09	12,06 ± 0,10	13,65 ± 0,39	
Fibra (g/100g)	11,56 ± 0,07	7,63 ± 0,01	7,64 ± 0,00	
Carbohidratos totales (g/100g)	66,37 ± 0,19	74,06 ± 0,04	69,54 ± 0,30	
Azúcares totales (g/100g)	30,23 ± 0,99	51,36 ± 0,36	36,89 ± 0,86	
Azúcares reductores (g/100g)	13,41 ± 0,12	35,79 ± 0,94	18,95 ± 0,14	
Vitamina C (mg/100g)*	8 ± 0,00	< 6,00	< 6,00	
Antocianinas (mg/100g)	10,70 ± 0,78	6,41 ± 1,32	6,96 ± 1,32	
Polifenoles totales (mg/g)	353,75 ± 5,35	525,83 ± 2,12	436,98 ± 20,16	
Carotenoides totales (mg/g)	13,92 ± 1,90	23,09 ± 0,45	22,88 ± 0,96	
Solanina (mg TGA/100g)	3,12	3,03	2,67	
Minerales (ug/g)	Calcio	700	1100	1000
	Magnesio	2300	1200	1500
	Fósforo	2500	2500	1900
	Potasio	44600	32500	50400
	Sodio	100	200	100
	Hierro	27	31	32
	Zinc	10	13	16
	Manganeso	6	4	2
Cobre	3	7	8	

En base seca, media ± DS (n = 3 repeticiones)

\* En base fresca, media ± DS (n = 3 repeticiones)

El genotipo GT-41 presentó el mayor contenido de sólidos solubles, parámetro que se relaciona con el mayor contenido de azúcares totales y reductores con 51,36 g/100 g y 35,79 g/100 g, respectivamente. De acuerdo a lo indicado por Torres (2006), quien reporta para el cultivar anaranjado gigante un contenido

de azúcares totales y reductores de 63,32 g/100 g y 36,53 g/100 g, respectivamente, se puede establecer una similitud en los valores obtenidos.

En lo referente a la acidez titulable, los tres genotipos presentaron valores entre 1,34 y 2,08 g ácido cítrico/100 g, cantidades similares a la obtenidas en el proyecto FONTAGRO, (2008), para los cuatro cultivares analizados con un promedio de 1,84 g ácido cítrico/100 g; este parámetro es importante en la aceptación del consumidor para esta fruta. En cuanto al pH, los valores reportados para los tres genotipos, se encuentran en el rango reportado (3,4 - 3,9) por Torres, (2006) y Ocampo, (2009).

A pesar de que las frutas no se caracterizan por la proteína que tiene en su composición, el contenido resultó ser mayor para el genotipo GT-703-2, con el valor de 13,65 g/100 g, valor similar al reportado por Sañaicela (2008), con 15,03 g/100 g.

El cultivar anaranjado gigante con injerto presenta mayor contenido de fibra con 11,56 g/100 g, respecto a los genotipos GT-703-2 y GT-41.

Los carotenoides totales, confieren el color amarillo o naranja a los alimentos; se encontraron en mayor proporción en el genotipo GT-41, que registró un valor de 23,09 mg/g de pulpa. Las antocianinas son las sustancias responsables del color rojo, morado y púrpura, para los genotipos analizados, el cultivar anaranjado gigante con injerto presentó la mayor cantidad con 10,70 mg/100 g.

Respecto al contenido de minerales, se encontró que los macro-elementos magnesio y fósforo están presentes en mayor cantidad en el genotipo con injerto. En cuanto a los micro-elementos analizados, el hierro, zinc y cobre resultaron ser superiores en el genotipo GT-703-2; mientras que el manganeso es mayor en el genotipo con injerto. El genotipo que tuvo mayor contenido de cenizas fue el GT-703-2, lo que coincide con el mayor contenido de potasio que es el macroelemento que se encuentra en mayor cantidad en las frutas.

El extracto etéreo, según datos reportados por Buitrón, (2010), en el tomate de árbol cultivar amarillo puntón, posee valores promedios de 0,70 g/100g, mientras que los tres genotipos seleccionados tuvieron valores similares, entre 0,52 y 1,01 g/100 g.

Los carbohidratos totales obtenidos por diferencia, presentaron valores de 66,36, 74,06 y 69,54 g/100 g, para los genotipos con injerto, GT-41 y GT-703-2, respectivamente, son menores a los reportados por Buitrón (2010), con 75,63 g/100 g.

### **3.4. DETERMINACIÓN DE LA VIDA EN ESTANTE PARA LA VARIEDAD ANARANJADO GIGANTE CON Y SIN INJERTO**

La variedad anaranjado gigante se conservó a dos condiciones de almacenamiento, con la determinación de la calidad física y química durante el almacenamiento, para establecer el tiempo de vida útil.

#### **3.4.1. CONSERVACIÓN EN AMBIENTE BAJO CUBIERTA**

En la conservación al ambiente bajo cubierta se presentaron los valores promedios para la temperatura y humedad relativa de 17 °C y humedad relativa de 59 %. El análisis estadístico para la varianza obtenida en el tiempo de almacenamiento (30 días) se presenta en la Tabla 31.

Del análisis de varianza, para el factor genotipos, las diferencias son no significativas para todas las variables; mientras que para el factor períodos de almacenamiento, las diferencias son altamente significativas para las variables firmeza, sólidos solubles y acidez titulable, lo que no sucede con el pH donde las diferencias no son significativas. La interacción genotipos por períodos de almacenamiento, presenta diferencias altamente significativas solamente para la acidez titulable, siendo no significativa para firmeza, sólidos solubles y pH. Las diferencias obtenidas en los valores de las repeticiones fueron no significativas, a excepción de la firmeza que fue altamente significativa.

**Tabla 31.** Análisis de varianza para la firmeza, sólidos solubles, pH, acidez y relación de sabor en el almacenamiento bajo cubierta (17 °C y 59 % HR)

FUENTE DE VARIACIÓN	G.L.	FIRMEZA (N)	SÓLIDOS SOLUBLES (°Brix)	pH	ACIDEZ TITULABLE (g/100g)	RELACIÓN DE SABOR
<b>TOTAL</b>	29					
<b>FACTORES</b>						
A: Genotipos	1	0,6387 NS	0,1173 NS	0,3304 NS	0,3481 NS	0,9130 NS
B: Períodos de almacenamiento	4	0,0000**	0,0000**	0,4353 NS	0,0000**	0,0000**
D: Repeticiones	2	0,0022**	0,3895 NS	0,3872 NS	0,3098 NS	0,2877 NS
<b>INTERACCIONES</b>						
AB: Genotipos x Períodos almacenamiento	4	0,637 NS	0,0934 NS	0,433 NS	0,0004**	0,0666 NS
Error Experimental	18					
<b>X media</b>		54,19	12,25	3,63	1,94	6,46
<b>D.S. (±)</b>		20,74	0,92	0,10	0,26	1,27
<b>C.V. (%)</b>		38,28	7,52	2,66	13,39	19,61

\*\* : Altamente significativo  $p = 0,00 - 0,01$

\* : Significativo  $p = 0,01 - 0,05$

NS: No significativo  $p > 0,05$

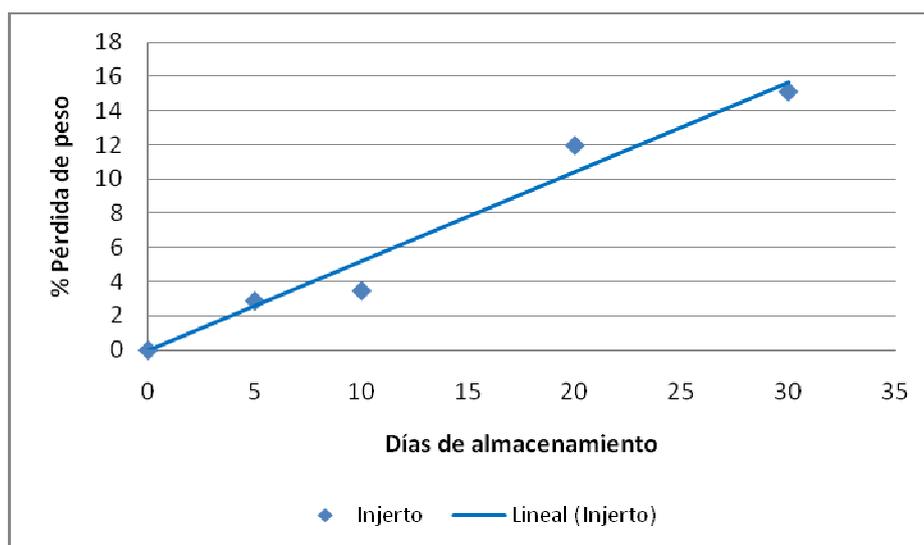
El coeficiente de variación más alto de 38,28 %, se presentó para la firmeza, según Márquez (2007) esto se produce principalmente porque durante el almacenamiento se produce una deshidratación desigual en la fruta y debido a la hidrólisis del componente pectínico, de la celulosa y hemicelulosa, que causa cambios en las paredes celulares de la pulpa, principalmente por la formación de ácidos pécticos solubles, lo cual genera una mayor flexibilidad.

### 3.4.1.1 Determinación de parámetros físicos

#### a) Pérdida de peso

Las condiciones ambientales a las que estuvo sometida la fruta durante el almacenamiento (17 °C y 59 % HR), que ocasionaron la transpiración del vapor de agua y como consecuencia la pérdida de peso.

En la Figura 24 se pueden observar las pérdidas de peso del cultivar anaranjado gigante con injerto, durante la conservación al ambiente.



**Figura 24.** Pérdida de peso del cultivar anaranjado gigante con injerto al ambiente bajo cubierta (17 °C y 59 % HR)

La variedad anaranjado gigante con injerto mostró una tendencia lineal durante el tiempo de almacenamiento, lo que permitió obtener la siguiente ecuación:

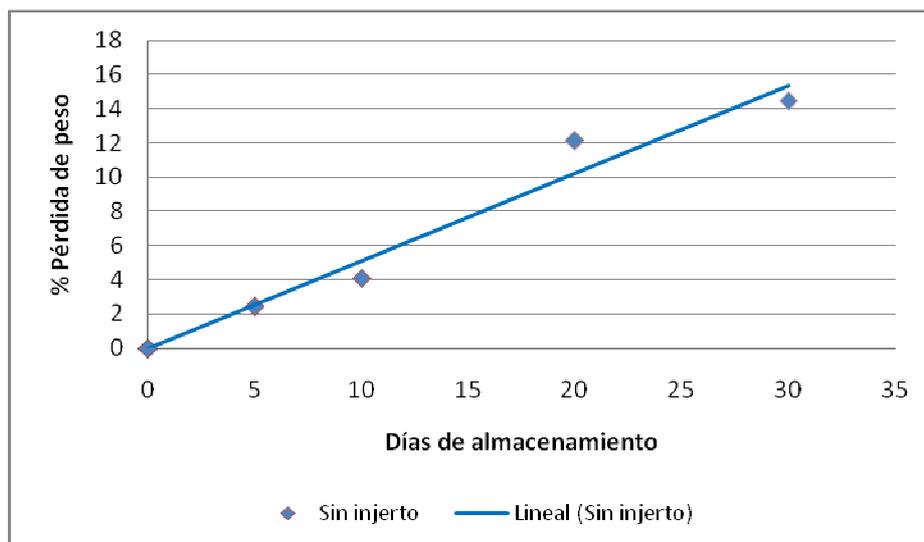
$$\% \text{ pérdida de peso} = 0,5215 * \text{días de almacenamiento}$$

$$R^2 = 0,9659$$

A los 30 días de almacenamiento, la fruta mostró una pérdida de peso del

15,14 % y se encontraba con el 75 % del daño calificado como deshidratación, por lo que fue descartada.

En la Figura 25 se puede observar las pérdidas de peso del cultivar anaranjado gigante sin injerto, durante la conservación al ambiente.



**Figura 25.** Pérdida de peso del cultivar anaranjado gigante sin injerto al ambiente bajo cubierta (17 °C y 59 % HR)

La variedad anaranjado gigante sin injerto mostró una tendencia lineal con el transcurrir del tiempo de almacenamiento, lo que permitió obtener la siguiente ecuación de comportamiento.

$$\% \text{ pérdida de peso} = 0,5110 * \text{días de almacenamiento}$$

$$R^2 = 0,9659$$

Estas ecuaciones son una referencia para determinar la pérdida de peso en cualquier número de días, siendo importante para programar el almacenamiento y actividades en la poscosecha, así como en la industrialización.

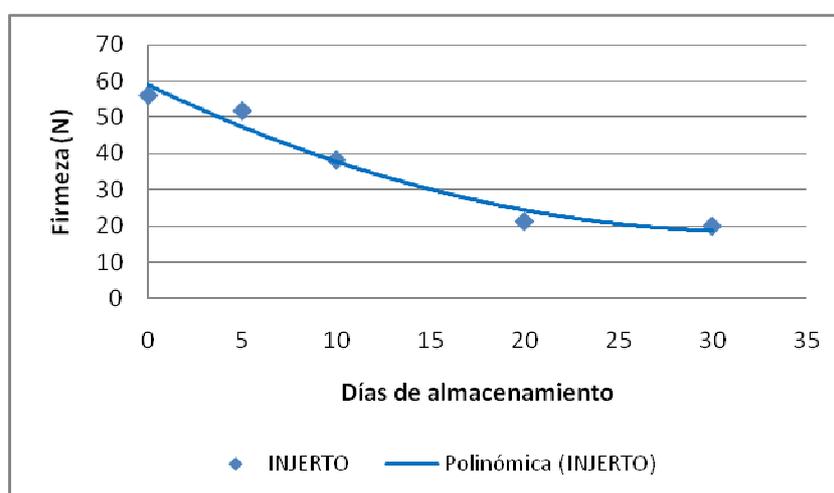
A los 30 días de almacenamiento, la fruta del cultivar sin injerto tuvo una pérdida de peso del 14,43 %. La fruta proveniente de plantas sin injertar alcanzó a conservarse hasta los 30 días, aunque a este tiempo ya el total de los frutos presentaban un 20% de los frutos con pudrición y el 80% con presencia de deshidratación.

El análisis de varianza para la interacción genotipos por períodos de almacenamiento, planteado en el diseño factorial determinó que no es significativo, excepto para la acidez; esto se debe a que en cada factor se da un mismo comportamiento e influyen de igual forma en la variable de

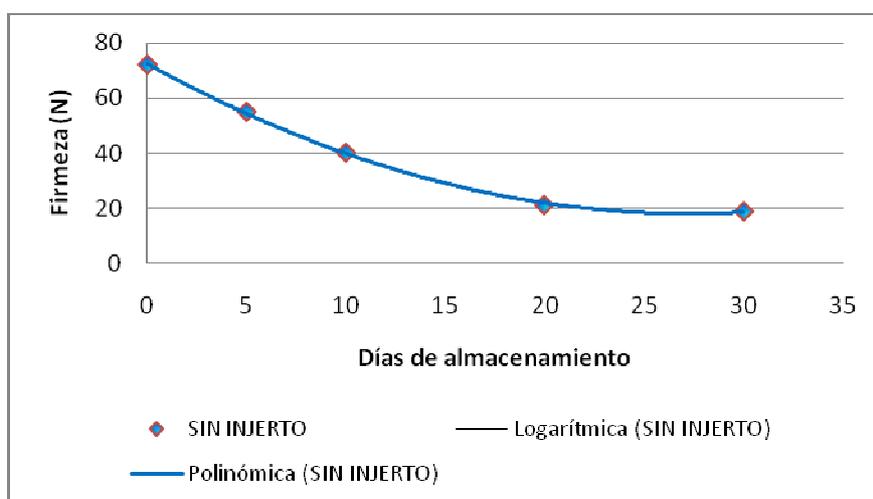
respuesta: pérdida de peso. Los datos estadísticos se encuentran en el Anexo D.

## b) Firmeza

En las Figuras 26 y 27 se puede observar el comportamiento del cultivar anaranjado gigante con y sin injerto. La firmeza, en los dos casos disminuyó con el tiempo de conservación, ya que durante el envejecimiento de la fruta se producen cambios en las paredes celulares de la pulpa, principalmente por la formación de ácidos pécticos solubles, generando una mayor elasticidad en el material. (Márquez, 2007).



**Figura 26.** Firmeza del cultivar anaranjado gigante con injerto en conservación al ambiente bajo cubierta (17 °C y 59 % HR)



**Figura 27.** Firmeza del cultivar anaranjado gigante sin injerto en conservación al ambiente bajo cubierta (17 °C y 59 % HR)

Los genotipos del cultivar anaranjado gigante con y sin injerto mostraron una tendencia polinómica descendente con el tiempo de almacenamiento, lo que permitió obtener las siguientes ecuaciones de comportamiento.

Con injerto: 
$$\text{Firmeza} = 0,0385x^2 - 2,4959x + 58,895$$
  

$$R^2 = 0,9650$$

Sin injerto: 
$$\text{Firmeza} = 0,0734x^2 - 4,0026x + 72,582$$
  

$$R^2 = 0,9995$$

Al inicio del almacenamiento, la fruta con y sin injerto, presentó una firmeza de 56,02 y 72,18 N respectivamente, mientras que a los 30 días de almacenamiento, la presentó 19,93 y 18,82 N respectivamente. Según Márquez (2007), esto se debe a que la resistencia a la penetración disminuye con el tiempo de almacenamiento, ya que se producen cambios en las paredes celulares de la pulpa producto de la degradación por hidrólisis del componente péctico, que a la vez desagregan otros compuestos, como celulosa y hemicelulosa, parte de la superficie se encuentra en contacto con otras frutas o con el envase.

Al analizar los datos estadísticamente, resultó que los genotipos con y sin injerto presentan diferencia no significativa en su firmeza mientras transcurren los días de almacenamiento, cabe señalar que el cultivar sin injerto fue más firme que el con injerto. Los datos estadísticos se encuentran en el Anexo D.

El análisis de varianza en la interacción de los genotipos por los periodos de almacenamiento resultó ser no significativo, por lo que la firmeza disminuyó de la misma manera en los dos genotipos de este cultivar.

### c) Descripción visual de daños

Este índice de madurez es subjetivo, debido a que utiliza los órganos de los sentidos, en este caso la vista, por lo tanto sus resultados son propensos a

variar considerando el criterio del analista, sin embargo los tres tipos de daños encontrados se relacionan con el manejo agronómico del cultivo que incide en la calidad poscosecha de la fruta.

El daño poscosecha que se identificó con mayor intensidad durante el almacenamiento fue la deshidratación, aunque a medida que transcurrió el tiempo de almacenamiento también se hicieron presentes otros tipos de daños que desencadenaron con la pudrición de la fruta.

Los resultados obtenidos para esta variable, durante el almacenamiento al ambiente bajo cubierta, según la intensidad de los daños, para el cultivar anaranjado gigante con y sin injerto, se presentan en la Tabla 32.

Los datos señalan que con el pasar del tiempo de almacenamiento los daños aumentaron dentro de la escala de intensidad sugerida. Durante el almacenamiento hubo un incremento de la deshidratación.

**Tabla 32.** Diferentes tipos de daños en el tomate de árbol cultivar anaranjado gigante con y sin injerto, durante el almacenamiento bajo cubierta (17 °C, 59 % HR)

GENOTIPOS	TIEMPO	TIPOS DE DAÑOS (%)								
	DÍAS	DESHIDRATACIÓN			PUDRICIÓN			FÍSICOS		
		I	II	III	I	II	III	I	II	III
Con injerto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5	13	0	0	13	0	0	7	0	0
	10	53	7	0	13	0	0	20	0	0
	20	0	50	13	0	0	7	0	20	0
	30	0	60	13	0	0	0	0	27	0
Sin injerto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5	0	0	0	7	0	0	13	0	0
	10	60	0	0	20	0	0	27	0	0
	20	0	60	30	0	0	27	0	33	0
	30	0	80	20	0	0	27	0	40	0

n=15 repeticiones

I: Daño Leve

II: Daño Moderado

III: Daño

Severo

Los valores presentados en las tablas se refieren al porcentaje de los diferentes tipos de daños, que se evaluaron durante cada período de conservación, relacionados con el porcentaje total de frutos que se almacenaron. Así el cultivar anaranjado gigante con injerto, presentó a los 5 días de almacenamiento, el primer signo de daño por deshidratación leve con el 13 % del total de frutos analizados, que para la comercialización en fresco, no es de mayor importancia. De la misma manera sucede con los daños por pudrición y físicos de los frutos con injerto, que a los 5 días presentaron un 13 y 7 % de daños en la totalidad de los frutos respectivamente, que para la escala recomendada se encuentra en daño leve, pero la fruta puede utilizarse para la comercialización en fresco a nivel nacional.

A los 10 días de almacenamiento se reportó el 53 % del total de los frutos analizados con deshidratación leve y el 7 % con deshidratación moderada. Los daños por pudrición leve fueron del 13 % y los daños físicos leves son del 20 % de la totalidad de frutos analizados, éstas características repercuten en la comercialización de la fruta para consumo en fresco.

A medida que transcurre el tiempo se observó el aumento en los daños, como en el caso de los 20 días en que la fruta presentó deshidratación moderada en el 50 % de los frutos, así como los daños por pudrición y físicos con mayor porcentaje en el estado moderado y severo, respectivamente. A los 30 días la fruta tuvo deshidratación entre moderada y severa y un mayor porcentaje de daños físicos en la escala moderada.

El cultivar anaranjado gigante sin injerto, a los 10 días de almacenada presentó daños leves por deshidratación, pudrición y físicos, pero al interior la fruta se apreciaba en buen estado, motivo por el cual puede utilizarse con fines industriales o para el consumo en fresco.

En los siguientes períodos, es decir a los 20 y 30 días de almacenamiento, los daños aumentaron en las categorías por deshidratación, pudrición y físicos, pero la fruta presentó buenas condiciones internas relacionadas a la calidad de la pulpa. La visualización de los daños fue considerada para el aspecto superficial de la fruta. Hay que señalar que la pudrición en estos períodos se

clasificó como moderada y representó en 33 y 40 % del total de frutos respectivamente; por lo que la fruta no serviría para un uso agroindustrial.

### 3.4.1.2 Determinación de parámetros químicos

Los resultados de los cuatro parámetros evaluados en la conservación bajo cubierta (17 °C y 59 % HR) y para el cultivar anaranjado gigante con y sin injerto, se presentan en las Tablas 33 y 34, en donde se observa como algunas de las características correspondientes a la calidad de la fruta cambian a medida en que transcurre el tiempo de almacenamiento.

**Tabla 33.** Parámetros químicos del cultivar anaranjado gigante con injerto en el almacenamiento bajo cubierta (17 °C 59 % HR)

DÍAS	SÓLIDOS SOLUBLES (°Brix)	pH	ACIDEZ TITULABLE (g/100g)	VITAMINA C (mg/100g)
0	12,00 ± 0,22 A	3,51 ± 0,05 A	1,62 ± 0,09 A	8
5	12,21 ± 1,36 AB	3,56 ± 0,05 A	1,86 ± 0,09 AB	< 6
10	12,33 ± 0,60 BC	3,64 ± 0,05 A	1,99 ± 0,17 BC	< 6
20	13,45 ± 1,07 C	3,69 ± 0,04 A	2,05 ± 0,07 CD	< 6
30	13,55 ± 0,50 C	3,70 ± 0,04 A	2,07 ± 0,06 E	< 6

media ± DS (n = 3 repeticiones)

Valores en la misma columna seguidos por una misma letra no son diferentes estadísticamente

**Tabla 34.** Parámetros químicos del cultivar anaranjado gigante sin injerto en el almacenamiento bajo cubierta (17 °C 59 % HR)

DÍAS	SÓLIDOS SOLUBLES (°Brix)	pH	ACIDEZ TITULABLE (g/100g)	VITAMINA C (mg/100g)
0	11,57 ± 0,21 A	3,53 ± 0,04 A	1,61 ± 0,04 A	8
5	11,71 ± 0,60 A	3,55 ± 0,04 A	1,67 ± 0,08 A	< 6
10	12,36 ± 0,55 A	3,62 ± 0,06 A	1,87 ± 0,05 AB	< 6
20	12,79 ± 0,91 BC	3,78 ± 0,04 A	2,09 ± 0,04 EF	< 6
30	13,15 ± 1,06 CC	3,75 ± 0,07 A	2,10 ± 0,04 G	< 6

media ± DS (n = 3 repeticiones)

Valores en la misma columna seguidos por una misma letra no son diferentes estadísticamente

#### a) pH

En la interacción AxB (Genotipos x Períodos de almacenamiento), para los cultivares con y sin injerto, no se presentaron diferencias estadísticas, lo que

indica que los dos cultivares se comportan de forma similar. Los valores se encuentran descritos en el Anexo D.

En el día 20, el cultivar sin injerto presentó un pico en su pH, esto se debe a que en el proceso de senescencia, el pH tiende a aumentar, debido a que la fruta tiende a disminuir la acidez. En el tomate de árbol anaranjado gigante, se observó un incremento del pH de 3,51 al inicio del almacenamiento hasta 3,70 al final del mismo y para el cultivar con injerto, de 3,53 a 3,75. Esto indica que el período de senescencia inició más rápido en el cultivar sin injerto.

#### **b) Acidez titulable**

El análisis estadístico mostró diferencias altamente significativas ( $\alpha = 0,05 \%$ ) para la acidez titulable en la interacción genotipos x períodos de almacenamiento.

La acidez en tomate de árbol tiende a disminuir con la maduración y senescencia debido al aumento de la tasa respiratoria y el contenido de azúcares y pigmentos. Esto se observó mejor en el día 20 de almacenamiento, donde el cultivar sin injerto presentó de manera más visible el deterioro causado por la senescencia, demostrado por una caída en el valor de la acidez titulable.

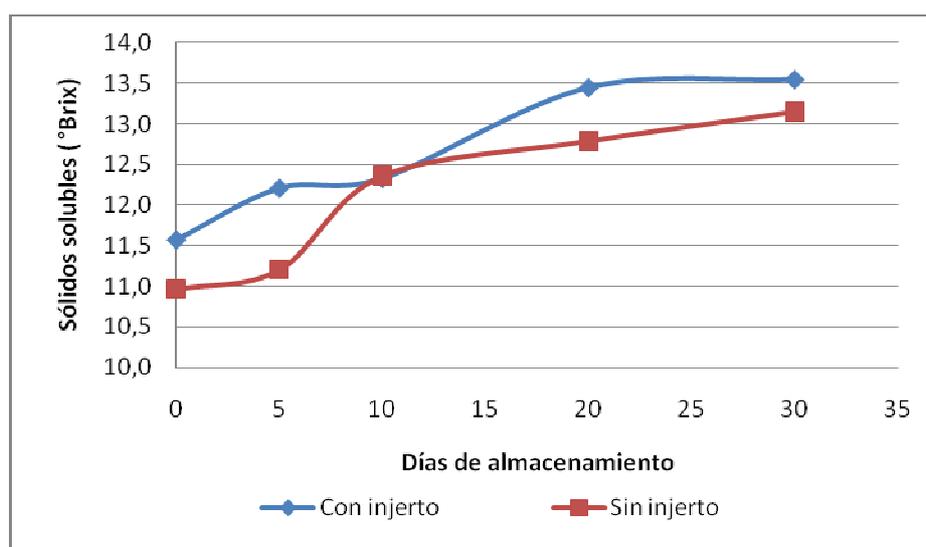
Conforme avanzó el almacenamiento, se observó un comportamiento similar de los cultivares con y sin injerto, en los cuales la acidez titulable disminuyó hasta 1,62 y 1,61 g/100 g respectivamente en el día 30. Sin embargo hay que anotar que para este período del almacenamiento los daños por pudrición están en un 27 %.

#### **c) Sólidos solubles (SS)**

En el análisis estadístico no se obtuvo diferencia estadística al aplicar Tukey ( $\alpha = 0,05 \%$ ) para el contenido de sólidos solubles en la interacción genotipos por períodos de almacenamiento. Los datos se observan en el Anexo D.

En los períodos de almacenamiento, la variación de los sólidos solubles fue altamente significativa ( $\alpha = 0,05 \%$ ), se pudo observar una tendencia durante el almacenamiento a incrementarse en los dos cultivares, lo cual puede indicar que los azúcares complejos y los ácidos orgánicos se transformaron paulatinamente en azúcares simples.

Durante el almacenamiento, los sólidos solubles se incrementaron en los dos cultivares, que se relacionan con el aumento en el contenido de azúcares y de los pigmentos propios de la fruta, a lo que se suma un aumento de la concentración de los mismos a causa de la deshidratación. El cultivar sin injerto presentó un contenido menor de sólidos solubles con relación al cultivar con injerto, como se observa en la Figura 28.



**Figura 28.** Sólidos solubles en el cultivar anaranjado gigante con y sin injerto durante la conservación bajo cubierta ( $17\text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $59\%$  de HR)

#### d) Relación de sabor

Para el tomate de árbol, este balance entre el sabor dulce y ácido de la fruta, es muy importante, así entre más alto sea el valor de sólidos solubles y más baja la acidez, la relación será mayor. Sin embargo, por sí mismo, no puede ser un criterio definitivo del valor comercial debido a la gran variación en la

preferencia de los consumidores. En la Tabla 35 se presenta la relación de sabor para los dos cultivares de tomate de árbol.

Los cultivares en estudio, según el Anova ( $\alpha = 0,05 \%$ ), no tienen diferencias estadísticas para la interacción A x B. Los datos se ven reflejados en el Anexo D.

**Tabla 35.** Relación de sabor para el cultivar anaranjado gigante con y sin injerto, almacenamiento bajo cubierta (17 °C y 59 % HR)

RELACIÓN DE SABOR		
Días	Con injerto	Sin injerto
0	5,80 ± 0,43 A	5,51 ± 0,27 A
5	5,84 ± 0,36 A	5,79 ± 0,21 A
10	5,99 ± 0,56 A	5,84 ± 0,27 A
20	7,26 ± 0,49 B	7,68 ± 0,27 B
30	8,01 ± 0,64 B	8,19 ± 0,47 B

media ± DS (n = 3 repeticiones)

Valores en la misma fila seguidos por una misma letra no son diferentes estadísticamente

Como era de esperarse, los valores de la relación de sabor van aumentando conforme avanza el tiempo de almacenamiento, esto se debe a que al perder agua la fruta, aumenta la concentración de sólidos solubles. En la Prueba de Tukey, el mejor tratamiento es aquel que tenga la relación de sabor más alta. Para el cultivar con injerto se obtuvo una relación máxima de 8,01 y para el cultivar sin injerto un valor de 8,19; valores obtenidos en el día 30 de almacenamiento.

#### e) Vitamina C

Con el método reflectométrico que se utilizó, solamente al inicio del almacenamiento en ambiente controlado se pudo detectar contenido de vitamina C, para el resto de los períodos de almacenamiento no se detectó, razón por la cual se reporta el contenido de vitamina C menor al rango de detección que es de 6 mg/100 g. Este comportamiento se observó en los dos cultivares.

### f) Color interno de la pulpa

En la Tabla 36, se presentan los resultados de los parámetros que conforman el color interno de la pulpa como son  $L'$ ,  $a$ ,  $b$ ,  $^{\circ}h$  y  $C$ , durante el tiempo de almacenamiento para los cultivares con y sin injerto. Respecto a la luminosidad, para los dos cultivares, presenta una ligera tendencia a incrementarse conforme avanza el almacenamiento, superando el valor con relación al de la conservación al ambiente natural.

**Tabla 36.** Variación del color para el cultivar anaranjado gigante con y sin injerto, durante en almacenamiento bajo cubierta

GENOTIPO	DÍAS	COLOR					
		$L'$	$a$	$b$	$^{\circ}h$	$C$	IO
CON INJERTO	0	47,92 ± 3,38	10,59 ± 0,46	32,96 ± 0,96	71,84 ± 0,52	34,80 ± 1,10	124,50 ± 12,02
	5	50,00 ± 1,55	9,92 ± 0,22	36,84 ± 1,12	74,98 ± 0,69	38,16 ± 1,04	124,22 ± 4,05
	10	50,58 ± 1,82	11,71 ± 0,60	35,14 ± 2,41	71,48 ± 2,06	37,07 ± 2,09	132,66 ± 0,86
	20	50,50 ± 1,62	10,37 ± 0,16	38,88 ± 0,63	75,06 ± 0,18	40,25 ± 0,63	141,80 ± 3,66
	30	50,59 ± 1,16	10,46 ± 0,30	40,44 ± 1,28	75,50 ± 0,24	41,77 ± 1,30	150,16 ± 5,06
SIN INJERTO	0	48,53 ± 0,96	9,79 ± 1,38	34,39 ± 1,44	73,77 ± 2,98	35,92 ± 0,90	125,60 ± 1,88
	5	50,07 ± 1,62	9,81 ± 0,29	37,41 ± 0,34	75,30 ± 0,29	38,67 ± 0,40	134,97 ± 4,74
	10	50,28 ± 1,67	10,57 ± 0,29	37,14 ± 1,39	74,10 ± 0,16	38,62 ± 1,42	133,74 ± 0,91
	20	50,50 ± 1,62	10,37 ± 0,16	38,88 ± 0,63	75,06 ± 0,18	40,25 ± 0,63	141,80 ± 3,66
	30	49,69 ± 0,34	10,28 ± 0,10	40,20 ± 0,41	75,66 ± 0,26	41,49 ± 0,37	152,96 ± 1,17

media ± DS (n = 3 repeticiones)

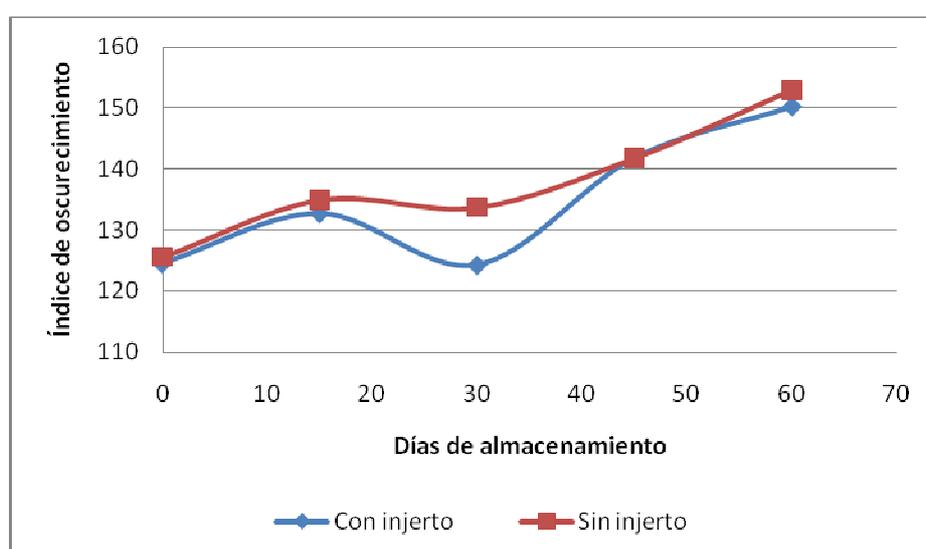
Durante el almacenamiento del cultivar con injerto, el parámetro  $a$  tiende a mantenerse constante el color rojo, tal es el caso que al día 0 se empezó con 10,59 y terminó el día 30 con 10,46; para el caso del parámetro  $b$  se notó un considerable aumento en el color amarillo, mientras está en conservación.

En general los valores de cromaticidad, revelaron que a medida que transcurre el tiempo de almacenamiento ésta aumenta, lo que indica que la intensidad del color de la pulpa se acentúa volviéndose cada vez con un color más puro.

El índice de oscurecimiento para el cultivar con injerto, aumentó a medida que pasan los días de almacenamiento, es decir que la pulpa del tomate de árbol se

pardeó en la conservación hasta los 30 días de almacenamiento; el índice de oscurecimiento presentó valores menores hasta los 5 días de almacenamiento. Para el caso del cultivar sin injerto, tanto el factor *a* como el *b*, presentaron una relación directamente proporcional, es decir si el color rojo aumenta en su intensidad, el amarillo de igual manera.

La representación del índice de oscurecimiento durante los diferentes períodos de almacenamiento, para los cultivares con y sin injerto, se muestran en la Figura 29.



**Figura 29.** Índice de oscurecimiento en el cultivar anaranjado gigante con y sin injerto durante la conservación bajo cubierta (17 °C y 59 % de HR)

### 3.4.2. CONSERVACIÓN EN AMBIENTE CONTROLADO

El almacenamiento en ambiente controlado se realizó en un cuarto frío a una temperatura de  $7 \pm 1$  °C y 85 % de humedad relativa.

Durante el almacenamiento del tomate de árbol bajo estas condiciones, se logró disminuir la transpiración de la fruta. En la Tabla 37, se muestran los resultados del análisis de varianza obtenido para las variables evaluadas en el almacenamiento bajo condiciones controladas.

**Tabla 37.** Análisis de varianza para la firmeza, sólidos solubles, pH, acidez titulable y relación de sabor en el almacenamiento en ambiente controlado

FRIGOCONSERVACIÓN						
FUENTE DE VARIACIÓN	G.L.	FIRMEZA	SÓLIDOS SOLUBLES	pH	ACIDEZ TITULABLE	RELACIÓN DE SABOR
		(N)	(° Brix)		(g/100 g)	
<b>TOTAL</b>	29					
<b>FACTORES</b>						
A: Genotipos	1	0,3333 NS	0,7211 NS	0,3289 NS	0,0565 NS	0,4505 NS
B: Períodos de almacenamiento	4	0,0000**	0,0002**	0,4308 NS	0,0000**	0,0000**
D: Repeticiones	2	0,0003**	0,2646 NS	0,3844NS	0,8846NS	0,6982 NS
<b>INTERACCIONES</b>						
AB: Genotipos x Períodos almacenamiento	4	0,8336 NS	0,543 NS	0,433 NS	0,2454 NS	0,3494 NS
Error Experimental	18					
<b>X media</b>		57,16	12,16	2,72	1,81	6,82
<b>D.S. (±)</b>		18,20	0,81	0,04	0,27	1,30
<b>C.V. (%)</b>		31,84	6,63	1,47	15,04	19,09

\*\* : Altamente significativo  $p = 0,00 - 0,01$

\* : Significativo  $p = 0,01 - 0,05$

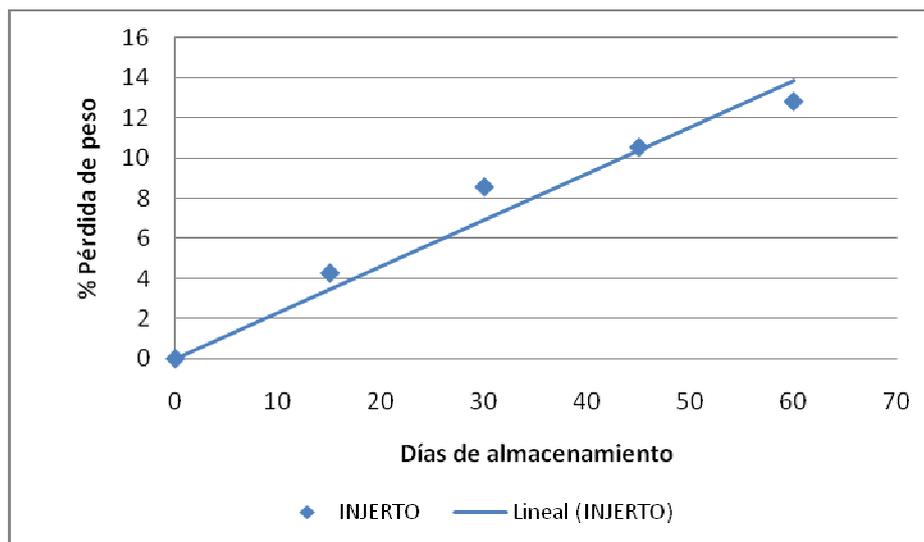
NS : No significativo  $p > 0,05$

Del análisis de varianza se obtuvo que para los períodos de almacenamiento se presentaron diferencias altamente significativas para todas las variables, excepto para el pH donde las diferencias son no significativas. En el caso de los genotipos, para todas las variables las diferencias fueron no significativas. Para las repeticiones las diferencias fueron altamente significativas únicamente para la firmeza de la pulpa. La interacción Genotipos por Períodos de almacenamiento, las diferencias fueron no significativas para todas las variables.

### 3.4.2.1 Determinación de parámetros físicos

#### a) Pérdida de peso

En la Figura 30 se presenta la pérdida de peso para el cultivar anaranjado gigante con injerto, donde se puede observar el gradual incremento con el tiempo de almacenamiento.



**Figura 30.** Pérdida de peso del cultivar anaranjado gigante con injerto, conservación en ambiente controlado

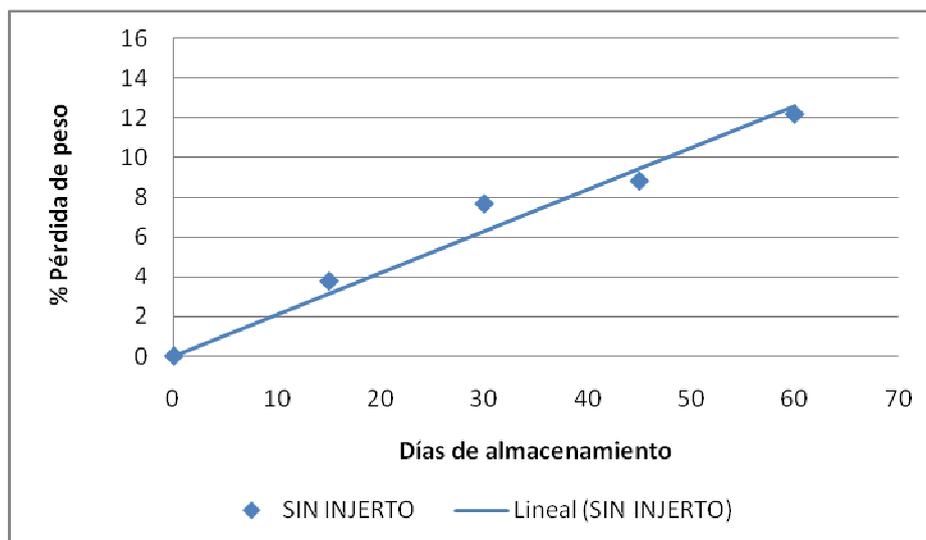
El cultivar con injerto mostró una tendencia lineal al transcurrir el tiempo de almacenamiento, lo que permitió obtener las siguientes ecuaciones de comportamiento en ambiente controlado.

$$\% \text{ Pérdida de peso} = 0,2314 \times \text{Días de almacenamiento}$$

$$R^2 = 0,9580$$

La curva muestra que la variación del porcentaje de pérdida de peso se realizó gradualmente en todo el almacenamiento, indicando la mayor pérdida de peso de la fruta a los 60 días.

En la Figura 31 se observan las pérdidas de peso del cultivar anaranjado gigante sin injerto, durante los 60 días de almacenamiento en ambiente controlado.



**Figura 31.** Pérdida de peso del cultivar anaranjado gigante sin injerto, conservación en ambiente controlado

El cultivar con injerto mostró un comportamiento con tendencia lineal al transcurrir del tiempo de almacenamiento, lo que permitió obtener las siguientes ecuaciones de comportamiento.

$$\% \text{ Pérdida de peso} = 0,2096 \times \text{Días de almacenamiento}$$

$$R^2 = 0,9682$$

A los 60 días de almacenamiento, el cultivar sin injerto tuvo una pérdida de peso del 12,19 %, que muestra un grado similar de deshidratación que el cultivar con injerto con una deshidratación del 12,80 %.

El análisis estadístico permitió determinar que los cultivares con y sin injerto presentaron diferencias altamente significativas ( $\alpha = 0,05$  %), en el factor períodos de almacenamiento, con excepción del pH; mientras que la interacción genotipos por períodos de almacenamiento fue no significativa para las cinco variables de control. Los datos estadísticos se encuentran en el Anexo D.

En la conservación en ambiente controlado, se pudo realizar el control de calidad hasta los 60 días de almacenamiento; aunque en este periodo ya se presentó una deshidratación severa para los dos cultivares.

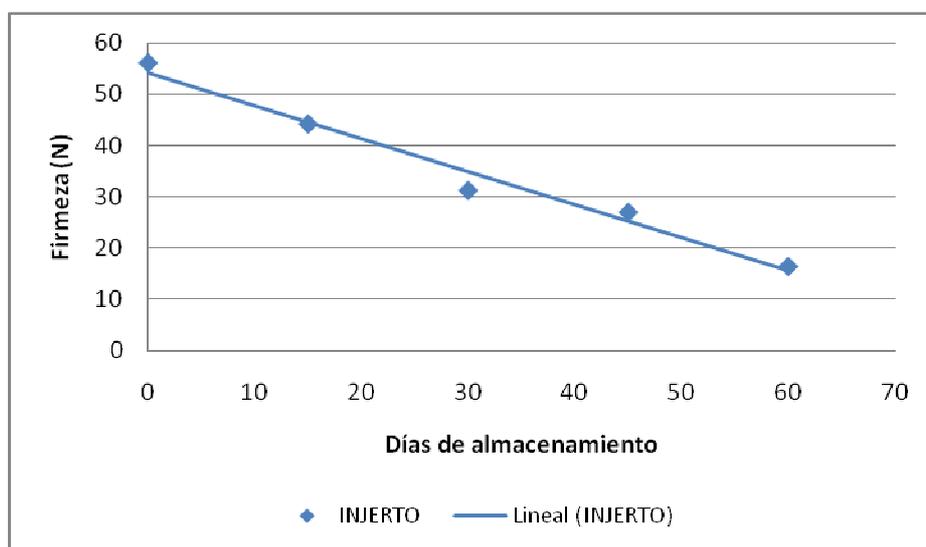
## b) Firmeza

En la Figura 32 se puede observar el comportamiento del cultivar con injerto durante el almacenamiento en ambiente controlado para la firmeza de la pulpa.

El cultivar con injerto mostró una tendencia lineal descendente con el transcurrir del tiempo de almacenamiento, lo que permitió obtener las siguientes ecuaciones de comportamiento en ambiente controlado.

$$\text{Firmeza} = -0,6424 \times \text{Días de almacenamiento} + 54,225$$

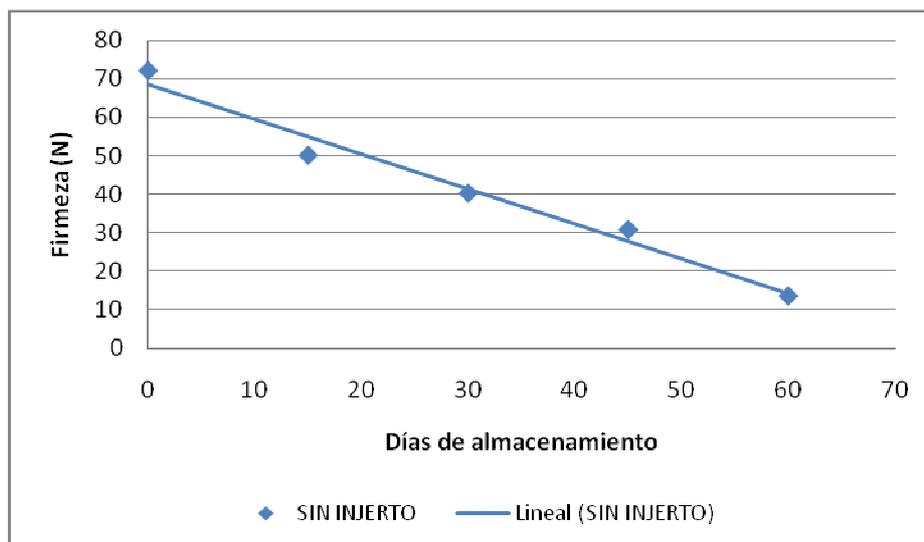
$$R^2 = 0,9782$$



**Figura 32.** Firmeza del cultivar anaranjado gigante con injerto, conservación en ambiente controlado

El tomate de árbol con injerto al inicio del almacenamiento, presentó una firmeza de 56,02 N mientras que, a los 60 días la firmeza disminuyó hasta 16,43 N.

En la Figura 33 se puede observar la evolución de la firmeza del cultivar sin injerto durante la conservación al ambiente controlado.



**Figura 33.** Firmeza del cultivar anaranjado gigante sin injerto, conservación en ambiente controlado

El cultivar sin injerto mostró un comportamiento con tendencia lineal con el avance del tiempo de almacenamiento, lo que permitió obtener las siguientes ecuaciones

$$\text{Firmeza} = -0,9112 \times \text{Días de almacenamiento} + 68,722$$

$$R^2 = 0,9755$$

Al inicio del almacenamiento, el tomate de árbol sin injerto presentó una firmeza de 72,18 N, mientras que a los 60 días disminuyó a 13,52 N.

Comparando la firmeza de los dos cultivares, se observa que el sin injerto mostró un mayor grado de resistencia a la penetración que el con injerto, durante los primeros períodos de almacenamiento; sin embargo al final el cultivar con injerto presentó una mayor firmeza.

El análisis estadístico mostró que no existe diferencia significativa para la firmeza con respecto a la interacción genotipos por períodos de almacenamiento, pero hubo diferencias altamente significativas para las repeticiones y los periodos de almacenamiento. Los valores promedio de la firmeza en ambiente controlado fueron mayores que los presentados durante la conservación al ambiente y tendieron a mantenerse por un mayor tiempo para los dos cultivares, según Márquez (2007) esto se debe a que en el almacenamiento al ambiente natural se presenta más rápidamente la

disminución de la resistencia del material vegetal, por lo que los frutos se tornan más blandos. Los datos estadísticos se presentan en el Anexo D.

### c) Descripción visual de daños

En la Tabla 38 se pueden observar los tres tipos de daños reportados en porcentaje para los dos cultivares de tomate de árbol.

De manera simultánea, se presentaron signos de daños físicos leves a los 15 días de almacenamiento con el 7 % del total de los frutos analizados, así como deshidratación leve con el 7 %, que no influye notablemente en la comercialización en fresco.

Para el cultivar con injerto a medida que transcurre el tiempo se observó el aumento de los daños, a los 30 días se presentó una deshidratación leve en el 80 % de los frutos, así como el 27 % de daños físicos leves. A los 45 días de almacenamiento se reportaron daños de deshidratación moderada, con el 20 % del total de los frutos analizados; así como daños por pudrición severa con el 30 % de los frutos, lo que repercute en la comercialización de la fruta.

**Tabla 38.** Diferentes tipos de daños en el cultivar anaranjado gigante con y sin injerto, durante el almacenamiento controlado ( $7 \pm 1^\circ \text{C}$ , 85 % HR)

GENOTIPOS	TIEMPO	TIPOS DE DAÑOS (%)								
	DÍAS	% DESHIDRATACIÓN			% PUDRICIÓN			% FÍSICOS		
		I	II	III	I	II	III	I	II	III
Con injerto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	15	7	0	0	0	0	0	7	0	0
	30	80	0	0	0	0	0	27	0	0
	45	67	20	0	0	0	30	40	0	0
	60	0	0	75	0	0	24	0	40	0
Sin injerto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	15	7	0	0	0	0	0	7	0	0
	30	75	0	0	0	20	0	27	0	0
	45	93	0	7	0	20	7	20	7	0
	60	0	13	87	0	40	9	0	27	13

n = 15 repeticiones

I: Daño Leve

II: Daño Moderado

III: Daño Severo

Para el cultivar sin injerto, los daños de pudrición se presentaron más rápidamente que para el cultivar con injerto. A los 30 días se determinó la presencia de pudrición moderada en el 20 %, daños de deshidratación leve en el 75 %; daños físicos leves del 27 %. A pesar de incrementarse los daños, estos fueron superficiales, pero al interior la fruta se aprecia en buen estado, motivo por el cual puede utilizarse con fines industriales como la preparación de néctares donde según Moreno *et al*, (2003), la calidad de la pulpa no debe estar deteriorada para la preparación.

A los 45 días de almacenamiento la fruta sufrió un incremento de alteraciones de deshidratación leve, pudrición moderada y severa con porcentajes bajos y daños físicos con un ligero aumento del porcentaje en la categoría moderada del 0 al 7 %, por lo que según Buitrón (2010) puede ser aprovechada con fines agroindustriales como la deshidratación.

A los 60 días de almacenamiento se presentaron daños de deshidratación severa en el 75 % de los frutos, pudrición severa en el 24 % y daños físicos en el 40 % de los frutos analizados.

#### **3.4.2.2 Determinación de parámetros químicos**

Los resultados del análisis químico que se evaluó durante la conservación en ambiente controlado para los cultivares con y sin injerto, se presentan en las Tablas 39 y 40, donde se observa como algunas de las características correspondientes a la calidad de la fruta se incrementaron, en tanto, que otras disminuyeron a medida en que transcurre el tiempo de almacenamiento.

**Tabla 39.** Parámetros químicos del cultivar anaranjado gigante con injerto, en ambiente controlado

DÍAS	SÓLIDOS SOLUBLES (°Brix)	pH	ACIDEZ TITILABLE (g/100 g)	VITAMINA C (mg/100 g)
0	12,00 ± 0,65 A	3,51 ± 0,05 A	2,07 ± 0,06 E	8
15	12,09 ± 0,61 AB	3,60 ± 0,05 A	2,01 ± 0,07 CD	< 6
30	12,33 ± 0,99 C	3,68 ± 0,09 A	1,76 ± 0,10 BC	< 6
45	12,57 ± 1,12 C	3,68 ± 0,08 A	1,70 ± 0,10 AB	< 6
60	12,47 ± 0,61 C	3,71 ± 0,04 A	1,45 ± 0,03 A	< 6

media ± DS (n = 3 repeticiones)

Valores en la misma columna seguidos por una misma letra no son diferentes estadísticamente

**Tabla 40.** Parámetros químicos del cultivar anaranjado gigante sin injerto, en ambiente controlado

DÍAS	SÓLIDOS SOLUBLES (°Brix)	pH	ACIDEZ TITULABLE (g/100 g)	VITAMINA C (mg/100 g)
0	11,57 ± 0,71 A	3,53 ± 0,04 A	2,10 ± 0,10 E	8
15	11,76 ± 0,81 AB	3,55 ± 0,04 A	1,99 ± 0,05 E	< 6
30	12,68 ± 0,75 C	3,64 ± 0,07 A	1,88 ± 0,15 CD	< 6
45	12,79 ± 1,48 C	3,62 ± 0,08 A	1,59 ± 0,04 A	< 6
60	12,29 ± 0,87 C	3,70 ± 0,03	1,54 ± 0,10 A	< 6

media ± DS (n = 3 repeticiones)

Valores en la misma columna seguidos por una misma letra no son diferentes estadísticamente

#### a) pH

En el análisis de varianza se determinó que no hay diferencias significativas en los valores de pH para los factores genotipos, períodos de almacenamiento, repeticiones y para la interacción. Los datos estadísticos se encuentran en el Anexo D

El valor del pH varía debido a que en condiciones controladas la pérdida de acidez es lenta y el fruto tiende a mantenerse en un pH entre 3,50 y 3,70, que no es el medio más adecuado para el desarrollo de las diferentes tipos de pudriciones. Por lo general, a mayor temperatura de almacenamiento, estos cambios son más acelerados.

**b) Acidez titulable**

El análisis estadístico mostró diferencias no significativas ( $\alpha = 0,05 \%$ ) para la acidez titulable en la interacción genotipos por períodos de almacenamiento. Los datos estadísticos se encuentran en el Anexo D.

El cultivar anaranjado gigante con injerto mostró una acidez menor que el cultivar sin injerto, con valores comprendidos entre 2,07 g/100 g en los primeros períodos de almacenamiento, hasta de 1,45 g/100 g para el último período. Para el cultivar sin injerto, los valores fluctuaron entre 2,10 g/100 g en los primeros periodos hasta valores de 1,54 g/100 g para los últimos periodos. Conforme transcurrió el tiempo de almacenamiento la acidez presentó una tendencia a disminuir en ambos cultivares.

Los valores de la acidez en la conservación en ambiente controlado son relativamente más altos que en ambiente natural, a pesar de que transcurre en un mayor número de días, ya que los cambios se produjeron lentamente.

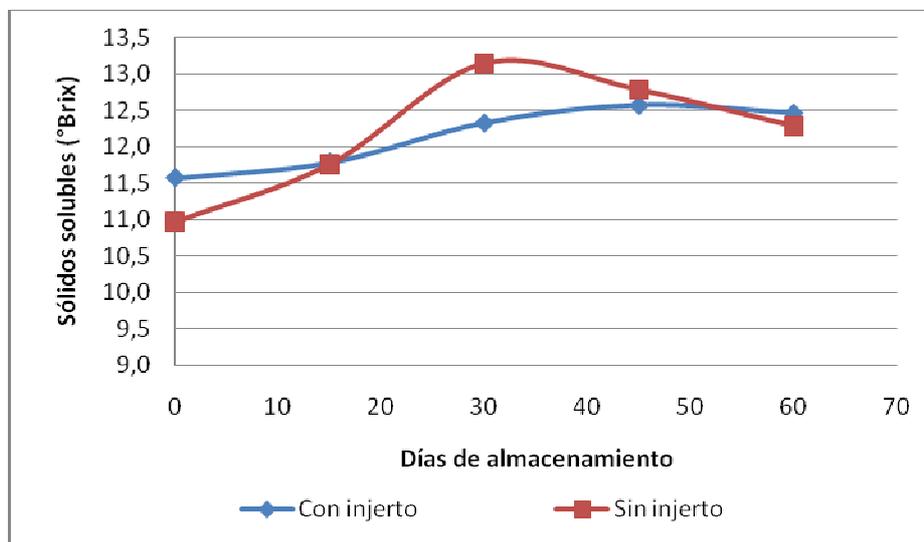
**c) Sólidos solubles (SS)**

El análisis estadístico presentó diferencias no significativas ( $\alpha = 0,05 \%$ ) para el contenido de sólidos solubles en el factor genotipos y repeticiones. El cultivar sin injerto mostró una menor cantidad de sólidos solubles que el cultivar con injerto, lo cual tiene concordancia con el comportamiento que se presentó en la conservación en ambiente natural.

Tanto en el cultivar con injerto como sin injerto, los valores de sólidos solubles, obtenidos en los primeros periodos, se incrementaron con el tiempo de almacenamiento, hasta llegar al día 45, con un valor máximo de 12,57 y 12,79 °Brix, respectivamente. Los datos estadísticos se encuentran en el Anexo D.

Los dos cultivares de tomate de árbol presentaron el punto de inflexión en el día 45 de almacenamiento, comportamiento que se presenta en la Figura 34.

En los dos cultivares, a las dos condiciones de almacenamiento, el contenido de sólidos solubles no llegó al límite permitido por la norma técnica colombiana NTC 1405 (1997), de 10,3 °Brix, que es el mínimo contenido para la comercialización.



**Figura 34.** Sólidos solubles en el cultivar anaranjado gigante con y sin injerto, conservación en ambiente controlado

#### d) Relación de sabor

En la Tabla 41 se muestra la relación de sabor para los 2 genotipos, durante el almacenamiento en condiciones controladas.

Estadísticamente no existen diferencias significativas ( $\alpha = 0,05 \%$ ) en la relación de sabor de los dos cultivares de tomate de árbol, en la interacción Genotipos por Periodos de almacenamiento. Se pudo analizar que en el último período de almacenamiento, para los dos cultivares, existe un incremento de la relación de sabor, comparada con los primeros períodos de almacenamiento; esto se produce ya que en los dos cultivares, conforme transcurre el tiempo de almacenamiento en refrigeración, los sólidos solubles van en aumento y al mantener una relación directamente proporcional con la relación de sabor, ésta aumenta. Los datos estadísticos se presentan en el Anexo D.

**Tabla 41.** Relación de sabor para el cultivar anaranjado gigante con y sin injerto, almacenamiento en ambiente controlado

RELACIÓN DE SABOR		
Días	Con injerto	Sin injerto
1	5,80 ± 0,43 A	5,51 ± 0,27 A
15	5,87 ± 0,25 AB	5,92 ± 0,06 AB
30	7,04 ± 0,46 BC	6,80 ± 0,88 BC
45	7,42 ± 0,96 CD	8,08 ± 0,74 D
60	8,59 ± 0,36 D	8,01 ± 0,82 D

media ± DS (n = 3 repeticiones)

Valores en la misma fila seguidos por una misma letra no son diferentes estadísticamente

#### e) Vitamina C

El método reflectométrico que se utilizó para determinar esta vitamina, fue detectable solamente al inicio del almacenamiento en ambiente controlado, razón por la cual se reporta el contenido como menor al rango de detección, que es de que 6 mg/100 g.

#### f) Color interno de la pulpa

Los resultados obtenidos de los parámetros que conforman el color interno de la pulpa, durante el tiempo de almacenamiento bajo condiciones controladas, para los cultivares con y sin injerto, se presentan en la Tabla 42.

**Tabla 42.** Variación del color en el cultivar anaranjado gigante con y sin injerto, almacenamiento a ambiente controlado

GENOTIPO	DÍAS	COLOR					
		L'	a	b	°h	C	IO
CON INJERTO	0	47,92 ± 3,38	10,59 ± 0,46	32,96 ± 0,96	71,84 ± 0,52	34,80 ± 1,10	124,50 ± 12,02
	15	50,66 ± 1,75	10,67 ± 0,24	39,34 ± 0,82	74,83 ± 0,28	40,77 ± 0,83	144,07 ± 3,69
	30	50,58 ± 1,16	10,46 ± 0,30	39,85 ± 0,39	75,30 ± 0,38	41,20 ± 0,40	147,06 ± 5,38
	45	50,59 ± 1,48	11,21 ± 0,37	41,23 ± 0,80	74,81 ± 0,22	42,73 ± 0,87	155,90 ± 2,56
	60	51,16 ± 1,66	11,71 ± 0,10	43,72 ± 0,37	75,00 ± 0,15	45,26 ± 0,36	168,84 ± 8,21
SIN INJERTO	0	48,53 ± 0,96	9,79 ± 1,38	34,39 ± 1,44	73,77 ± 2,98	35,92 ± 0,90	125,60 ± 1,88
	15	50,50 ± 1,62	10,37 ± 0,16	38,88 ± 0,63	75,06 ± 0,18	40,25 ± 0,63	141,80 ± 3,66
	30	49,69 ± 0,34	10,28 ± 0,10	40,33 ± 0,21	75,71 ± 0,20	41,62 ± 0,18	153,74 ± 1,38
	45	52,28 ± 1,15	11,92 ± 0,03	42,06 ± 0,44	74,18 ± 0,15	43,72 ± 0,42	153,38 ± 3,03
	60	49,92 ± 1,07	11,94 ± 0,65	43,71 ± 0,40	74,71 ± 0,94	45,32 ± 0,28	176,06 ± 4,78

media ± DS (n=3 repeticiones)

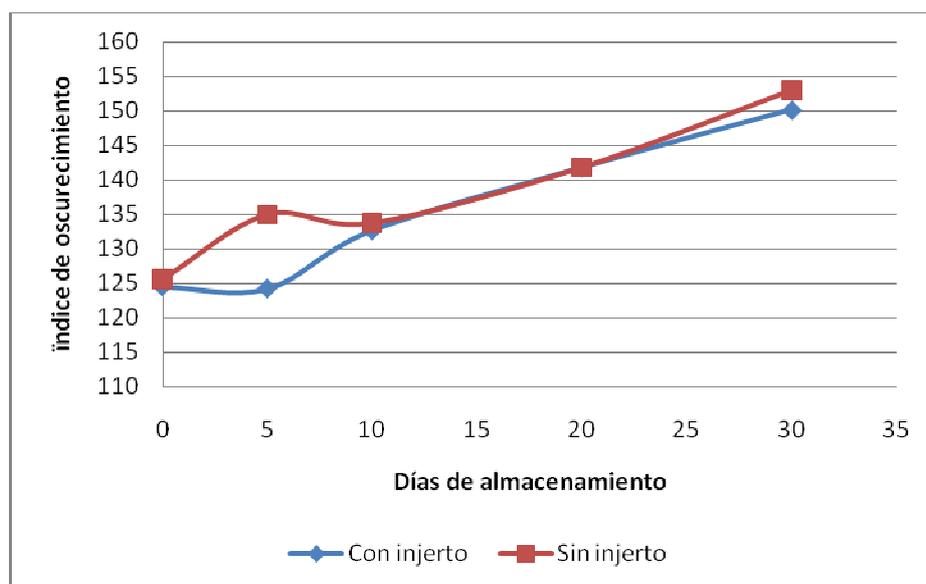
La luminosidad al igual que el parámetro  $a$ , para los dos cultivares se incrementaron levemente, conforme transcurre el tiempo de almacenamiento.

Respecto a la cuantificación del cromaticidad  $b$ , se encontró que aumenta a medida que transcurren los períodos de almacenamiento, lo cual indica que el tono del color amarillo aumenta.

En forma general el ángulo Hue, aumentó en los dos cultivares en estudio, a medida que aumenta el ángulo, la tonalidad amarilla aumenta. Cabe señalar que los valores de este parámetro fluctuaron entre los 70 y 75  $^{\circ}$ , este último valor es menor en el ambiente natural.

Los valores de la cromaticidad poseen tendencia a aumentar conforme pasa el tiempo de almacenamiento, lo cual refleja que la intensidad de color se acentúa.

El comportamiento del pardeamiento de la pulpa a través del índice de oscurecimiento para los dos cultivares es similar, en ambos casos tiende a aumentar en cada período, la pulpa a los 0 días presentó el IO más bajo respecto del almacenamiento controlado; mientras que la pulpa que tuvo mayor IO de los dos cultivares, fue la de los 60 días de almacenamiento. La variación del índice de oscurecimiento de los dos cultivares se indica en la Figura 35.



**Figura 35.** Índice de oscurecimiento en el cultivar anaranjado gigante con y sin injerto durante la conservación en ambiente controlado

## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1 CONCLUSIONES

- De entre once genotipos de tomate de árbol se seleccionaron el cultivar anaranjado gigante con injerto, el segregante GT-41 y el retrocruzamiento GT-703-2. Esta selección se realizó en base a características físicas, químicas y sensoriales, tomando como referencia las normativas vigentes para comercialización en fresco de tomate de árbol.
- Los genotipos anaranjado gigante con injerto, GT-41 y GT-703-2, presentaron un alto peso con promedios de 94,48 g, 47,63 g y 61,32 g, la relación largo/diámetro superó la unidad con promedios de 1,38, 1,65 y 1,30 y el mayor rendimiento en pulpa con promedios de 71,55, 60,60 y 75,85 g/100 g, respectivamente. Los frutos maduros de estos genotipos presentaron valores de firmeza de pulpa sobre 25 N; los tres presentaron un valor promedio de 4 cm/min, para la consistencia de la pulpa. Además mostraron valores de sólidos solubles de 13,04, 12,72 y 14,24 °Brix y acidez de 2,08, 2,07 y 1,34 g/100 g. El contenido de glicoalcaloides, reportados en mg TGA/100 g pulpa fresca, fueron de 0,44, 0,37 y 0,42 para los genotipos anaranjado gigante con injerto, GT-41 y GT-703-2, respectivamente.
- Con la prueba de aceptabilidad se complementó la selección de los mejores genotipos, donde el cultivar anaranjado gigante con injerto, el retrocruzamiento GT-703-2 y el segregante GT-41 obtuvieron los mayores puntajes para el color, sabor, dulzor y aroma, con valores promedio de 19,36, 17,40 y 22,00, respectivamente, sobre una escala de 28 puntos.
- Los genotipos seleccionados en este estudio mostraron una calidad química y nutricional superior a las obtenidas en otros estudios para tomate de árbol. El segregante GT-41 presentó ventajas comparativas frente al cultivar y el retrocruzamiento, con un alto contenido de sólidos solubles,

carbohidratos y azúcares totales, azúcares reductores, carotenoides, polifenoles, calcio y el menor valor para la acidez.

- En las tablas de color se describieron el contenido de sólidos solubles, acidez titulable y la relación de sabor, de acuerdo con el desarrollo fenológico de la fruta en la planta, información que servirá para programar las actividades de cosecha y comercialización del tomate de árbol.
- Entre grupos de genotipos, los cultivares con y sin injerto presentaron mejores características de peso y rendimiento en pulpa, según Viteri *et al*, (2010) esto se debe a que los genotipos provenientes de huertas comerciales reciben tratamiento agronómico y son considerados como variedades, mientras que los los segregantes y retrocruzamientos están todavía en etapas de mejora para al final conseguir un mejoramiento genético varietal, razón por la cual no se da un manejo agronómico. Los nuevos materiales presentaron mejores características de aceptabilidad para el consumidor así como un mayor contenido de sólidos solubles.
- El comportamiento de los cultivares con y sin injerto durante el almacenamiento en ambiente bajo cubierta a 17° C y 59 % de humedad relativa promedio, alcanzó condiciones óptimas de calidad hasta los 10 días para la comercialización en fresco y aceptables para el procesamiento hasta los 20 días, donde se presenta una leve deshidratación y el aparecimiento de la pudrición.
- Los cultivares anaranjado gigante con y sin injerto, durante el almacenamiento en ambiente controlado, a 7 °C ± 1 y 85 % de humedad relativa, disminuyeron su perecibilidad, produciéndose un retraso en el aparecimiento de las características de senescencia, ya que tuvieron una duración de 45 días con buenas características de calidad.
- El cultivar con injerto presentó un mejor comportamiento en los dos tipos de almacenamiento, principalmente con la resistencia a la pudrición.

## 4.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda cosechar con el pedúnculo, para evitar el ataque de hongos e insectos en el tomate de árbol, además de controlar la deshidratación, así como el lavado y secado de la fruta previo al empaque.
- Se debe capacitar a los productores sobre los índices de cosecha, época y labores de recolección; así como el comportamiento durante la poscosecha del tomate de árbol. Para que se pueda conservar la calidad de los frutos obtenida en el campo y tenga un mayor tiempo de la vida en percha para la comercialización de la fruta.
- Probar con muestras de ceras comerciales para el encerado de la fruta, previo a su almacenamiento, que podría contribuir en la conservación de la calidad física, química y microbiológica.
- Continuar con las etapas de mejoramiento agronómico de este cultivo, mediante los cruzamientos entre los genotipos seleccionados, para generar cultivares resistentes principalmente a las plagas y enfermedades, así como, con buenas características de calidad y aceptabilidad por parte de los consumidores.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Alvarado, J; Aguilera, J., 2001, "Métodos para medir propiedades físicas e industriales de alimentos", Editorial Acribia S.A., Zaragoza, España, pp.157, 329
2. Amaya, J.; Julca, J., 2006, "Tomate de Árbol (*Cyphomandra betacea* Send.)", publicado por Gerencia Regional de Recursos Naturales y Gestión del Medio Ambiente, Trujillo, Perú, p. 5
3. Andrade, E., 2000, "La relación "Genotipo-Fenotipo" y su posible extrapolación al estudio del comportamiento y la cultura humana", en Ludus Vitalis Journal of Philosophy of Life Sciences, 7 (14), 189
4. AOAC, 2007, "Oficial Methods of Análisis of AOAC internacional", 18 edición, Maryland, USA
5. Arias, C.; Toledo, J., 2000, "Manual de manejo postcosecha de frutas tropicales", <http://www.fao.org/inpho/content/documents/vlibrary/ac304s/ac304s00.htm>, (Marzo, 2010)
6. Arthey, D.; Ashurst, P., 1997, "Procesado de Frutas", Editorial Acribia S.A., Zaragoza, España. pp. 16-20
7. Ávila, J., 2009, "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 postcosecha y estimación de la actividad antioxidante de los compuestos fenólicos del genotipo anaranjado gigante", Proyecto de Titulación previo a la obtención del Título de Máster en Ciencia de Alimentos, EPN, Quito, Ecuador
8. Bialy, Z., Jurzysta, M., Oleszek, W., Piacente, S.; Pizza, C., 1999, "Saponins in alfalfa (*Medicago sativa* L.) root and their structural elucidation", Agric. Food Chem., 47 (1) 3185
9. Bonfiglioli, O., 1990, "El injerto en los árboles frutales y la Vid", en Gersa, "Guías de Agricultura y Ganadería", Barcelona, España. p 120

10. Briggs, F., 1967, "Introduction to plant breeding" Reinhold publishing corporation, Amsterdam, Holland, pp. 162-172
11. Brito, B.; Ochoa, J., 1997, "Escala propuesta para la actividad de Evaluación de Índices de Madurez para Conservación de Durazno (*Prunus persica* L.)", INIAP
12. Buitrón, F., 2010, "Elaboración de una base deshidratada a partir de pulpa de tomate de árbol amarillo (*Solanum betacea*), para la preparación de una bebida hidratante para deportistas", Proyecto de Titulación previo a la obtención del Título de Ingeniero Agroindustrial, EPN, Quito, Ecuador
13. Cadena, E., 2003, "Estudio de prefactibilidad para tomate de árbol", Editorial preduza, Quito, Ecuador, pp. 12-40
14. Calvo, I., 2009, "Cultivo de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*)", San José, Costa Rica, Boletín técnico, 1 (8), pp. 3-5
15. Castelló, R., 1983, "Biblioteca práctica agrícola y ganadera", Editorial Océano Difusión, Barcelona, España, pp. 198-200
16. Climet, R., 1985. "Manual del injertador", 9 edición, Editorial Sintet, Barcelona, España, pp 220-240
17. Comisión del códex alimentarius, 2009, "Anteproyecto de norma para el tomate del árbol (N18-2008)", [http://www.cclac.org/documentos/CCFFV/2009/3%20Documentos/Documentos%20Espa%C3%B1ol/ff15\\_09s.pdf](http://www.cclac.org/documentos/CCFFV/2009/3%20Documentos/Documentos%20Espa%C3%B1ol/ff15_09s.pdf), (Noviembre, 2100)
18. CORPOICA, 2000, "Manual del exportador de frutas, hortalizas y tuberculos en Colombia", [http://interletras.com/manualCCI/contenido\\_general02.htm](http://interletras.com/manualCCI/contenido_general02.htm), (Marzo, 2010)
19. Cubero, J., 2002, "Introducción a la mejora genética vegetal", 2da edición, Editorial Mundi-Prensa, Madrid, España, p. 184
20. Dubois, M., Hamilton J., Repus P., Smith F., 1956, "Coloreometric method for determination of sugar and related substances". Anal. Chem. 28-300-356

21. Feican, C.; Encalada, C., Larriva, W, 1999, "Evaluación de dos formulaciones químicas a base de N-P-K para el crecimiento y desarrollo del tomate de árbol (*Solanum betaceum*)", Proyecto de Titulación previo a la obtención del Título de Ingeniero Agrónomo, ESPOCH, Riobamba, Ecuador
22. Fick, K., McDowell, L., Miles P., Wilkinson, N., Funk, J., Conrad, J., 1979, "Manual de Métodos de Análisis de Minerales para tejidos de planta y animales". Departamento de Ciencia Animal, 2da Edición, EEUU, Universidad de Florida
23. Gallo, F., 1997, "Manual de la fisiología, patología postcosecha y control de la calidad de frutas y hortalizas", SENA-NRI, Armenia-Colombia, p.406
24. García, H.; Brito, B., Varela, N., 2008, "Desarrollo tecnológico para el fortalecimiento del manejo postcosecha de frutales exóticos exportables de interés para los países andinos: uchuva (*Physalis peruviana L.*), granadilla (*Passiflora Ligularis L.*) y tomate de árbol (*Cyphomandra Betacea (Cav) Sendt*)", Informe anual de seguimiento, pp. 24-25
25. García H.; García M., 2001, "Manejo cosecha y postcosecha de mora, lulo y tomate de árbol", CORPOICA, 1era edición, Bogotá, Colombia, pp. 89-97
26. García, M., 2008, "Manual de manejo cosecha y poscosecha del tomate de árbol", CORPOICA, Bogotá Colombia, pp. 2-56
27. Georgé, S., Brat, P., Alter, P., Amiot, MJ, 2005, "Determinación rápida de los polifenoles y la vitamina C en productos derivados de plantas", en Journal of Agricultural and Food Chemistry. pp.1370-1373
28. Gutiérrez, A., 1999, "Manejo postcosecha y comercialización del tomate de árbol", Editorial SENA, Bogotá, Colombia, pp. 25-29, 65
29. Hardenburg, R.; Watada, A.; Wang, Y., "Almacenamiento comercial de frutas, legumbres y existencias de floristerías y viveros", 1era edición, San José, Costa Rica, p. 86

30. Hellenäs, K., 1986, "A simplified procedure for quantification of potato glycoalkaloids in tuber extracts by HPLC: comparison with ELISA and a colorimetric method", en J. Sci. Food Agric., 37 (1), pp. 779 y 780
31. INEC, 2010, "Resultados Nacionales y Provinciales de superficie y producción de tomate de árbol, años 2002 al 2008", Quito, Ecuador
32. Kader, A., 2002, "Postharvest technology of horticultural crops", Universidad de California, Editorial uc peer reviewed, California, Estados Unidos, pp. 39-45
33. Kader, A., 2005, "Recomendaciones para Mantener la Calidad Postcosecha", Universidad de California, tercera edición, Editorial uc peer reviewed, California, Estados Unidos. p. 1
34. León, J.; Viteri, P.; Cevallos, G. 2004. "Manual del cultivo del tomate de árbol" de Boletín Técnico, 1 (61), Quito, Ecuador, pp. 1 – 14, 45
35. López, C., 2003, "[Manual para la preparación y venta de frutas y hortalizas](#)", en Boletín de servicios agrícolas de la FAO, 1 (151), p. 3
36. Lucas, K., Maggi, J.; Yagual M., 2010, Proaño Mosquera, María, 2008, "Creacion de una empresa de producción, comercialización y exportación de tomate de árbol en el área de sangolquí, provincia de pichincha", Proyecto de Titulación Previo a la Obtención del título de Ingeniero Comercial y Empresarial, ESPOL, Guayaquil, Ecuador
37. Mangiarotti, G., 1987, "Del gen al organismo Biología general" 1era edición, Editorial Piccin Nuova, Barcelona, España, pp. 441-443
38. Márquez C., Otero C., Cortés M., 2007, "Changes physiological, textural, physicochemical and microestructural of the tree tomato (*cyphomandra betacea* s.)" de Vitae, revista de la facultad de química farmacéutica, 14 (2), pp. 1-4
39. Martínez, J., 2002, "Prueba de viabilidad de neutrófilos para la detección de sustancias tóxicas en extractos de plantas como fuente de alimento en los animales", Proyecto de Titulación previo a la obtención del Título de

Posgrado Interinstitucional en Ciencias Pecuarias, Universidad de Colima, Colima, México

40. Miller, G., 1959, "Use of Dinitrosalicylic Acid Reagent for Determination of Reducing Sugar", *Anal. Chem.* 31: 426-428
41. Morales, J., 2001, "Diagnóstico agro socio-económico del cultivo del tomate de árbol (*Cyphomandra betacea* Sendt) en cuatro provincias de la sierra ecuatoriana", Proyecto de Titulación previo a la obtención del Título de Ingeniero Agrónomo, Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador
42. Moreno, M., Girán, N., Serrano, K., García, D.; Belén, D., 2003, "Evaluación microbiológica y fisicoquímica de néctares pasteurizados elaborados con pulpa de tomate de árbol (*Cyphomandra betaceae* Sendth)", *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 53 (3), 10
43. Moscoso J., 1984, "Reglamento de aplicación de las normas de calidad para las frutas y hortalizas frescas comercializadas en el mercado interior" Madrid, España., BOE num. 300, p. 2
44. Muncharaz, M., 2003, "El Almendro Manual Técnico", Editorial Aedos S.A., Barcelona, España, pp. 173-181
45. Muñoz, V., 1995, "Efecto de la cubierta plástica en la frigo conservación de frutos de manzano (*Pirus malus* L.)", Proyecto de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador, pp. 28-35
46. Norma Técnica Colombiana 4105, 1997, "Frutas frescas, Tomate de árbol. Especificaciones", Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC), Bogotá D.C., Colombia, pp. 2-7
47. Ocampo, E., 2009, "Evaluación de las características fisicoquímicas del tomate de árbol (*Cyphomandra betacea* S.) en tres estados de madurez" [http://agroindustrialtecnoparque.blogspot.com/2010\\_03\\_01\\_archive.html](http://agroindustrialtecnoparque.blogspot.com/2010_03_01_archive.html), Noviembre, 2010

48. Olortegui, J.; Brañez, M., 2009, "Evaluación de la actividad citotóxica y antimicrobiana de glicoalcaloides esteroidales de las hojas de *Solanum albidum* y *Solanum oblongifolium* Dunal", Proyecto de titulación previo a la obtención del título de Químico Farmacéutico, Universidad Nacional Mayor de San Carlos, Lima, Perú
49. Parra, M., 2010, "Producción limpia cultivo de tomate de árbol (*Solanum betaceae*) en el departamento del Huila", 1era edición, Neiva, Colombia, pp. 5-14
50. Picha, D., 2004, "Manejo poscosecha y análisis de empacadora de productos frescos y recomendaciones para mejorar el diseño de la línea de empaque",  
[http://www.usaid.gov/dr/docs/resources/estudios\\_apoyo\\_cafta\\_rd/sa\\_la\\_veg\\_a\\_empacadora\\_frutas\\_y\\_vegetales\\_frescos.pdf](http://www.usaid.gov/dr/docs/resources/estudios_apoyo_cafta_rd/sa_la_veg_a_empacadora_frutas_y_vegetales_frescos.pdf), (Septiembre, 2010)
51. Philip, T.; Chen, TS., 1988, "Development of a Method for the Quantitative Estimation of Provitamin A Carotenoids in Some Fruits", J. Food Sci., 53 (1). pp. 1703-1706
52. Pierce, 2009, "Genética un enfoque conceptual", 3era edición, Editorial Médica Panamericana, New York, Estados Unidos, pp. 54-57, 168-170
53. Polania, T., 1985, "El Cultivo de Tomate de Árbol", en Revista ESSO Agrícola, 43 (3), p. 3
54. Portela, S., 1999, "Fisiología y manejo de poscosecha del tamarillo (*Cyphomandra betacea*)"  
<http://www.horticulturaar.com.ar/avancespop.php?idcontenido=18>, Enero, 2011
55. PROEXANT, 2005, "Fortalecimiento del manejo post cosecha de frutales exóticos exportables de interés para los países andinos: uchuva (*Physalis peruviana* L.), granadilla (*Passiflora Ligularis* L) y tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*(Cav)Sendt)", Quito, Ecuador, p.71

56. Rapisarda, P., Fanella, F., Maccarone, E., 2000, "Reability of Analytical Methods for Determining Anthocyanins in Blood orange Juices", *Journal of Agriculture Food Chemistry*, pp. 2249-2251
57. Reina, E., 1998, "Manejo Postcosecha y Evaluación de la calidad para tomate de árbol (*Cyphomandra betacea sendt*) que se comercializa en la ciudad de Neiva", Neiva, Colombia, pp. 28-35
58. Revelo, J.; Pérez, E; Maila, M., 2004, "Cultivo ecológico del tomate de árbol en Ecuador", Quito, Ecuador, pp. 7-14
59. Reyes, R., 2004, "Tomate de árbol (*Cyphomandra betacea* (Cav) Sendt)", Quito, Ecuador, pp. 1-45
60. Rigau, A., 1983, "Injerto de los frutales". 8 edición, Editorial Sintés, Barcelona, España, p.126
61. Rojas, S., García, J., Alarcón, M., 2004, "Propagación asexual de plantas" Editorial Produmedios, Bogotá DC, Colombia, pp. 18-20
62. Saltos, H.; Robalino, D.; Viteri. C., 1998, "Durabilidad postcosecha de dos variedades de tomate árbol", en: *Actas del Primer Congreso Iberoamericano de Tecnología Postcosecha y Agroexportaciones. Red Iberoamericana de Tecnología Postcosecha de Frutas y Verduras (RITEP)*, Hermosillo, México, p. 95
63. Santillán, F., 2001, "Manual del cultivo sustentable de tomate de árbol", Cuenca, Ecuador, p.53
64. Sañaicela, D., 2008, "Obtención de chips de tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav) mediante métodos combinados de deshidratación osmótica y fritura convencional", Proyecto de Titulación previo a la obtención del Título de Ingeniero Agroindustrial, EPN, Quito, Ecuador
65. SIGAGRO, 2010, "Resultados Nacionales y Provinciales de superficie y producción de tomate de árbol", años 2002 al 2008. Quito, Ecuador
66. Sinclair, E., Bartholomew, R.; Ramsey, C., 1947, "Analysis of the organic acids of orange juice", en *Plant Physiol*, 20 (3), pp.1-17

67. Torres, N., 2006, "Determinación del potencial nutritivo y nutracéutico de cuatro cultivares de tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav)", Proyecto de Titulación Previo a la Obtención del título de Doctora en Bioquímica y Farmacia, ESPOCH, Riobamba-Ecuador
68. Valero, C.; Ruiz A., 1998, "A quality assessment system for fresh fruits in hypermarkets and fruit trading centres", Rabat, Marruecos
69. Vinci, G., Botrè, F., Mele, G., Ruggieri, G., 1994, "Ascorbic acid in exotic fruits: a liquid chromatographic investigation", Editorial Sapienza, Roma, Italia. pp. 1-4
70. Viteri, P.; León, J.; Vásquez, W.; Encalada, C.; Martínez, A.; Revelo, J.; Posso, M.; Hinojosa, M., 2010, "Solanáceas silvestres utilizadas como portainjertos de tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav.) con alto rendimiento, resistencia a enfermedades y mayor longevidad". En: Boletín divulgativo N° 371. Quito – Ecuador, p. 4
71. Watts, B., Ylimaki, G., Jeffery, L., Elías, L., 1989, "Métodos Sensoriales Básicos Para la Evaluación de Alimentos". Editorial Centro Internacional de Desarrollo de Investigaciones, Ottawa-Canadá. pp. 63-89
72. Wills, R., McGlasson, B., Graham, D., Joyce, D., 1998, "Introducción a la fisiología y manipulación poscosecha de frutas, hortalizas y plantas ornamentales", 2da edición, Editorial Acribia, S.A., Zaragoza, España. pp. 13-101, 143-166
73. Yahía, E. e Higuera, I., 1992, "Fisiología y tecnología poscosecha de productos hortícolas", Editorial Limusa, México, México, pp. 52
74. Zárate, M., 1991, "El manejo poscosecha de frutas y verduras", En: Agricultura Tropical, 28 (2), pp. 90-96
75. Zeiger, E., 1998, "Review of Toxicological Literature", [http://ntp.niehs.nih.gov/ntp/htdocs/Chem\\_Background/ExSumPdf/Chaconine\\_Solanine.pdf](http://ntp.niehs.nih.gov/ntp/htdocs/Chem_Background/ExSumPdf/Chaconine_Solanine.pdf), (Diciembre, 2010)

## ANEXO A

### EVALUACIÓN SENSORIAL DEL NIVEL DE ACEPTABILIDAD DE LA PULPA DE TOMATE DE ÁRBOL

Nombre: .....

Fecha: Lunes 8 de Marzo del 2010

Observe y pruebe la muestra. Indique el grado en que le gusta o le desagrada cada muestra, poniendo una "X" en la categoría correspondiente.

**COLOR**

Código de las muestras	Me Gusta			No Me Gusta Ni Me Disgusta	Me Disgusta		
	Muchísimo	Mucho	Un poco		Un poco	Mucho	Muchísimo
2897							
9303							
3265							
5797							

**SABOR**

Código de las muestras	Me Gusta			No Me Gusta Ni Me Disgusta	Me Disgusta		
	Muchísimo	Mucho	Un poco		Un poco	Mucho	Muchísimo
2897							
9303							
3265							
5797							

**AROMA**

Código de las muestras	Me Gusta			No Me Gusta Ni Me Disgusta	Me Disgusta		
	Muchísimo	Mucho	Un poco		Un poco	Mucho	Muchísimo
2897							
9303							
3265							
5797							

**DULZOR**

Código de las muestras	Me Gusta			No Me Gusta Ni Me Disgusta	Me Disgusta		
	Muchísimo	Mucho	Un poco		Un poco	Mucho	Muchísimo
2897							
9303							
3265							
5797							

¿Cuál es la muestra que más le gustó y por qué?

.....  
 .....

## ANEXO B

### ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA SELECCIÓN POR CALIDAD DE 11 GENOTIPOS DE TOMATE DE ÁRBOL

**Tabla B.1.** Análisis estadístico de la caracterización física de los genotipos de tomate de árbol con y sin injerto

**Tabla B.2.** Análisis estadístico de la caracterización física de los genotipos de tomate de árbol con y sin injerto (continuación)

		FIRMEZA			RENDIMIENTO								
N°	GENOTIPO	PESO			LARGO			DIAMETRO			Relación L/D		
		(g)	Grupo	c.v.	(mm)	Grupo	c.v.	(mm)	Grupo	c.v.		Grupo	c.v.
1	CI	94,48	A	20,09	68,25	A	7,07	49,54	A	7,67	1,38	A	5,14
2	SI	96,5	A	17,5	69,02	AB	5,23	50,81	A	7,09	1,36	A	6,12
<b>p-valor</b>		0,7234			0,5236			0,4006			0,7234		
N°	GENOTIPO	(N)	Grupo	c.v.	Pulpa (g/100g)	Grupo	c.v.	Piel (g/100g)	Grupo	c.v.	Semilla (g/100g)	Grupo	c.v.
1	CI	27,95	A	20	71,55	A	2,37	9,54	A	6,16	18,9	A	10,13
2	SI	24,81	A	35,61	67,24	AB	4,05	9,51	A	6,7	23,25	AB	10,13
<b>p-valor</b>		0,5652			0,34			0,1119			0,8277		

c.v.: Coeficiente de variación

Medias con igual letra se consideran estadísticamente iguales

**Tabla B.3.** Análisis estadístico de la caracterización física de cuatro segregantes de tomate de árbol

		PESO			LARGO			DIAMETRO			Relación L/D		
N°	GENOTIPO	(g)	Grupo	c.v.	(mm)	Grupo	c.v.	(mm)	Grupo	c.v.		Grupo	c.v.
		1	GT-18	76,83	C	15,21	62,83		5,91	47,18		5,81	1,33
2	GT-39	58,25	AB	15,51	61,84		6,71	40,89		5,22	1,51	B	3,73
3	GT-41	61,32	B	12,49	57,18		4,86	43,85		4,13	1,3	A	4,42
4	GT-45	53,49	A	10,84	72,08		5,27	36,88		3,57	1,95	C	4,16
<b>p-valor</b>		0,0000									0,0000		

c.v.: Coeficiente de variación

Medias con igual letra se consideran estadísticamente iguales

**Tabla B.4.** Análisis estadístico de la caracterización física de cuatro segregantes de tomate de árbol (continuación)

Nº	GENOTIPO	FIRMEZA			RENDIMIENTO								
		(N)	Grupo	c.v.	Pulpa (g/100g)	Grupo	c.v.	Piel (g/100g)	Grupo	c.v.	Semilla (g/100g)	Grupo	c.v.
1	GT-18	56,00	B	15,54	69,66	B	2,54	13,21	A	8,16	17,13	AB	13,39
2	GT-39	74,24	C	7,49	61,84	A	1,9	18,34	B	4,65	19,82	B	10,19
3	GT-41	25,60	A	32,95	75,85	C	1,93	11,29	A	17,25	12,86	A	18,4
4	GT-45	70,71	BC	16,23	59,96	A	2,13	17,44	B	4,54	22,6	B	8,89
<b>p-valor</b>		0,0000			0,0000			0,0003			0,0034		

c.v.: Coeficiente de variación

Medias con igual letra se consideran estadísticamente iguales

**Tabla B.5.** Análisis estadístico de la caracterización física de cinco retrocruzamientos de tomate de árbol

Nº	GENOTIPO	PESO			LARGO			DIAMETRO			Relación L/D		
		(g)	Grupo	c.v.	(mm)	Grupo	c.v.	(mm)	Grupo	c.v.	Grupo	c.v.	
1	GT-703-2	47,53	A	16,15	63,37	BC	8,42	38,48	A	6,65	1,65	C	7,07
2	GT-703-7	65,57	D	4,23	66,28	C	2,81	45,04	C	15,78	1,5	B	11,53
3	GT-703-8	95,59	C	11,03	69,28	D	3,61	49,29	D	5,1	1,41	AB	5
4	GT-703-13	60,89	AB	6,74	57,58	A	2,31	43,66	BC	2,36	1,32	A	2,55
5	GT-703-14	59	B	8,79	66,4	C	4,85	41,11	BC	3,86	1,62	C	5,38
<b>p-valor</b>		0,0000									0,0000		

c.v.: Coeficiente de variación

Medias con igual letra se consideran estadísticamente iguales

**Tabla B.6.** Análisis estadístico de la caracterización física de cinco retrocruzamientos de tomate de árbol (continuación)

Nº	GENOTIPO	FIRMEZA			RENDIMIENTO								
		(N)	Grupo	c.v.	Pulpa (g/100g)	Grupo	c.v.	Piel (g/100g)	Grupo	c.v.	Semilla (g/100g)	Grupo	c.v.
1	GT-703-2	70,71	B	11,25	60,6	A	6,82	16,21	AB	5,57	23,19	B	14,98
2	GT-703-7	70,61	B	7,54	68,23	A	3,23	13,7	A	10,99	18,07	A	19,29
3	GT-703-8	88,55	B	13,67	63,28	A	3,52	19,15	B	2,92	17,58	A	15,38
4	GT-703-13	73,84	B	13,34	65,43	A	5,81	16,23	AB	8,53	18,34	A	26,6
5	GT-703-14	37,95	A	40,73	65,2	A	3,39	15,85	AB	11,8	18,95	A	10,74
<b>p-valor</b>		0,0000			0,1005			0,0081			0,3335		

c.v.: Coeficiente de variación

Medias con igual letra se consideran estadísticamente iguales

**Tabla B.7.** Análisis estadístico de la caracterización química de los genotipos de tomate de árbol con y sin injerto

N°	GENOTIPO	S. SOLUBLES			pH			ACIDEZ		
		(° Brix)	Grupo	c.v.		Grupo	c.v.	(g/100g)	Grupo	c.v.
1	CI	13,04	A	5,02	3,58	B	1,26	2,08	A	5,4
2	SI	12,92	A	6,44	3,43	A	1,1	2,13	A	4
<b>p-valor</b>		0,8062			0,0187			0,6209		

c.v.: Coeficiente de variación

Medias con igual letra se consideran estadísticamente iguales

**Tabla B.8.** Análisis estadístico de la caracterización química de cuatro segregantes de tomate de árbol

N°	GENOTIPO	S. SOLUBLES			pH			ACIDEZ		
		(° Brix)	Grupo	c.v.		Grupo	c.v.	(g/100g)	Grupo	c.v.
1	GT-18	11,2	A	6,06	3,9	B	0,65	1,6	D	0,77
2	GT-39	14,76	B	4,83	3,81	A	0,3	0,96	A	3,37
3	GT-41	14,24	B	5,57	3,89	B	0,39	1,34	B	4,2
4	GT-45	15,16	B	1,45	3,93	B	0,15	1,45	C	3,05
<b>p-valor</b>		0,0000			0,0001			0,0000		

c.v.: Coeficiente de variación

Medias con igual letra se consideran estadísticamente iguales

**Tabla B.9.** Análisis estadístico de la caracterización química de cinco retrocruzamientos de tomate de árbol

N°	GENOTIPO	S. SOLUBLES			pH			ACIDEZ		
		(° Brix)	Grupo	c.v.		Grupo	c.v.	(g/100g)	Grupo	c.v.
1	GT-703-2	12,72	C	6,05	3,46	A	0,44	2,07	C	1,17
2	GT-703-7	10,96	AB	2,71	3,98	C	0,29	1,35	A	0,9
3	GT-703-8	10,72	A	3,87	3,83	B	0,3	1,64	B	3,21
4	GT-703-13	11,4	AB	4,11	3,47	A	0,17	1,69	B	2,61
5	GT-703-14	11,6	B	7,81	3,83	B	0,75	1,41	A	1,49
<b>p-valor</b>		0,0005			0,0000			0,0000		

c.v.: Coeficiente de variación

Medias con igual letra se consideran estadísticamente iguales

**Tabla B.10.** Análisis estadístico de la caracterización física de los genotipos con y sin injerto (Continuación)

Nº	GENOTIPO	COLOR INSTRUMENTAL																	
		L	Gr	c.v.	a	Gr	c.v.	b	Gr	c.v.	°H	Gr	c.v.	C	Gr	c.v.	IO	Gr	c.v.
1	CI	47,03	B	0,79	7,97	A	18,26	34,12	A	4,53	76,9	A	3,09	35,13	A	4,47	127,36	A	6,17
2	SI	45,35	A	0,64	8,35	A	0,37	32,2	A	0,75	75,45	A	0,14	33,27	A	0,66	124,56	A	1,03
<b>p-valor</b>		0,0084			0,6773			0,1632			0,3582			0,1737			0,6205		

c.v.: Coeficiente de variación

Gr: grupo

Medias con igual letra se consideran estadísticamente iguales

**Tabla B.11.** Análisis estadístico de la caracterización física de cuatro segregantes de tomate de árbol (Continuación)

Nº	GENOTIPO	COLOR INSTRUMENTAL																	
		L	Gr	c.v.	a	Gr	c.v.	b	Gr	c.v.	°H	Gr	c.v.	C	Gr	c.v.	IO	Gr	c.v.
1	GT-18	46,98	B	1,03	9,02	A	6,46	35,15	BC	1,04	75,62	B	1,06	36,29	B	1,30	135,04	B	3,23
2	GT-39	47,15	B	2,61	14,68	B	9,49	37,14	C	3,08	68,45	A	3,10	39,97	C	2,51	154,16	C	0,18
3	GT-41	44,07	A	2,30	11,14	A	17,79	29,14	A	3,52	69,22	A	5,29	31,31	A	2,24	118,10	A	0,34
4	GT-45	46,64	B	1,89	12,22	AB	7,59	34,83	B	1,44	70,69	AB	1,53	36,93	B	2,14	139,59	B	1,14
<b>p-valor</b>		0,0125			0,0053			0,0000			0,0168			0,0000			0,0000		

c.v.: Coeficiente de variación

Gr: grupo

Medias con igual letra se consideran estadísticamente iguales

**Tabla B.12.** Análisis estadístico de la caracterización física de cinco retrocruzamientos de tomate de árbol (Continuación)

Nº	GENOTIPO	COLOR INSTRUMENTAL																	
		L	Gr	c.v.	a	Gr	c.v.	b	Gr	c.v.	°H	Gr	c.v.	C	Gr	c.v.	IO	Gr	c.v.
1	GT-703-2	33,68	A	1,97	12,50	C	1,27	21,33	A	2,28	59,62	A	0,42	24,73	A	2,03	119,93	B	0,22
2	GT-703-7	40,25	B	4,79	12,79	C	1,21	27,06	B	3,71	64,69	B	0,95	29,93	B	3,22	125,15	C	2,03
3	GT-703-8	48,11	C	1,74	8,61	A	0,34	33,43	C	2,39	75,55	E	0,50	34,53	C	2,22	120,41	B	1,21
4	GT-703-13	45,13	C	1,37	9,65	B	8,59	29,20	B	0,78	71,71	D	1,71	30,75	B	1,36	111,74	A	0,31
5	GT-703-14	39,39	B	7,02	10,97	B	4,45	27,21	B	7,11	68,01	C	1,90	29,36	B	6,39	126,81	C	0,81
<b>p-valor</b>		0,0000			0,0000			0,0000			0,0000			0,0000			0,0000		

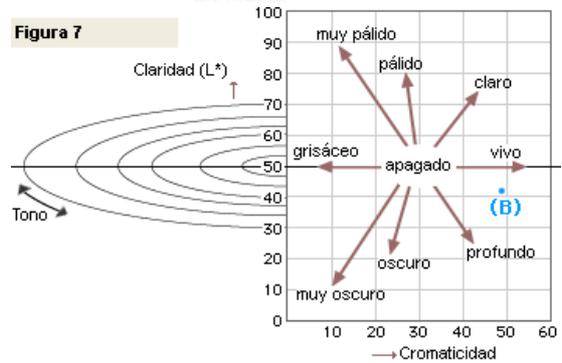
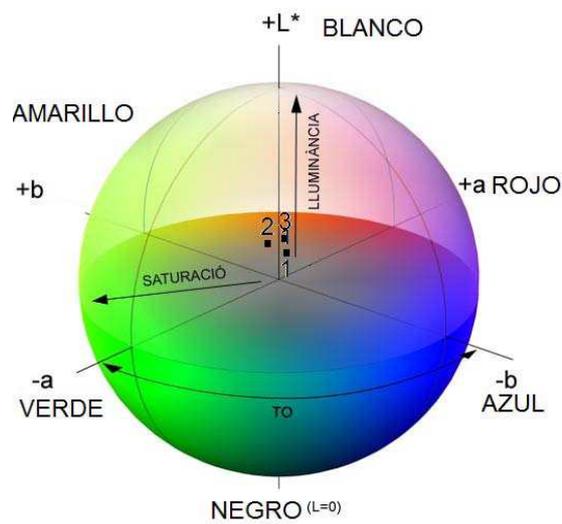
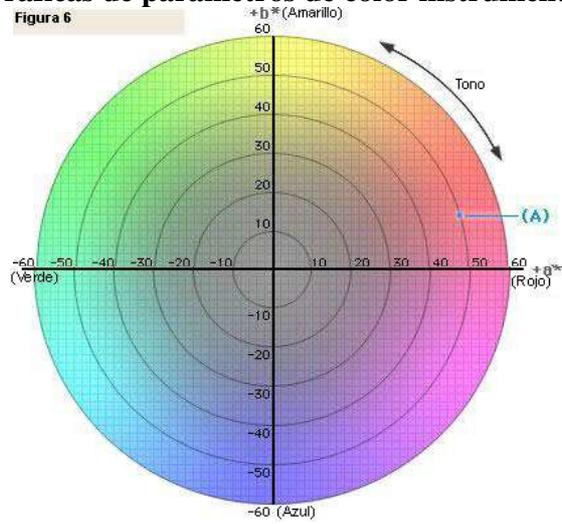
c.v.: Coeficiente de variación

Gr: grupo

Medias con igual letra se consideran estadísticamente iguales

## ANEXO C

### Gráficas de parámetros de color instrumental



Fuente: Minolta, 1994; Ocampo, 2009

## ANEXO D

**Análisis estadístico del diseño de la conservación del cultivar anaranjado gigante con y sin injerto en ambiente bajo cubierta y controlado**

### INTERACCIÓN A x B

**Tabla D.1.** Cultivar anaranjado gigante en el almacenamiento bajo cubierta (17 °C y 59 % HR)

CULTIVAR	PERIODO	PÉRDIDA PESO	G.	FIRMEZA	G.	RELACIÓN	G.	SÓL. SOLUBLES	G.	pH	G.	ACIDEZ T.	G.
		(g/100 g)		(N)		SABOR		(°Brix)				(g/100 g)	
CI	Día 0	0,00	A	56,02	B	5,80	A	12,00	A	3,51	A	2,07	E
CI	Día 5	2,88	B	51,77	B	5,44	A	12,21	AB	3,53	A	2,05	CD
CI	Día 10	3,48	B	38,2	B	5,99	A	12,33	BC	3,64	A	1,99	BC
CI	Día 20	11,99	C	21,23	A	7,26	B	13,45	C	3,69	A	1,86	AB
CI	Día 30	15,14	D	19,93	A	8,01	B	13,55	C	3,7	A	1,62	A
SI	Día 0	0,00	A	72,18	B	5,51	A	11,57	A	3,53	A	2,10	G.
SI	Día 5	2,41	B	44,87	B	5,60	A	11,71	A	3,55	A	2,09	EF
SI	Día 10	4,10	B	46,24	B	5,64	A	12,36	BC	3,62	A	1,87	AB
SI	Día 20	12,11	C	21,27	A	7,68	B	12,79	C	3,68	A	1,67	A
SI	Día 30	14,43	D	18,82	A	8,19	B	13,15	C	3,76	A	1,61	A

G.: Grupo

Medias con igual letra se consideran estadísticamente iguales

**Tabla D.2.** Cultivar anaranjado gigante en el almacenamiento controlado

CULTIVAR	PERIODO	PÉRDIDA PESO	G.	FIRMEZA	G.	RELACIÓN SABOR	G.	SÓL. SOLUBLES	G.	pH	G.	ACIDEZ T.	G.
		(g/100 g)		(N)				(° Brix)				(g/100 g)	
CI	Día 1	0,00	A	56,02	C	5,80	A	12,00	A	3,51	A	2,07	E
CI	Día 15	4,26	B	44,15	BC	5,87	AB	11,79	AB	3,6	A	2,01	CD
CI	Día 30	8,55	C	31,21	B	7,04	BC	12,33	C	3,68	A	1,76	BC
CI	Día 45	10,52	DE	26,96	B	7,42	CD	12,57	C	3,68	A	1,7	AB
CI	Día 60	12,8	E	16,43	AB	8,59	D	12,47	C	3,71	A	1,45	A
SI	Día 1	0,00	A	72,18	D	5,51	A	11,57	A	3,53	A	2,10	E
SI	Día 15	3,77	AB	50,17	CD	5,92	AB	11,71	AB	3,55	A	2,09	E
SI	Día 30	7,67	BC	40,26	BC	6,80	BC	12,68	C	3,64	A	1,88	CD
SI	Día 45	8,82	D	30,81	B	8,08	D	12,79	C	3,57	A	1,59	A
SI	Día 60	12,19	E	13,52	A	8,01	D	12,29	C	3,7	A	1,54	A

G.: Grupo

Medias con igual letra se consideran estadísticamente iguales

## ANEXO E

### MÉTODOS DE ANÁLISIS DE LABORATORIO PARA EL VALOR NUTRICIONAL DEL CULTIVAR DE TOMATE DE ÁRBOL CON Y SIN INJERTO

#### METODOLOGÍA ESPECTROFOTOMÉTRICA PARA LA DETERMINACIÓN DE GLICOALCALOIDES EN PAPA (HELLENÄS, 1986)

##### a) Principio

Se utiliza una metodología colorimétrica, descrita por Hellenäs (1986), utilizando como solución extractora una solución de metanol y cloroformo, en el residuo obtenido luego de algunos procesos de purificación se recuperó los glicoalcaloides en ácido ortofosfórico concentrado, para luego leer en un espectrofotómetro a 408 nm, frente a una curva estándar de solanina de 0 a 100 ppm.

##### b) Equipo y materiales

- |                     |                            |
|---------------------|----------------------------|
| - Rotavapor         | - Espectrofotómetro UV-VIS |
| - Balanza analítica | - Balones aforados         |
| - Baño maría        | - Papel filtro cualitativo |
| - Agitador de tubos | - Micropipeta y puntas     |
| - Embudos           | - Agitadores               |
| - Porta embudos     | - Gradillas                |
| - Erlenmeyers       |                            |

##### c) Procedimiento

###### Fase de Extracción

- Pesar 5 g de muestra en polvo liofilizada e hidratar la muestra con 20 mL de agua destilada durante una hora.
- Preparar 210 mL de la mezcla extractora Metanol: Cloroformo (2:1 v/v) y adicionar 100 mL de esta mezcla a la muestra hidratada y agitarla durante 10 minutos a baja velocidad (2 velocidades).
- Filtrar la mezcla en un Buchner al vacío con doble papel de filtro Whatman #40. Lavar el agitador y los filtros con la mezcla metanol/cloroformo restante.

- Colocar la solución filtrada en un rotavapor (60 °C y 500 mm Hg de presión) conectado al refrigerante y concentrar hasta un volumen de aproximadamente 20 mL.
- Transferir esta solución acuosa a un embudo de decantación donde se agregaron 20 mL de solución de ácido acético (agua: ac. Acético glacial, 98:2, v/v) y 15 mL de éter de petróleo, fracción 40-60. Agitar vigorosamente y dejar reposar hasta el día siguiente.
- Usar el papel filtro Whatman #40 fue separar y filtrar la fase acuosa en un balón de 50 mL y enrasar con la mezcla de agua-ácido acético (98:2 v/v). Transferir el extracto a botellas de vidrio y almacenar en refrigeración (soporta hasta 15 días sin variación).
- Del extracto tomar una alícuota de 5 mL y colocar en un erlenmeyer de 50 mL donde se le adiciona 1,5 mL de hidróxido de amonio concentrado.
- Colocar el erlenmeyer en baño maría a 85 °C por 10 minutos y luego enfriar a 5 °C por 30 minutos, donde los glicoalcaloides se flocculan.
- Centrifugar el contenido del erlenmeyer a 219.000 rpm por 40 minutos.

#### Determinación

- Descartar el sobrenadante y sobre el pellet formado agregar 5 mL de ácido ortofosfórico (concentrado). Agitar fuertemente y tomar la lectura en el espectrofotómetro a 408 nm.
- Preparar una curva estándar con concentraciones de 0 a 100 ppm con ácido ortofosfórico concentrado y tomar la lectura a 408 nm.

#### d) Cálculos

La concentración en ppm de solanina obtenida de la curva estándar se corrige de la siguiente forma:

$$C \times 0.01 \times \%MS \times f.d. = \frac{mg\ TGA}{100\ g\ peso\ fresco}$$

Donde:

$C$  = Concentración en ppm

$MS$  = Materia seca

$f.d.$  = Factor de dilución, que solo se considera si se hacen diluciones adicionales

## e) Ejemplo de cálculo

Cálculo del contenido de glicoalcaloides en genotipos de tomate de árbol								
Genotipo o tomate de árbol	Absorbancia (408 nm)	Concentración glicoalcaloides (ppm)	Cantidad glicoalcaloides (mg)	glicoalcaloides (mg) por Kg de pulpa	Cantidad tomate de árbol analizado (g)	Materia seca (g) por cada 100 g de tomate	Concentración glicoalcaloides base húmeda (mg TGA /100 g peso fresco)	Concentración glicoalcaloides base seca (mg TGA /100 g peso seco)
CIL1	0,277	31,217	0,156	1,561	0,5	14	0,437	3,122
CIL2	0,488	54,152	0,271	2,708	0,5	14	0,758	5,415
CIL3	0,189	21,652	0,108	1,083	0,5	14	0,303	2,165
SIL1	0,164	18,935	0,095	0,947	0,5	14	0,265	1,893
SIL2	0,344	38,500	0,193	1,925	0,5	14	0,539	3,850
SIL3	0,223	25,348	0,127	1,267	0,5	14	0,355	2,535
GT-703-2	0,235	26,652	0,133	1,333	0,5	14	0,373	2,665
GT-703-7	0,384	42,848	0,214	2,142	0,5	14	0,600	4,285
GT-703-8	0,397	44,261	0,221	2,213	0,5	14	0,620	4,426
GT-703-13	0,147	17,087	0,085	0,854	0,5	14	0,239	1,709
GT-703-14	0,214	24,370	0,122	1,218	0,5	14	0,341	2,437
GT-18	0,289	32,522	0,163	1,626	0,5	14	0,455	3,252
GT-39	0,195	22,304	0,112	1,115	0,5	14	0,312	2,230
GT-41	0,269	30,348	0,152	1,517	0,5	14	0,425	3,035
GT-45	0,252	28,500	0,143	1,425	0,5	14	0,399	2,850

## f) Referencia

Hellenäs, K., 1986, "A simplified procedure for quantification of potato glycoalkaloids in tuber extracts by HPLC: comparison with ELISA and a colorimetric method", J. Sci. Food Agric., Vol (37), pp. 779 y 780.

**DETERMINACIÓN DE HUMEDAD**  
**(Método INIAP MO-LSAIA-01.01)**

**a) Principio**

La humedad de la muestra se pierde por volatilización a causa del calor. El material residual después de eliminar la humedad, constituye la materia seca.

**b) Equipo y material**

- Estufa
- Balanza analítica
- Latas de aluminio
- Pinza metálica
- Desecador

**c) Procedimiento**

- Pesar aproximadamente 10 g de muestra fresca (ó 1 g de muestra seca), y colocar en latas de aluminio previamente taradas.
- Colocar en una estufa a 105 °C durante 8 horas (o por una noche).
- Enfriar en un desecador y pesar la muestra seca.

**d) Cálculos**

$$\text{Humedad (\%)} = \left( \frac{(P_2 - P_1) - (P_3 - P_1)}{(P_2 - P_1)} \right) * 100$$

*Donde:*

P<sub>1</sub> = Peso de la lata vacía (g)

P<sub>2</sub> = Peso de la lata con la muestra fresca (g)

P<sub>3</sub> = Peso de la lata con la muestra seca (g)

**e) Referencias**

A.O.A.C. (Association of Official Analytical Chemist). 1998. Peer Verified Methods. Manual on policies and procedures. Arlington. U.S.A.

Adaptado en el Laboratorio de Servicios Analíticos e Investigación en Alimentos del Departamento de Nutrición y Calidad del INIAP.

## **DETERMINACIÓN DE CENIZAS (Método INIAP MO-LSAIA-01.02)**

### **a) Principio**

La muestra es incinerada en una mufla a 600 °C, previa precalcinación en una placa calentadora o reverbero, para eliminar todo el material orgánico. El material inorgánico que no se destruye se denomina ceniza.

### **b) Equipo y material**

- Balanza analítica
- Mufla
- Placa calentadora
- Desecador
- Crisoles de porcelana

### **c) Procedimiento**

- Pesar de 1,5 a 2,0 g de muestra y colocar en crisoles previamente tarados.
- Precalcinar la muestra hasta que no se desprenda humo.
- Colocar en una mufla a 600 °C durante 8 horas (o por una noche).
- Sacar los crisoles, enfriar en un desecador y pesar.

### **d) Cálculos**

$$Cenizas (\%) = \left( \frac{P_3 - P_1}{P_2 - P_1} \right) * 100$$

*Donde:*

- P<sub>1</sub> = Peso del crisol vacío (g)  
P<sub>2</sub> = Peso del crisol más muestra (g)  
P<sub>3</sub> = Peso del crisol más cenizas (g)

### **e) Referencias**

Método de la A.O.A.C. Association of Official Analytical Chemist. 1998. Peer Verified Methods. Manual on policies and procedures. Arlington. U.S.A.

Adaptado en el Laboratorio de Servicios Analíticos e Investigación en Alimentos del Departamento de Nutrición y Calidad del INIAP.

## **DETERMINACIÓN DE AZÚCARES TOTALES** (Método INIAP MO-LSAIA-21/22)

### **a) Principio**

Se determina por el método de la antrona. Se realiza una hidrólisis de los polisacáridos en medio ácido en caliente. La antrona reacciona con las hexosas y las aldopentosas para dar un complejo de color azul - verdoso, presentando un máximo de absorbancia a 625 nm.

La presencia de proteínas que contengan triptófano da color rojo a la muestra y puede interferir con la reacción. Este método es muy sensible, permite dosificar concentraciones en azúcares totales de 0 a 50 mg/L. Teniendo en cuenta la gran sensibilidad del método es necesario efectuar diluciones en la muestra a analizar. Se realiza siguiendo el método de Dubios, M. Hamilton J.K. (1956).

### **b) Equipo y material**

- |                              |                            |
|------------------------------|----------------------------|
| - Espectrofotómetro UV - VIS | - Balones aforados         |
| - Balanza analítica          | - Papel filtro cualitativo |
| - Placa agitadora            | - Tubos de ensayo          |
| - Baño maría                 | - Pipetas graduadas        |
| - Agitador de tubos          | - Pipetas volumétricas     |
| - Embudos                    | - Micropipeta y puntas     |
| - Porta embudos              | - Agitadores               |
| - Erlenmeyes                 | - Gradillas                |

### **c) Reactivos**

**Acido sulfúrico concentrado  $H_2SO_4$ :** Concentración 95-97 %.

**Solución de antrona:** Pesar 200 mg de antrona y adicionar 100 mL de ácido sulfúrico concentrado.

**Solución estándar de glucosa 50 mg/l:** Pesar 0.5 g de glucosa D-(+)-glucosa  $C_6H_{12}O_6$ , disolver y aforar a 100 mL con agua destilada. Tomar 1 mL y diluir a 100 mL.

## d) Procedimiento

### d1) Preparación de la muestra:

- Pesar aproximadamente 1 g de muestra liofilizada ó 30 g de muestra fresca.
- Extraer con 75 mL de agua destilada por una hora sobre una placa agitadora.
- Filtrar y aforar a 100 mL con agua destilada

### d2) Cuantificación:

- Tomar 1,25 mL de muestra, previamente diluida y colocar en un baño de hielo.
- Adicionar 2,5 mL de reactivo de antrona, agitar los tubos y colocar en un baño de agua a ebullición durante 10 min.
- Sacar los tubos y colocar en un baño de hielo durante 10 minutos y agitar.
- Leer la absorbancia a 625 nm.

## e) Cálculos

$$\% \text{Azúcares To tales} = \frac{LR * V * FD * 10^{-6} (g / \mu g)}{Pm} * 100$$

Donde:

LR = Lectura de regresión ( $\mu\text{g/mL}$ )

V = Volumen final (mL)

FD = Factor de dilución

Pm = Peso de la muestra (g)

## f) Referencias

Dubois, M.; Hamilton J.K. Repus P. A. Smith F. 1956. Coloreometric method for determination of sugar and related substances. Anal. Chem. 28-300-356.

Adaptado en el Laboratorio de Servicios Analíticos e Investigación en Alimentos del Departamento de Nutrición y Calidad del INIAP.

## DETERMINACIÓN DE AZÚCARES REDUCTORES (Método INIAP MO-LSAIA-21/22)

### a) Principio

Los azúcares reductores se realiza según el método DNS. Se basa en la reducción del ácido 3,5 dinitrosalicílico a ácido 3-amino-5 nitrosalicílico por el grupo carbonilo libre de los azúcares reductores. El complejo formado es medido espectrofotométricamente a 540 nm. Siendo la densidad óptica proporcional a la concentración de azúcares reductores.

### b) Equipo y material

- |                              |                            |
|------------------------------|----------------------------|
| - Espectrofotómetro UV - VIS | - Balones aforados         |
| - Balanza analítica          | - Papel filtro cualitativo |
| - Placa agitadora            | - Tubos de ensayo          |
| - Baño maría                 | - Pipetas graduadas        |
| - Agitador de tubos          | - Pipetas volumétricas     |
| - Embudos                    | - Micropipeta y puntas     |
| - Porta embudos              | - Agitadores               |
| - Erlenmeyes                 | - Gradillas                |

### c) Reactivos

#### Reactivo Dinitrosalicílico (DNS):

**Solución A:** Pesar 13,5 g de hidróxido de sodio NaOH PM 40 g/mol, pureza 99% y disolver en 300 mL de agua destilada.

**Solución B:** Pesar 8,8 g de ácido 3,5-dinitrosalicílico DNS,  $C_7H_4N_2O_7$  y disolver en 400 mL de agua destilada, adicionar 225 g de tartrato de sodio y potasio  $C_4H_4KNaO_6 \cdot 4H_2O$  y ajustar con 400 mL de agua destilada.

**Solución C:** Mezclar las soluciones A y B, se conserva 1 año en refrigeración.

**Solución D:** Pesar 2,2 g de hidróxido de sodio NaOH, 10 g de fenol cristalizado  $C_6H_5OH$ , PM 94,11 g/mol en 100 mL de agua destilada

**Solución de bisulfito de sodio:** Pesar 5 g de bisulfito de sodio y aforar a 25 mL de agua destilada.

**Solución de trabajo:** A la **solución C** agregar 69 mL de la **solución D** y 23,2 mL de bisulfito de sodio. Conservar en frasco oscuro en refrigeración. Esta solución dura máxima un año. Usar cinco días después de su preparación

**Solución de hidróxido de sodio 1 M:** Pesar 40,8163 g de NaOH PM 40 g/mol, disolver y aforar a 1.000 mL de agua destilada.

**Solución estándar de glucosa 2000 ppm:** Pesar 50 mg de D-(+)-glucosa,  $C_6H_{12}O_6$ , disolver y aforar a 25 mL con agua destilada.

#### d) Procedimiento

- Tomar 0,5 mL de muestra o de la dilución en un tubo de ensayo
- Adicionar 0,5 mL de hidróxido de sodio 1M y 1,5 mL de DNS y agitar
- Colocar los tubos en baño de agua hirviendo durante 5 minutos, enfriar en baño de agua hielo, adicionar 9,5 mL de agua destilada y agitar
- Medir la absorbancia a 540 nm.

#### e) Cálculos

$$\% \text{ Azúcares Reductores} = \frac{LR * V_t * FD * 10^{-6} (g / \mu g)}{P_m} * 100$$

Donde:

LR = Lectura de regresión ( $\mu g/mL$ )

Vt = Volumen final (mL)

FD = Factor de dilución

Pm = Peso de la muestra (g)

#### f) Referencias

MILLER, G. L. 1959. Use of Dinitrosalicylic Acid Reagent for Determination of Reducing Sugar. Anal. Chem. 31:426-428.

Adaptado en el Laboratorio de Servicios Analíticos e Investigación en Alimentos del Departamento de Nutrición y Calidad del INIAP.

## DETERMINACIÓN DE POLIFENOLES (Método INIAP MO-LSAIA-18)

### a) Principio

Los polifenoles son comúnmente determinados usando el reactivo de Folin & Ciocalteu's que interactúa con otras diferentes sustancias reduciendo las sustancias no fenólicas llevando a una sobrestimación del contenido de polifenoles. El extracto de la fase sólida fue quitado con la eliminación de los componentes solubles en agua reduciendo las interferencias incluyendo la ocasionada por la vitamina C. La corrección colorimétrica fue desarrollada extrayendo las sustancias que podrían interferir en el agua de lavado del extracto bruto. No obstante la vitamina C presente en el agua del lavado del extracto puede ser destruida por el calor y así colorimetricamente deducida.

### b) Equipo y material

- |                                |                          |
|--------------------------------|--------------------------|
| - Espectrofot. Shimadzu UV-VIS | - Viales con tapa        |
| - Balanza analítica            | - Vasos de precipitación |
| - Placa agitadora              | - Cronómetro             |
| - Papel filtro cualitativo     | - Agitadores magnéticos  |
| - Balones aforados             | - Cartuchos OASIS        |
| - Pipetas volumétricas         | - Termómetro             |
| - Probetas                     |                          |

### c) Reactivos

**Acetona 70:30 (v/v):** Medir 70 mL de acetona  $\text{CH}_3\text{COCH}_3$  grado p.a. PM 58,08 g/mol,  $\geq 99,8 \%$ ,  $\delta=0,79$  g/mL y mezclar con 30 mL de agua destilada.

**Metanol puro:** grado p.a  $\text{CH}_3\text{OH}$ , PM 32,04 g/mol, pureza 99,90 %.

**Solución de carbonato de sodio 75 g/l:** Pesar 75 g de carbonato de sodio  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , grado p.a,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , pureza  $\geq 99,9 \%$ , PM 105,99 g/mol, disolver con un poco de agua destilada caliente y aforar a 1.000 mL.

**Reactivo de Folin-Ciocalteus:** Tomar 1 mL del reactivo de Folin, adicionar 9 mL de agua destilada, dilución 1/10.

**Solución estándar de ácido gálico de 500 ppm:** Pesar 0,0564 g de ácido gálico monohidratado  $(\text{HO})_3\text{C}_6\text{H}_2\text{CO}_2\text{H}\cdot\text{H}_2\text{O}$ , 98 %, disolver y aforar a 100 mL con agua destilada. Prepara una curva de 0 - 500 ppm, tomar 50  $\mu\text{l}$  de cada estándar, adicionar 450  $\mu\text{l}$ , (volumen final 500  $\mu\text{l}$ ) y proceder con el método.

**Solución estándar de ácido L(+)-ascórbico de 1.000 ppm:** Pesar 0,1003 g de ácido L(+)-ascórbico p.a  $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$  99,7 % disolver y aforar a 100 mL con agua destilada. Prepara una curva de 0 – 1.000 ppm, tomar 500  $\mu\text{l}$  de cada estándar y proceder con el método.

#### **d) Procedimiento**

- Pesar entre 0,3 g a un 1 g de muestra liofilizada, en viales con tapa.
- Adicionar 10 mL de la mezcla acetona/agua.
- Agitar por 45 minutos en una placa agitadora.
- Centrifugar por 10 min a 3500 rpm. y/o filtrar a través de papel filtro.
- Recoger el filtrado en viales con tapa (*extracto bruto*).

#### **Determinación de los componentes solubles totales en agua (Fracción A)**

- Tomar 25  $\mu\text{l}$ , 50  $\mu\text{l}$  ó 75  $\mu\text{l}$  del extracto bruto.
- Adicionar 475  $\mu\text{l}$ , 450  $\mu\text{l}$  ó 425  $\mu\text{l}$  de metanol.
- Medir utilizando el método de Folin.

#### **Separación de polifenoles y compuestos solubles en agua (Fracción B)**

- Tomar 500  $\mu\text{l}$  del extracto bruto.
- Adicionar 3,5 mL de agua.
- Colocar 2 mL de esta solución en un cartucho OASIS previamente acondicionado (3 mL de metanol + 2 x 3 mL de agua).
- Lavar con 2 x 2 mL de agua.
- Tomar 500  $\mu\text{l}$  del extracto lavado.
- Medir utilizando el método de Folin.

NOTA: Después de cada análisis lavar los cartuchos OASIS con: 4 x 3 mL de metanol puro. Lavar con 2 x 2 mL de agua destilada.

**Eliminación de Vitamina C del extracto lavado (Fracción C)**

- Tomar 3 mL del extracto lavado en tubos de ensayo.
- Colocar en un baño de agua a 85 °C por dos horas.
- Tomar 500 µl del extracto lavado.
- Medir utilizando el método de Folin.

**Método de Folin**

- Adicionar 2,5 mL de Folin-Ciocalteu (diluido en 1/10 con agua).
- Dejar a temperatura ambiente por dos minutos.
- Adicionar 2 mL de carbonato de sodio, agitar e incubar inmediatamente a 50 °C por 15 minutos exactos. Enfriar los tubos rápidamente en agua a 4 °C.
- Leer la absorbancia inmediatamente a 760 nm. Realizar las mediciones en duplicado.

**e) Cálculos**

$$\text{Polifenoles Totales (mg ácido gálico/100 g muestra)} = A - B$$

$$A \text{ (mg/100g)} = LR_a * \frac{Vt}{Pm}$$

$$B \text{ (mg/100g)} = \left[ LR_b * \frac{Vt}{Pm} * FD \right] * \frac{1}{10}$$

$$\text{Vitamina C (mg ácido ascórbico/100g muestra)} = B - C$$

$$\text{Vitamina C (mg ácido ascórbico/100g)} = \left[ \frac{B - C}{pc} * \frac{Vt}{Pm} * FD \right] * \frac{1}{10}$$

Donde:

LR<sub>a</sub> = Concentración en mg/l de ácido gálico de la Fracción A

LR<sub>b</sub> = Concentración en mg/l de ácido gálico de la Fracción B

Vt = Volumen total (mL)

Pm = Peso muestra (g)

FD = Factor de dilución Fracción B ((4/0,5)\*(6/2))

- B = ABS a 760 nm de la Fracción B  
 C = ABS a 760 nm de la Fracción C  
 pc . = Pendiente – curva de ácido ascórbico (mg/l)

#### f) Referencias

Stephane, G; Pierre, B; Pascaline, A; Marie, J.A. Rapid Determination of Polyphenols and Vitamin C in Plant – Derived Products. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2005, Vol. 53, 1370 -1373 pp

Adaptado en el Laboratorio de Servicios Analíticos e Investigación en Alimentos del Departamento de Nutrición y Calidad del INIAP.

## DETERMINACIÓN DE CAROTENOIDES TOTALES (Método INIAP MO-LSAIA-19)

#### a) Principio

Los carotenoides totales se determinan espectrofotométricamente a una longitud de onda de 450 nm, utilizando una curva de un estándar de caroteno ( $\beta$ -caroteno) a una longitud de onda de 450 nm.

#### b) Equipo y material

- |  |  |
|--|--|
| - Espectrofotometro UV – VIS<br>Shimadzu | - Vasos de precipitación                     |
| - Balanza analítica                      | - Embudos de separación                      |
| - Centrífuga                             | - Tubos para centrifuga de 50 mL<br>con tapa |
| - Baño ultrasonido                       | - Pipetas                                    |
| - Placa agitadora                        | - Micropipeta y puntas                       |
| - Agitadores magnéticos                  | - Cronómetro                                 |

#### c) Reactivos

**Solución Etanol: Hexano:** Mezclar etanol, grado p.a.  $C_2H_5OH$ , pureza  $\geq 99,9$  %, PM 46,07 g/mol, con hexano, grado p.a.  $CH_3(CH_2)_4CH_3$ , pureza  $\geq 96,0$  %, PM 86,18 g/mol en la proporción 4:3 (v/v).

**Butilhidroxitolueno BHT 0,1%:** Pesar 0,1 g de 2,6-Di-tert-butyl-4-methyphenol BHT  $C_{15}H_{24}O$ , PM 220,36 y disolver en la mezcla etanol-hexano.

**Sulfato de sodio:** grado p.a.,  $Na_2SO_4$  pureza  $\geq 99,0$  %, PM 14,04 g/mol.

**Solución patrón del estándar  $\beta$ -caroteno:** Tipo II, Sigma  $\geq 95$  % (C4582-25 mg): Romper la ampolla del estándar con cuidado, disolver su contenido con hexano grado HPLC y aforar a 250 mL. La concentración final es 100 ppm. Guardar en congelación en un envase completamente cerrado y protegido de la luz.

**Curva de calibración del estándar de  $\beta$ -caroteno para la cuantificación por el espectrofotómetro UV-VIS:** A partir de la solución de 10 ppm, preparar una curva de 0 - 3  $\mu g/mL$  y medir en el espectrofotómetro UV-VIS inmediatamente.

#### d) Procedimiento

- Pesar 0,6 a 1 gramos de muestra liofilizada en un vial con tapa y protegido de la luz (forrado con papel aluminio).
- Adicionar 0,12 g de carbonato de magnesio. Adicionar 10 mL de la mezcla etanol: hexano. Agitar por 30 minutos en una placa agitadora
- Trasvasar el contenido a tubos completamente protegidos de la luz y centrifugar por 10 minutos a 3.500 rpm
- El sobrenadante trasvasar a un embudo de separación completamente protegido de la luz; sobre el residuo añadir 10 mL de la mezcla etanol: hexano
- Agitar por 3 minutos y centrifugar. Sobre el residuo adicionar 10 mL de etanol
- Agitar por 3 minutos y centrifugar. En el residuo adicionar 10 mL de hexano.
- Agitar por 3 minutos y centrifugar.
- El sobrenadante que queda después de cada centrifugación trasvasar a un embudo de separación, lavar dos veces con 20 mL de una solución de cloruro de sodio al 10 % y tres veces con 20 mL de agua destilada.
- La fase acuosa se desecha. Sobre la fase de hexano adicionar sulfato de sodio anhidro para eliminar completamente el agua y el extracto pasar a viales completamente protegidos de la luz.

- De los carotenoides recuperados tomar directamente o de la dilución y leer inmediatamente en el espectrofotómetro UV-VIS a 450 nm para cuantificar la concentración de carotenoides totales.

NOTA: Para evitar la degradación de los carotenoides se debe trabajar en un cuarto oscuro y protegido de la luz

#### e) Cálculos

$$\text{Carotenoides totales } \left(\frac{\mu\text{g}}{\text{g}}\right) = \frac{LR * Vt}{Pm}$$

Donde:

LR = Concentración de  $\beta$ -caroteno ( $\mu\text{g}/\text{mL}$ )

Vt = Volumen total (mL)

Pm = Peso de la muestra (g)

#### f) Referencias

Claudie, D; Catherine, C; Patrick, O; Franck, C; Marie A. Varietal and Interspecific influence on Micronutrient Contents in Citrus from the Mediterranean Area. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2005. Vol 53, No. 6. p 214.

Adaptado en el Laboratorio de Servicios Analíticos e Investigación en Alimentos del Departamento de Nutrición y Calidad del INIAP.

## DETERMINACIÓN DE ANTOCIANINAS

### a) Principio

Las antocianinas sufren transformaciones estructurales con cambios en el pH. A pH 1,0 las existen en una alta coloración de oxonium en su forma flavonoide y a pH 4,5 ellas están predominantemente en la forma de carbinol menos coloreado

### b) Equipo y material

- Espectrofotómetro Shimadzu UV-VIS
- Balanza analítica
- pH-metro
- Placa agitadora, centrifuga
- Papel filtro cualitativo
- Pipetas volumétricas, vasos de precipitación
- Probetas, balones aforados

### c) Reactivos

**Solución A, Cloruro de Potasio 0,2 N:** Pesar 14,9120 g de cloruro de potasio (ClK), grado p.a. pureza 99,5 %, PM 74,56 g/mol, disolver y aforar a un litro con agua destilada.

**Solución B, Acido clorhídrico HCl 0,2 N:** Tomar 16,56 mL de ácido clorhídrico HCl; 36,5 a 38 %, 1,19 g/mL) de pureza, y aforar a un litro con agua destilada.

**Solución Buffer pH 1,0:** Medir 125 mL de la solución A y adicionar 375 mL de la Solución B, medir el pH y aforar a 500 mL.

**Solución C, Acetato de Sodio 1 M:** Pesar 82,8586 g de acetato de sodio anhidro, disolver y aforar a un litro con agua destilada.

**Solución D, Acido clorhídrico HCl 1,0 N:** Tomar 82,81 mL de ácido clorhídrico HCl; 36,5 a 38 %, 1,19 g/mL) de pureza, y aforar a un litro con agua destilada.

**Solución Buffer pH 4.5:** Medir 400 mL de la solución C, adicionar 240 mL de la solución D, y 360 mL de agua destilada ir controlando el pH y aforar a 1 L.

### d) Procedimiento

- Pesar 0,25 g. de muestra liofilizada, en vasos de precipitación.

- Adicionar 10 mL de buffer. - Agitar por una hora sobre una placa agitadora.
- Centrifugar por 30 min a 4.000 rpm. Filtrar a través de papel filtro.
- Medir la absorbancia, frente al buffer y hacerlo con cada buffer

**e) Cálculos**

$$A = [(A_1 - A_2) - (A_3 - A_4)]$$

$$C = \frac{A}{\epsilon * b} * \frac{Vt}{Pm} * PM * 100$$

Donde:

- C = Concentración de antocianinas (mg/100g)
- A = Diferencia de la absorbancia entre pH 1,0 y pH 4,5
- A<sub>1</sub> = Absorbancia a 510 nm a pH 1,0
- A<sub>2</sub> = Absorbancia a 700 nm a pH 1,0
- A<sub>3</sub> = Absorbancia a 510 nm a pH 4,5
- A<sub>4</sub> = Absorbancia a 700 nm a pH 4,5
- Vt = Volumen total (mL)
- Pm = Peso de la muestra (g)
- PM = Peso molecular de cyanidin-3-glucoside chloride (484,82 g/mol)
- ε = Coeficiente de absortividad de cyanidin-3-glucoside chloride (24825 L mol<sup>-1</sup>cm<sup>-1</sup>)
- b = Ancho de la celda (1 cm)

**f) Referencias**

Rapisarda, P; Fanella, F; Maccarone, E: Reliability of Analytical Methods for Determining Anthocyanina in Blood Orange Juices. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2000, Vol. 48, 2249-2252 pp

Adaptado en el Laboratorio de Servicios Analíticos e Investigación en Alimentos del Departamento de Nutrición y Calidad del INIAP.

## **DETERMINACIÓN DE MINERALES** **(Método INIAP MO-LSAIA-03.01.02)**

### **a) Principio**

La ceniza de la muestra es sometida a una digestión ácida para luego ser diluido a un volumen determinado. Posteriormente se realiza los análisis de macro y micro - elementos por absorción atómica y en el caso de fósforo por colorimetría.

### **b) Equipo y material**

- Espectrofotómetro de Absorción Atómica Shimadzu AA-680
- Espectrofotómetro de Spectronic 20D
- Tubos (celda) de lectura para Spectronic 20D
- Balanza analítica
- Dilutor automático
- Plancha calentadora
- Agitador magnético
- Balones aforados, Pipetas volumétricas, Pipetas graduadas
- Papel filtro cuantitativo Whatman 541 o similar
- Embudos, porta embudos
- Tubos de ensayo, gradillas

### **c) Reactivos**

**Acido clorhídrico:** HCl 37 %.

**Acido nítrico:** HNO<sub>3</sub> 65 %.

**Solución de referencia de 1.000 ppm de:** calcio, magnesio, sodio, potasio, cobre, manganeso, zinc, hierro, cobre.

**Solución estándar de calcio 10 ppm, de magnesio 1 ppm.**

**Solución de lantano 1 %:** Pesar 17,65 g de cloruro de lantano, disolver con 400 mL de agua y aforar a 1000 mL.

**Solución estándar de fósforo 1.000 ppm.**

**Solución estándar de fósforo 10 ppm de fósforo.**

**Solución de molibdo-vanadato:** Pesar 25 gramos de molibdato de amonio en 400 mL de agua bidestilada, 1,25 g de vanadato de amonio en 30 mL de agua destilada caliente y enfriar. Añadir 250 mL de ácido nítrico al 65 % con agitación lenta. Mezclar la solución de molibdato con el vanadato y aforar a un litro. Envasar en frasco ámbar.

**Solución de litio al 1 %:** Pesar 62,34 g de cloruro de litio y disolver con 400 mL de agua bidestilada y aforar a 1000 mL.

**Solución estándar de sodio 2 ppm, de potasio 4 ppm, de hierro 10 ppm.****d) Procedimiento**

- Colocar los crisoles que contienen las cenizas en la capilla o sorbona, adicionar 10 mL de agua destilada y 5 mL de ácido clorhídrico concentrado, digerir hasta que el volumen se reduzca a la tercera parte a temperatura baja.
- Retirar los crisoles de la plancha y enfriar, filtrar usando papel filtro cuantitativo y recibir el filtrado en un balón de 100 mL. Aforar con agua bidestilada.

**d1) Determinación de calcio y magnesio**

- Tomar 0,5 mL del filtrado, añadir 4 mL de agua bidestilada, 0,5 mL de la solución de lantano al 1 % y agitar.
- De esta solución tomar 0,5 mL, añadir 4 mL de agua bidestilada, 0,5 mL de la solución de lantano y agitar.
- Preparar la curva estándar de Ca y Mg de 5 y 0,5 ppm: Colocar en tubos de ensayo la solución estándar de calcio y magnesio 0, 1, 2, 3, 4, 5 mL, adicionar agua bidestilada hasta 9 mL y añadir 1 mL de la solución de lantano al 1 %.
- Leer en el espectrofotómetro de absorción atómica de llama, tomando en cuenta primero los estándares luego las muestras.

**d1.1) Cálculos**

$$Ca(\%) = \frac{LR * Fd}{Pm}$$

*Donde:*

LR	=	Lectura de Regresión
Fd	=	Factor de dilución
Pm	=	Peso de la muestra (g)

### **d2) Determinación de fósforo**

- Tomar 0,5 mL del filtrado en un tubo de ensayo, añadir 4 mL de agua bidestilada y 0,5 mL de la solución molibdo -vanadato y agitar.
- Cuando se requiera hacer más diluciones se tomará 4,5 mL de agua con 0,5 mL de muestra y en la dilución a leerse se pondrá 0,5 mL de muestra 0,5 de la solución de molibdo - vanadato y 4 mL de agua bidestilada.
- Preparar la curva estándar de fósforo de 0 a 5 ppm: Colocar la solución estándar de fósforo 10 ppm en tubos de ensayo 0, 1, 2, 3, 4, 5 mL, adicionar agua bidestilada hasta 9 mL y luego 1 mL de la solución de molibdo – vanadato.
- Pasar a los tubos calibrados del espectrofotómetro y leer, tomar en cuenta primero los estándares luego las muestras.
- Medir a una longitud de ondas de 400 nm.

#### **d2.1) Cálculos**

$$P(\%) = \frac{C * Fd}{Pm}$$

*Donde:*

C	=	Concentración (ppm)
Fd	=	Factor de dilución
Pm	=	Peso de la muestra (g)

### **d3) Determinación de sodio y potasio**

- Tomar 0,5 mL del filtrado en un tubo de ensayo, añadir 4 mL de agua bidestilada y 0,5 mL de la solución de litio al 1 % y agitar.
- Tomar 0,5 mL añadir 4 mL de agua bidestilada y 0,5 mL de la solución de litio al 1 % y agitar.

- Preparar la curva estándar de sodio y potasio de 1 y 2 ppm: Colocar en tubos de ensayo la solución estándar de Na y K 0, 1, 2, 3, 4, 5 mL, y adicionar agua bidestilada hasta 9 mL y adicionar 1 mL de la solución de litio al 1 %.
- Leer en el espectrofotómetro de absorción atómica de llama, tomando en cuenta primero los estándares luego las muestras.

#### **d3.1) Cálculos**

$$Na(\%) = \frac{C * Fd}{Pm}$$

*Donde:*

- C = Concentración (ppm)
- Fd = Factor de dilución
- Pm = Peso de la muestra (g)

#### **d4) Determinación de hierro**

- Preparar la curva estándar de hierro de 0 a 5 ppm: Colocar en tubos de ensayo la solución estándar de hierro 0, 1, 2, 3, 4, 5 mL, adicionar agua bidestilada hasta 9 mL y adicionar 1 mL de la solución de lantano al 1 %.
- Tomar 5 mL de la muestra y leer en el espectrofotómetro de absorción atómica
- En caso de ser lecturas altas, realizar diluciones de 1/10.

#### **d4.1) Cálculos**

$$Fe(\%) = \frac{C * Fd}{Pm}$$

*Donde:*

- C = Concentración (ppm)
- Fd = Factor de dilución
- Pm = Peso de la muestra (g)

**d5) Determinación de cobre, manganeso y cinc**

- Tomar 10 mL de la solución madre, agitar y leer
- Preparar la curva estándar de cobre, manganeso y zinc de 5 y 0,5 ppm: Colocar en tubos de ensayo la solución estándar de calcio y manganeso 0, 1, 2, 3, 4, 5 mL, y adicionar agua bidestilada hasta 9 mL y adicionar 1 mL de la solución de lantano al 1.
- Leer en el espectrofotómetro de absorción atómica de llama, primero los estándares luego las muestras.

**d5.1) Cálculos**

$$Cu(ppm) = \frac{LR * Fd}{Pm}$$

*Donde:*

LR = Lectura de Regresión

Fd = Factor de dilución

Pm = Peso de la muestra

**e) Referencias**

Fick, K; McDowell L; Miles P; Wilkinson N; Funk J; Conrad J. 1979. Manual de Métodos de Análisis de Minerales para tejidos de planta y animales. Departamento de Ciencia Animal, 2da Edición. EE.UU. Universidad de Florida.

Adaptado en el Laboratorio de Servicios Analíticos e Investigación en Alimentos del Departamento de Nutrición y Calidad del INIAP.

## ANEXO F

### Esquema fotográfico en campo de los genotipos estudiados

#### Cultivar anaranjado gigante con y sin injerto



Genotipo con injerto



Genotipo sin injerto

#### Retrocruzamientos provenientes de invernadero



Genotipo GT-703-2



Genotipo GT-703-7



Genotipo GT-703-13



Genotipo GT-703-8



Genotipo GT-703-14



Invernadero

**Segregantes provenientes de una huerta experimental**



Genotipo GT-18



Genotipo GT-41



Genotipo GT-39



Genotipo GT-45