

# CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE FRUTOS DE TOMATE DE ÁRBOL (*Solanum betaceum* Cav.) DE UNA POBLACIÓN SEGREGANTE

## MORPHOLOGICAL CHARACTERIZATION OF TREE TOMATO (*Solanum betaceum* Cav.) FRUITS FROM A SEGREGANT POPULATION

**Marlon Xavier Villares Jibaja<sup>(1,2,\*)</sup>; José Antonio Sánchez Morales<sup>(1)</sup>, William Fernando Viera Arroyo<sup>(2)</sup>; Norman Aurelio Soria Idrovo<sup>(2)</sup>; Andrea Verónica Sotomayor Correa<sup>(3)</sup>; Danilo Favian Yanez Silva<sup>(1)</sup>, Edisson Omar Martínez Mora<sup>(4)</sup>**

<sup>(1)</sup>Universidad Estatal de Bolívar UEB. Departamento de Investigación. Campus Académico “Alpachaca” Av. Ernesto Che Guevara s/n y Av. Gabriel Secaira, C.P. 020150, Guaranda, Ecuador. sjos94@yahoo.es

<sup>(2)</sup>Ingeniería Agropecuaria– IASA 1, Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura, Universidad de las Fuerzas Armadas. “ESPE”. Av. Gral. Rumiñahui s/n. Sangolquí, Ecuador.

<sup>(3)</sup>Programa de Fruticultura, Estación Experimental Santa Catalina. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP).

<sup>(4)</sup>Universidad Técnica de Machala. Centro de investigaciones de la Unidad Académica de Ciencias Químicas.

---

**Resumen:** se evaluaron características físicas y químicas de frutos de 158 plantas segregantes de tomate de árbol provenientes de cruzamientos ínter específicos entre [(*S. unilobum* x *S. betaceum*) x *S. betaceum*] x *S. betaceum*. Se utilizó la metodología de Bioversity International, empleándose descriptores de fruto, semilla y composición química. El factor estudiado fue el tipo de segregante, en total ocho. Los análisis estadísticos se realizaron con el software Infostat 2015. El análisis de conglomerados utilizando la distancia mínima de Ward mostró tres grupos de segregantes con un coeficiente de correlación cofenética de 0,708. En el análisis de componentes principales se determinó que cuatro variables explicaron el 84 % de la variabilidad. Se realizó una prueba de Duncan al 5 % para determinar diferencias entre grupos. Utilizando un índice planteado como resultado de la sumatoria de las 12 variables consideradas de mayor importancia, se seleccionaron individuos promisorios, los cuales serán empleados en programas que contribuyan al fitomejoramiento de este frutal.

**Palabras clave:** Caracterización morfológica, *Solanum betaceum*, calidad de fruta, población segregante, metodología de Bioversity International

**Abstract:** Physical and chemical characteristics of fruits of 158 segregating tomato tree plants from interspecific crosses between [(*S. unilobum* x *S. betaceum*) x *S. betaceum*] x *S. betaceum* were evaluated. The methodology of Bioversity International was used, using descriptors of fruit, seed and chemical composition. The factor studied was the type of segregant, in total eight. The statistical analyzes were performed with the Infostat 2015 software. The cluster analysis using Ward's minimum distance showed three groups of segregants with a cofeetic correlation coefficient of 0.708. In the analysis of main components, it was determined that four variables explained 84% of the variability. A Duncan test at 5% was performed to determine differences between groups. Using an index raised as a result of the sum of the 12 variables considered most important, promising individuals were selected, who will be employed in programs that contribute to the plant breeding of this fruit.

**Keywords:** Characterization of fruit, *Solanum betaceum*, fruit quality, segregating population, methodology of Bioversity International.

---

Recibido: 1 de noviembre de 2017

Aceptado: 29 de mayo de 2018

Publicado como artículo científico en Revista de Investigación Talentos V(1) 9-19

## I. INTRODUCCIÓN

El tomate de árbol es una planta nativa de América del Sur, denominada *Solanum betaceum* (anteriormente *Cyphomandra betacea* Bohs, 1995). En Ecuador, este cultivo se desarrolla entre 600-3000 m.s.n.m, a una temperatura óptima entre 14-20 °C (Prohens & Nuez, 2001; León, *et al.*, 2004; Carrillo *et al.*, 2015). Se encuentra principalmente en las provincias de Carchi, Imbabura, Pichincha, Tungurahua, Chimborazo, Bolívar, Cañar, Azuay y Loja (Bucheli *et al.*, 2014), siendo la provincia de Tungurahua la de mayor superficie sembrada con 2.929 ha para el año 2012 (MAGAP, 2014).

En el Ecuador, el cultivo del tomate de árbol es realizado principalmente por pequeños y medianos productores (León *et al.*, 2004). Según datos del actual Ministerio de agricultura y ganadería, antes denominado Ministerio de Agricultura Ganadería Acuicultura y Pesca (MAGAP, 2014), el incremento en área ha sido paulatino año tras año, teniendo para el 2012 una superficie sembrada de 5.964 ha, registrándose una superficie cosechada de 2.084 ha, con rendimiento promedio nacional de 7,05 t. ha<sup>-1</sup>, datos que no aparecen reportados en FAOSTAT (2012). El tomate de árbol se considera una especie con un alto valor nutricional y con potencial comercial, ya que por ser un fruto exótico y exclusivo de los Andes, representa una alternativa productiva frente a las nuevas tendencias del mercado (Enciso *et al.*, 2010; Carrillo *et al.*, 2015).

Uno de los más grandes problemas para su producción es la alta susceptibilidad a enfermedades provocadas por virus, bacterias, nematodos, hongos (Prohens & Nuez, 2001; Tamayo, 2001; León *et al.*, 2004; Revelo *et al.*, 2004), siendo la enfermedad conocida como antracnosis u ojo de pollo, agente causal *Colletotrichum acutatum* (Afanador *et al.*, 2003; Wharton & Diéguez, 2004; Falconí *et al.*, 2013) la que provoca mayores pérdidas económicas y reducción en el área cultivada de este frutal (Afanador *et al.*, 2003; Maita, 2011). Para el control de estas enfermedades, los agricultores emplean frecuentemente grandes cantidades de agroquímicos, lo cual tiene como consecuencia elevados costos de producción, daños a la salud, tanto de productores como de consumidores, por lo que las actuales medidas de prevención se dirigen al aprovechamiento de la resistencia genética de cultivares silvestres (Wharton & Diéguez, 2004). Estudios de combinaciones interespecíficas

entre *S. betaceum* con otras especies relacionadas fueron realizados por Bohs & Nelson (1997), donde se obtuvieron plantas híbridas F<sub>1</sub> con características morfológicas intermedias; se menciona que esta compatibilidad puede ser considerada para implementar mejoramiento genético en este cultivo; ya que los individuos segregantes obtenidos presentan recombinación y por lo tanto pueden surgir nuevas combinaciones genéticas superiores (Prohens & Nuez, 2001).

La caracterización vegetal es ideal para conocimiento de recursos fitogenéticos (Núñez & Escobedo, 2013), para su identificación o determinación, sistemática, análisis de diversidad genética, gestión de bancos de germoplasma, definición de nuevas variedades y la búsqueda de caracteres agronómicos (Gonzales-Andrés, 2001). Se han desarrollado estudios de caracterización moleculares utilizando 26 accesiones de tomate de árbol *S. betaceum*, y cuatro accesiones silvestres relacionadas con esta especie (Enciso *et al.* 2010). Acosta *et al.* (2011); caracterizó la diversidad morfológica y molecular de un conjunto de accesiones de *S. betaceum* recolectadas principalmente en Ecuador, con la finalidad de conocer su diversidad genética, características morfológicas, las relaciones entre diversidad molecular y morfológica y establecer una correlación base para la conservación del frutal. Valencia *et al.* (2013) caracterizaron morfológicamente 50 introducciones de *S. betaceum*, empleando descriptores altamente discriminantes, con la finalidad de identificar plantas con características deseables para ser empleados en programas de mejoramiento genético.

Viera *et al.* (2016), manifiesta que en el Programa de Fruticultura del *Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias* (INIAP), se han evaluado variables agronómicas, de producción, de calidad, y resistencia a antracnosis en segregantes de cruzamientos interespecíficos de *S. betaceum* x *S. unilobum*, obteniendo distintos niveles de resistencia, pero baja calidad del fruto en cuanto a tamaño, color de pulpa y sabor; realizándose así retrocruzamientos hacia *S. betaceum* para recuperar características de calidad. Seleccionaron progenies generadas de la retrocruza, con base a resistencia, comportamiento agronómico y calidad del fruto. Posteriormente se evaluaron variables como: producción por árbol, color de la cascara de fruto, color de mucilago, sólidos solubles y acidez titulable en búsqueda de características de calidad

aceptables; encontrándose materiales que pueden considerarse como promisorios para tales características.

En el Programa de Fruticultura del INIAP existe una población segregante de 158 plantas, con individuos con diferentes expresiones fenotípicas de caracteres relacionadas a calidad de fruta, pero la información en cuanto a estos caracteres es baja. En esta investigación se realizó la descripción fenotípica de caracteres físico-químicos del fruto de tomate de árbol provenientes de cruzamientos inter-específicos entre [(*S. unilobum* x *S. betaceum*) x *S. betaceum*] x *S. betaceum*, obteniendo grupos de segregantes con características similares y estableciendo diferencias entre grupos formados, para poder distinguir individuos con características deseables que puedan ser usados como futuros padres o preseleccionados como materiales promisorios para la generación de nuevas variedades.

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en la Granja Experimental Tumbaco del INIAP, ubicada en Provincia de Pichincha, cantón Quito, parroquia Tumbaco 00° 13' 00" Sur; 78° 24' 00" Oeste; Ecuador, localizada a 2348 msnm. La precipitación anual de la zona es de 800 mm al año, temperatura media de 16 °C. La humedad relativa promedio durante el estudio fue de 70,86%.

Como material biológico se emplearon frutos de la población segregante de tomate de árbol [(*S. unilobum* x *S. betaceum*) x *S. betaceum*] x *S. betaceum*; se evaluaron en total 158 plantas, registrando datos de 30 frutos por planta. El único factor estudiado fue el tipo de segregante de tomate de árbol. En total se evaluaron 8 segregantes que representan 8 tratamientos. La unidad experimental fue una planta de tomate de árbol y cada tratamiento presentó diferente número de repeticiones (Tabla I).

TABLA I.

MATERIALES SEGREGANTES DE TOMATE DE ÁRBOL (*S. BETACEUM*) EVALUADOS.

| Origen  | Código | Repeticiones |
|---|--------|--------------|
| [( <i>S. unilobum</i> x <i>S. betaceum</i> ) x <i>S. betaceum</i> ] x <i>S. betaceum</i> F <sub>4</sub> | GT7    | 48           |
|   | GT9    | 24           |
|   | GT10   | 25           |
|   | GT13   | 15           |
|   | GT15   | 15           |
| [( <i>S. unilobum</i> x <i>S. betaceum</i> ) x <i>S. betaceum</i> ] x <i>S. betaceum</i> F <sub>3</sub> | GT3    | 12           |
|   | GT20   | 11           |
|   | GT33   | 8            |

Para la caracterización morfológica de frutos de la población segregante de tomate de árbol, se utilizó la metodología de Bioversity International (2013). La investigación constó de dos fases, una de campo y otra de laboratorio. La fase de campo consistió en evaluar número de frutos por inflorescencia, número de frutos por planta cuando estos presentaron el color característico a la madurez y color de la fruta inmadura. En la fase de laboratorio con un calibrador digital marca Mitutoyo se evaluó la longitud, diámetro de fruto, longitud de pedicelo, longitud y diámetro de semilla. También con una balanza analítica marca Boeco, se registró el peso de fruto y semilla. Con un penetrometro digital FR-5120 lutron, se determinó la firmeza de fruto. Las variables color del fruto maduro, presencia de

bandas, forma de la fruta, forma del ápice, color del mesocarpo, color del mucílago alrededor de la semilla, atractivo del fruto, sabor, sabor amargo, jugosidad de la pulpa, aroma, brillo, color de semilla, se evaluaron de acuerdo con la escala de Bioversity International (2013). Se contabilizó el número de semillas en un fruto por cada ramificación. El contenido de sólidos solubles se midió por refractometría, empleando un refractómetro manual DY - T20. Para el cálculo de la acidez titulable, se pesó 15 g de pulpa de tomate de árbol, a la que se adicionó 100 mL de agua destilada, posteriormente se licuó hasta tener una solución homogénea, se extrajo una alícuota de 20 mL, que se colocó en un agitador magnético para que con la ayuda de una bureta se procediera a titular con

hidróxido de sodio 0.1 N hasta que ocurra el viraje de color del indicador fenolftaleína previamente adicionado en la solución, se registró la lectura del gasto de hidróxido y se calculó el resultado de acuerdo al ácido predominante.

Para el análisis de la información se realizó un análisis de conglomerados utilizando la distancia mínima de Ward (Tezanos y Quiñones, 2012), para agrupar grupos de segregantes con características similares. Posteriormente, se realizó un análisis de componentes principales para determinar las variables que más influyan en la formación de los grupos. Finalmente se realizó un análisis de varianza para todas las variables evaluadas y una prueba de Duncan al 5 % para determinar diferencias entre grupos de segregantes. Todos los análisis se realizaron con el software estadístico Infostat versión 2015 (Di Rienzo *et al.*, 2015).

Para seleccionar materiales promisorios se empleó índice producto de la consideración de 12 variables, que fue resultado de la sumatoria en una escala arbitraria las 12 variables consideradas de mayor importancia comercialmente (número de frutos por planta, color de la fruta maduro, forma, longitud, diámetro, peso, color del mesocarpo, sabor de la fruta, color del mucílago alrededor de la semilla, contenido de sólido solubles, acidez titulable, firmeza) que miden atributos de calidad de fruta y producción de planta.

### III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### A. Análisis de conglomerados

El análisis de conglomerados mostró tres grupos de segregantes con un coeficiente de correlación cofenética de 0,708 (figura 1). El primer grupo (G1) estuvo formado por los segregantes GT10, GT3 y GT20. El segundo (G2) grupo estuvo formado por los segregantes GT9, GT13 y GT15. El tercer grupo (G3) estuvo formado por los segregantes GT33 y GT7.

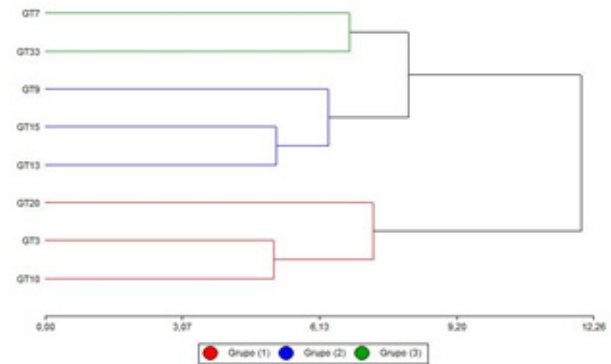


Fig. 1. Dendrograma de clasificación de segregantes de tomate de árbol (*S. unilobum* x *S. betaceum*) en base a la caracterización morfológica del fruto.

Se determinó que cuatro variables componentes principales explicaron el 84 % de la variabilidad (Tabla II). La primera variable componente principal explicó el 35 % de la variabilidad y las variables diámetro y peso del fruto fueron las que presentaron los valores de autovectores más altos (Tabla III). La segunda variable componente principal explicó el 23 % de la variabilidad existente y las variables color del mesocarpo, sabor amargo y diámetro de la semilla, fueron las que presentaron los valores de autovectores más altos. La tercera variable componente principal explicó el 14 % de la

TABLA II.

VALORES PROPIOS Y PROPORCIÓN DE LA VARIANZA EXPLICADA EN ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES

| Componentes principales | Valores propios | Proporción de la varianza total explicada |               |
|-------------------------|-----------------|---|---------------|
|                         |                 | Absoluta (%)                              | Acumulada (%) |
| 1                       | 9,55            | 0,35                                      | 0,35          |
| 2                       | 6,15            | 0,23                                      | 0,58          |
| 3                       | 3,85            | 0,14                                      | 0,72          |
| 4                       | 3,12            | 0,12                                      | 0,84          |
| 5                       | 1,96            | 0,07                                      | 0,91          |
| 6                       | 1,65            | 0,06                                      | 0,97          |
| 7                       | 0,72            | 0,03                                      | 1             |

TABLA III.

VALOR DE LOS AUTOVECTORES EN EL ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES REALIZADO EN LA CARACTERIZACIÓN DE FRUTOS DE UNA POBLACIÓN SEGREGANTE DE TOMATE DE ÁRBOL

| Variables                            | Componentes principales |       |       |       |
|--------------------------------------|-------------------------|-------|-------|-------|
|                                      | 1                       | 2     | 3     | 4     |
| Número de frutos por planta          | 0,12                    | 0,24  | 0,31  | -0,05 |
| Número de frutos por inflorescencia  | -0,15                   | 0,08  | -0,29 | -0,26 |
| Color de la fruta inmadura           | 0,23                    | -0,14 | -0,12 | 0,26  |
| Color de la fruta maduro             | 0,25                    | 0,11  | -0,26 | 0,11  |
| Bandas en la fruta madura            | 0,23                    | -0,16 | 0,16  | 0,1   |
| Forma de la fruta                    | 0,16                    | 0,19  | 0,02  | 0,29  |
| Forma del ápice de la fruta          | 0,23                    | 0,0   | -0,07 | 0,05  |
| Longitud del fruto (mm)              | 0,18                    | 0,05  | 0,17  | -0,24 |
| Diámetro del fruto (mm)              | 0,31                    | 0,06  | 0,02  | -0,11 |
| Longitud del pedicelo del fruto (mm) | 0,30                    | 0,05  | 0,13  | -0,11 |
| Peso del fruto (g)                   | 0,31                    | 0,03  | 0,1   | -0,09 |
| Color del mesocarpio del fruto       | -0,07                   | -0,38 | -0,1  | -0,05 |
| Color del mucílago de la semilla     | 0,12                    | 0,18  | -0,34 | 0,25  |
| Atractivo del fruto                  | 0,24                    | 0,06  | 0,1   | -0,34 |
| Sabor de la fruta                    | 0,22                    | 0,01  | -0,33 | -0,19 |
| Sabor amargo                         | -0,05                   | 0,38  | 0,04  | -0,04 |
| Jugosidad de la pulpa                | -0,27                   | 0,02  | 0,16  | 0,2   |
| Aroma de la pulpa                    | 0,04                    | 0,18  | 0,03  | 0,46  |
| Brillo de la epidermis de la fruta   | 0,26                    | -0,13 | -0,23 | 0,03  |
| Número de semilla por fruto          | 0,28                    | -0,12 | 0,18  | -0,01 |
| Peso de 100 semillas (g)             | 0,15                    | -0,17 | -0,1  | 0,09  |
| Color de la semilla                  | -0,05                   | 0,15  | -0,12 | 0,16  |
| Longitud de la semilla (mm)          | -0,05                   | 0,36  | 0,02  | -0,23 |
| Diámetro de la semilla (mm)          | -0,06                   | 0,38  | -0,03 | -0,01 |
| Contenido de sólido solubles (%)     | -0,01                   | 0,25  | -0,24 | -0,2  |
| Acidez titulable (%)                 | -0,02                   | -0,07 | 0,41  | 0,0   |
| firmeza (N)                          | 0,15                    | 0,24  | 0,19  | 0,25  |

variabilidad y las variables acidez titulable y color del mucílago alrededor de la semilla fueron las que presentaron los valores de autovectores más altos. Finalmente, la cuarta variable componente principal explicó el 12 % de la variabilidad y las variables atractivo del fruto y aroma de la pulpa fueron las que presentaron los valores de autovectores más altos.

#### B. Caracterización de conglomerados

En lo referente al número de frutos por planta el grupo uno presentó mayor número, seguido por las plantas del grupo tres; siendo las plantas del segundo grupo las que menor número registraron a pesar que este grupo tuvo mayor número de frutos por inflorescencia (Tabla IV); el número registrado en los tres grupos, es mayor al descrito por Acosta et al (2011) en su estudio de variación entre tomate de árbol



TABLA IV.

VALORES PROMEDIOS PARA CARACTERES CUANTITATIVOS DE LOS GRUPOS FORMADOS EN EL ANÁLISIS DE AGRUPAMIENTO EN LA POBLACIÓN SEGREGANTE DE TOMATE DE ÁRBOL (*S. betaceum* Cav.)

| Variables                        | Grupo         |   |               |   |               |   |
|----------------------------------|---------------|---|---------------|---|---------------|---|
|                                  | 1             |   | 2             |   | 3             |   |
| # de frutos por planta           | 126,56 ± 3,12 | a | 73,20 ± 2,94  | c | 90,96 ± 2,89  | b |
| # de frutos por inflorescencia   | 2,07 ± 0,05   | b | 3,01 ± 0,05   | a | 2,16 ± 0,05   | b |
| Longitud del fruto (mm)          | 60,87 ± 0,33  | a | 54,96 ± 0,31  | c | 58,04 ± 0,30  | b |
| Diámetro del fruto (mm)          | 47,17 ± 0,21  | a | 42,05 ± 0,14  | b | 41,11 ± 0,14  | c |
| Longitud del pedicelo (mm)       | 35,61 ± 0,19  | a | 29,44 ± 0,18  | c | 30,91 ± 0,18  | b |
| Peso del fruto (g)               | 73,34 ± 0,64  | a | 49,58 ± 0,60  | c | 53,96 ± 0,59  | b |
| firmeza (N)                      | 16,16 ± 0,24  | a | 9,98 ± 0,23   | b | 9,65 ± 0,23   | b |
| Número de semilla por fruto      | 247,34 ± 3,97 | a | 151,81 ± 3,75 | c | 223,21 ± 3,68 | b |
| Peso de 100 semillas (g)         | 0,49 ± 0,01   | a | 0,42 ± 0,01   | c | 0,45 ± 0,01   | b |
| Longitud de la semilla (mm)      | 3,96 ± 0,02   | a | 3,95 ± 0,02   | a | 3,63 ± 0,02   | b |
| Diámetro de la semilla (mm)      | 3,22 ± 0,02   | a | 3,20 ± 0,02   | a | 2,86 ± 0,02   | b |
| Contenido de sólido solubles (%) | 11,34 ± 0,04  | b | 11,65 ± 0,06  | a | 10,75 ± 0,04  | c |
| Acidez titulable (%)             | 1,51 ± 0,02   | b | 1,38 ± 0,02   | c | 1,68 ± 0,02   | a |

Medias seguidas por la misma letra son estadísticamente iguales (Duncan 0,05)

de diferentes grupos de cultivares, que registró 40,5 frutos por planta, además manifiesta que el número de frutos varió en forma considerable pudiendo deberse a edad de la plantación, manejo agronómico, fertilidad del suelo y estado fitosanitario del cultivo. Las plantas del grupo 1 presentaron mayor longitud y Las plantas del grupo 1 presentaron mayor longitud y diámetro de fruto (Tabla 4). Los valores de los tres grupos se acercan a los presentados por Acosta et al (2011) y al presentado por Meza & Manzano (2009) en la caracterización de frutos de tomate de árbol en la zona andina de Venezuela, sin embargo, son inferiores a los presentadas por Vasco et al (2009) en el estudio de características físicas y químicas de las variedades de color amarillo y púrpura-rojo de fruta de tomate de árbol. Con base a la tabla de calibres de fruto de tomate de árbol (INEN, 2009) el grupo 1 presenta un calibre mediano; por otro lado los grupos 2 y 3 se ubican en un calibre pequeño. El peso de fruto en las plantas de los tres grupos es diferente (Tabla 4); en comparación a los resultados presentados por Vasco et al (2009) y Acosta et al (2011) el peso de fruto fue inferior. Los frutos del grupo 1 presentaron mayor resistencia a la penetración, la firmeza en los frutos de los grupos 2 y 3 es estadísticamente igual (Tabla 4); sin embargo la firmeza enunciada por Vasco et al (2009) de

18 N para frutos amarillos y de 21 N para rojo-púrpura es mayor a la de los tres grupos estudiados.

El número de semillas por fruto, peso de 100 semillas en las plantas del grupo 1 fue mayor. La longitud y diámetro de semilla en los grupos 1 y 2 fue estadísticamente igual (tabla 4); estos valores se acercan a los presentados por Acosta et al (2011).

El contenido de sólidos solubles en los frutos de los tres grupos es diferente (tabla 4), se acerca al descritos por Vasco et al (2009), Viera et al (2016) y Belén et al (2004). Los frutos del tercer conglomerado presentaron mayor acidez titulable siendo similar a la de los grupos segregantes G2 y G3 registradas por Viera et al (2016). Los tres grupos presentan menor acidez titulable que el porcentaje propuesto por Brito & Vázquez (2013) de 1,87 % para el cultivar anaranjado gigante y 1,91 % para el cultivar morado gigante, pero es mayor a la registrada por Meza & Manzano (2009), Belén et al (2004) y Vasco et al (2009).

El 50 % de frutos inmaduros en el grupo 1 fue de color verde claro con bandas verde; en el grupo 2 el 49,30% de frutos fueron de color verde claro con bandas verde oscuro; en el grupo 3 con el 83,30% el

color predominante fue verde claro con bandas verde oscuro. Las plantas del primer grupo se caracterizan por frutos maduros de color rojo sin bandas o con bandas de color verde. Las plantas del grupo 2 presentaron frutos de color naranja con bandas de

color verde, en el tercer grupo las plantas presentaron frutos de color amarillo con bandas de color naranja (tabla 5); sin embargo, no se observó homogeneidad de color en todos frutos de los grupos formados. El grupo 3 se relaciona con el color de fruto de los

TABLA V.

**DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL PARA CARACTERES CUALITATIVOS DE LOS GRUPOS FORMADOS EN LA POBLACIÓN SEGREGANTE DE TOMATE DE ÁRBOL (*S. BETACEUM* CAV.)**

| Variables                 |                      | Grupo  |       |       |
|---------------------------|----------------------|--------|-------|-------|
|                           |                      | 1 (%)  | 2 (%) | 3 (%) |
| Color del fruto maduro    | 1 Verde              | 0,00   | 0,33  | 0,00  |
|                           | 2 Amarillo           | 1,39   | 11,67 | 74,40 |
|                           | 3 Rojo obscuro.      | 0,00   | 0,33  | 0,00  |
|                           | 4 Naranja            | 28,82  | 61,00 | 25,60 |
|                           | 5 Rojo               | 69,79  | 26,67 | 0,00  |
| Bandas en el fruto maduro | 1 Verde              | 30,21  | 65,33 | 30,65 |
|                           | 2 Morado obscuro     | 14,58  | 10,00 | 3,57  |
|                           | 3 Morado             | 10,07  | 7,67  | 7,17  |
|                           | 4 Naranja            | 12,85  | 11,00 | 54,46 |
|                           | 5 Ausente            | 32,29  | 6,00  | 4,17  |
| Forma del fruto           | 1 Fusiforme          | 0,00   | 34,67 | 56,85 |
|                           | 3 Ovado elongado     | 0,35   | 0,00  | 0,00  |
|                           | 4 Ovoide             | 21,88  | 15,33 | 5,36  |
|                           | 5 Elíptico           | 77,78  | 50,00 | 37,80 |
| Forma del ápice del fruto | 1 Acuminado          | 1,04   | 38,33 | 50,30 |
|                           | 2 Agudo              | 76,39  | 56,00 | 47,32 |
|                           | 3 Obtuso             | 22,57  | 5,67  | 2,38  |
| Color del mesocarpio      | 3 Amarillo naranja   | 82,29  | 54,00 | 79,46 |
|                           | 4 Naranja            | 17,71  | 46,00 | 20,54 |
| Color del mucílago        | 1 Morado             | 0,00   | 0,00  | 24,40 |
|                           | 3 Rojo               | 0,00   | 4,00  | 33,93 |
|                           | 5 Naranja            | 100,00 | 96,00 | 41,67 |
| Atractivo del fruto       | 1 Pobre              | 0,35   | 5,00  | 9,82  |
|                           | 2 Medio              | 3,82   | 45,67 | 25,89 |
|                           | 3 Bueno              | 79,86  | 46,00 | 53,57 |
|                           | 4 Excelente          | 15,97  | 3,33  | 10,71 |
| Sabor del fruto           | 1 Muy ácido          | 0,00   | 0,00  | 0,30  |
|                           | 3 Ácido              | 3,82   | 9,67  | 28,57 |
|                           | 5 Moderada. dulce    | 88,19  | 78,00 | 60,12 |
|                           | 7 Dulce              | 7,99   | 12,33 | 11,01 |
| Sabor amargo              | 1 Fuerte             | 1,04   | 1,67  | 2,08  |
|                           | 2 Intermedio         | 9,03   | 12,67 | 44,64 |
|                           | 3 Débil              | 47,92  | 50,33 | 53,27 |
|                           | 4 Ausente            | 42,01  | 35,33 | 0,00  |
| Jugosidad de la pulpa     | 1 Ligeramente jugoso | 7,78   | 0,00  | 6,00  |
|                           | 2 Jugoso             | 74,65  | 56,67 | 37,50 |
|                           | 3 Muy jugoso         | 22,57  | 43,33 | 61,90 |

|                                    |               |       |       |       |
|------------------------------------|---------------|-------|-------|-------|
| Aroma de la pulpa                  | 3 Suave       | 1,39  | 1,00  | 3,27  |
|                                    | 2 Intermedio  | 80,56 | 71,00 | 47,92 |
|                                    | 1 Fuerte      | 18,06 | 28,00 | 48,81 |
| Brillo de la epidermis de la fruta | 1 Opaco       | 7,29  | 14,67 | 30,36 |
|                                    | 2 Intermedio  | 82,29 | 85,00 | 66,07 |
|                                    | 3 Brillante   | 10,42 | 0,33  | 3,57  |
| Color de la semilla                | 1 Café oscuro | 1,39  | 3     | 21,73 |
|                                    | 2 Café        | 4,86  | 5,67  | 30,36 |
|                                    | 3 Café claro  | 93,75 | 91,33 | 47,92 |

grupos G1 y G3 descritos por Viera et al (2016) en su estudio de estimación de parámetros de calidad del fruto para segregantes interespecíficos de tomate de árbol, de igual forma el grupo 2 se relaciona con los grupos G2, G4 y G5 que presentan en mayor porcentaje frutos de color anaranjado. Las plantas de los grupos uno y dos se caracterizan por la presencia de frutos de forma elíptica con ápice agudo, mientras que las plantas del grupo tres presentaron frutos de forma fusiforme con ápice acuminado y agudo que podrían considerarse de menor calidad (Tabla 5).

Los frutos de las plantas pertenecientes al grupo 1 presentaron pulpa de color amarillo naranja con mucílago de color anaranjado, atractivo bueno, jugosos, con aroma de pulpa intermedio; en las plantas del grupo 2 los colores de mesorcapo predominantes son amarillo naranja y naranja con mucílago de color anaranjado, el atractivo del fruto estuvo dividido entre bueno y medio, los frutos fueron jugosos con aroma de pulpa intermedio; mientras que las plantas del grupo 3 se caracterizan

por tener frutos con pulpa de color naranja con tres colores distintos de mucílago (naranja, rojo y morado), atractivo de fruto bueno, sin embargo hay un porcentaje alto de frutos con atractivo medio, frutos muy jugosos con aroma intermedio y fuerte (Tabla 4). El color de mucílago de los frutos del grupo 1 y 2 se relaciona con el color de mucílago de los cultivares comerciales: anaranjado puntón, redondo y gigante; mientras que conglomerado 3 se relaciona con el cultivar morado neozelandés.

Las plantas de los tres grupos presentaron epidermis con brillo intermedio; sabor de fruta moderadamente dulce con débil sabor amargo; aunque en las plantas del grupo 3 existieron frutos con sabor ácido y amargo intermedio (Tabla V). También en las plantas de los tres grupos el color de semilla predominante fue café claro; sin embargo, en el grupo 3 el porcentaje de semillas de color café y café oscuro fue alto. Los diversos colores de semilla pueden deberse al contenido de pigmentos como antocianinas (Todd y Vadki, 1996). Además, el color de la semilla está relacionado con la restricción a la germinación,

**TABLA VI.**  
**ÍNDICE PARA LA SELECCIÓN DE MATERIALES PROMISORIOS**

| Segregante | Media | E.E  |   |   |
|------------|-------|------|---|---|
| GT3        | 47,22 | 0,38 | a |   |
| GT10       | 43,71 | 0,26 | b |   |
| GT20       | 43,14 | 0,39 | b |   |
| GT9        | 36,27 | 0,27 | c |   |
| GT13       | 36,18 | 0,34 | c | d |
| GT33       | 36,04 | 0,46 | c | d |
| GT15       | 35,24 | 0,34 |   | d |
| GT7        | 31,6  | 0,19 |   | e |

Medias seguidas por la misma letra son estadísticamente iguales (Duncan 0,05)



debido a que en la cubierta seminal hay presencias de componentes fenólicos (Debeaujon et al; 2001).

### C. Selección de materiales promisorios

La selección de materiales promisorios se realizó únicamente en las plantas que conforman el grupo 1 (GT3, GT10, GT20), ya que estas fueron las que presentaron valores más altos para el indicador que fue resultado de la sumatoria de atributos de calidad de fruta y producción de planta. (Tabla VI). Se seleccionaron ocho plantas promisorias, Se seleccionaron ocho plantas promisorias, encontrando que las plantas GT3P9 Y GT3P11 presentaron el valor más alto de la sumatoria de 12 variables consideradas de mayor importancia con 50,83 seguido por las plantas GT3P10 con 49,33, GT3P5 con 49,17, GT10P5 con 48,67, las plantas GT3P2 y GT3P12 con 48,17 y finalmente GT3P7 con 48.

Todas las plantas seleccionadas, en estado maduro presentaron color de piel rojo a excepción de la planta GT10P5 que fue de color naranja. En lo referente a la forma de la fruta todas las plantas tuvieron forma elíptica, al igual que todas presentaron color de pulpa amarillo naranja y se caracterizaron por un sabor moderadamente dulce.

La planta que presentó mayor número de frutos fue la GT10P14 con 372 frutos y con peso promedio de fruto de 77,24 g. De las plantas seleccionadas la GT3P12 fue la que mayor número presentó con 166 frutos; mientras que en las plantas GT3P9 y GT3P11 se contabilizó 120 y 130 frutos respectivamente.

La planta GT10P10 fue la que presentó mayor longitud de fruto con 67,13 mm, seguida por la planta GT3P9 con 66,60 mm. Las plantas GT3P9 y GT3P11 fueron las que mayor diámetro de fruto presentaron con 52,43 mm y 51,97 mm respectivamente. También estas plantas fueron las que mayor peso presentaron, así la planta GT3P9 presentó un peso de 96,36 g y la planta GT3P11 de 91,61 g.

Todas las plantas seleccionadas presentaron firmeza superior a 15 N a excepción de la planta GT3P10 que registró firmeza de 13,85 N. Las plantas que mayor firmeza registraron fueron la GT10P21 y GT10P5 con 29,97 N y 28,42N respectivamente. Todas las plantas seleccionadas presentaron acidez titulable superior al 1,5 % menos la planta GT3P11

con 1,31%, a pesar que esta planta fue la que registró el valor más alto para variable sintética.

La planta GT10P5 fue la que de todas las seleccionadas presentó mayor contenido de sólidos solubles con 13,50 °Brix; mientras que las plantas GT3P9 y GT3P11 que de acuerdo a la variable sintética son las mejores, presentaron únicamente 10,89 y 10, 87 °Brix. Sin embargo, todos estos porcentajes son superiores a 8,5 °Brix.

## IV. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos permitieron la descripción fenotípica de caracteres físico-químicos del fruto de tomate de árbol proveniente de cruza-mientos ínter específicos entre [(*S. unilobum* x *S. betaceum*) x *S. betaceum*] x *S. betaceum*, del Programa de Fruticultura del INIAP Ecuador, encontrándose 3 grupos segregantes perfectamente definidos con un coeficiente de correlación cofenética de 0,708. Entre ellos en el grupo 1 se ubicaron los individuos con las características de mayor importancia comercialmente. Este procedimiento permitió seleccionar 8 plantas con características promisorias para el fitomejoramiento entre 158 plantas de tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav), , empleando un indicador que fue el resultado de la sumatoria de 12 variables que midieron atributos de calidad de fruta y producción de plantas tales como: número de frutos por planta, color del fruto maduro, forma, longitud, diámetro, peso, color del mesocarpio, sabor de la fruta, color del mucílago alrededor de la semilla, contenido de sólido solubles, acidez titulable y firmeza.

## V. REFERENCIAS

- Acosta, P., Martínez, J., & Prohens, J. (2011). Variation among tree tomato (*Solanum betaceum* Cav.) accessions from different cultivar groups: implications for conservation of genetic resources and breeding. *Genet Resour Crop Evol*, 943–960.
- Afanador, L., Minz, D., Maymon, M., & Stanley. (2003). Characterization of *Colletotrichum* Isolates from Tamarillo, Passiflora, and Mango in Colombia and Identification of a Unique Species from the Genus. *Ecology and Population Biology*, 5(93), 579-587.
- Belén, D., Sánchez, E., Moreno, M., & Linares, O. (2004). Características físicoquímicas y com-

- posición en ácidos grasos del aceite extraído de semillas de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea* Sendt) variedades roja y amarilla. *Grasas y Aceites*, 428-433.
- Bioversity International. (2013). *Descriptors for tree tomato (Solanum betaceum Cav.) and wild relatives*. Rome, Italy: Bioversity International.
- Bohs, L. (1995). Transfer of *Cyphomandra* (Solanaceae) and its species to *Solanum*. *International Association for Plant Taxonomy (IAPT)*, 583-587 .
- Bohs, L., & Nelson, A. (1997). *Solanum maternum* (Solanaceae), a New Bolivian Relative of the Tree Tomato. *Missouri Botanical Garden Press*, 341-345.
- Brito, B., & Vázquez, W. (2013). *Control de Calidad en la Pre y Pos Cosecha de las Frutas*. INIAP, Documento Interno del Departamento de Nutrición y Calidad y el Programa Nacional de Fruticultura, Quito.
- Bucheli, V., González, A., Aguilar, D., Ayala, M., Buitrón, J., Buitrón, M., . . . Yugcha, C. (2014). *ZONIFICACIÓN AGROECOLÓGICA ECONÓMICA DEL CULTIVO DE TOMATE DE ÁRBOL (Solanum betaceum) EN EL ECUADOR A ESCALA 1:250.000*. Quito.
- Carrillo, E., Aller, Á., Cruz, S., & Alvarez, J. (2015). Andean berries from Ecuador: A review on Botany, Agronomy, Chemistry and Health Potential. *Journal of Berry Research*, 49–69. doi:10.3233/JBR-140093
- Debeaujon, I., León, K., & Koornneef, M. (2001). Influence of the testa on seed dormancy, germination, and longevity in *Arabidopsis*. *Plant Physiol*, 39-41.
- Di Rienzo, J., Casanoves, F., Gonzalez, L., Tablada, M., & Robledo, C. (2015). InfoStat statistical software. Universidad Nacional de Córdoba.
- Enciso, F., Martínez, R., Lobo, M., & Barrero, L. (2010). Genetic variation in the Solanaceae fruit bearing species lulo and tree tomato. *Genetics and Molecular Biology*, 271-278.
- Falconí, C., Visser, R., & van Heusden, A. (2013). Phenotypic, Molecular, and Pathological Characterization of *Colletotrichum acutatum* Associated with Andean Lupine and Tamarillo in the Ecuadorian Ande. *Plant Disease*, 819-827.
- Gonzales-Andrés, F. (2001). *Caracterización vegetal: objetivos y enfoques*. ESCUELA UNIVERSITARIA de INGENIERÍA TÉCNICA AGRÍCOLA I.N.E.A, Valladolid.
- INEN. (2009). *Frutas Frescas. Tomate De Árbol. Requisitos. Instituto Ecuatoriano De Normalización*. Quito, Ecuador .
- León, J., Viteri, P., & Cevallos, G. (2004). *Manual del cultivo de tomate de árbol (Solanum betaceum Cav.)*. Quito: INIAP.
- MAGAP. (2014). *Superficie, Producción y Rendimiento del Tomate de árbol, Serie histórica 2000-2012*. (Sistema de Información Nacional de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca). MAGAP/SINAGAP/DAPI - F.A.S .
- Maita, S. (2011). *Manejo del “ojo de pollo” o antracnosis (Colletotrichum acutatum)*. Cuenca .
- Meza, N., & Manzano, J. (2009). Características del fruto de tomate de árbol (*Cyphomandra betaceae* [Cav.] Sendtn) basadas en la coloración del arilo, en la Zona Andina Venezolana . *Revista UDO Agrícola*, 289-294.
- Núñez, C., & Escobedo, D. (2013). Caracterización de germoplasma vegetal: la piedra angular en el estudio de los recursos fitogenéticos. *Acta Agrícola y Pecuaria* , 1-6.
- Revelo, J., Pérez, E., & Maila, M. (2004). *Cultivo ecológico del tomate de árbol en Ecuador*. Quito: INIAP.
- Prohens, J., & Nuez, F. (2001). The Tamarillo (*Cyphomandra betacea*). *Small Fruits Review*, 43-68. doi: 10.1300/ J301v01n02\_06
- Tamayo, P. (2001). *Principales Enfermedades del Tomate de Arbol, La mora y el Lulo en Colombia*. COPROICA.
- Tezanos, S. y Quiñones A. (2012). Países de renta media? Una taxonomía alternativa. *Revista Iberoamericana de Estudios de Desarrollo*, volume 1, número/issue 2 (2012), 5-27.
- Todd, J., & Vodkin, L. (1996). Duplications That Suppress and Deletions That Restore Expression from a Chalcone Synthase Multigene Family. *The Plant Cell*, 687-699. doi:10.1105/tpc.8.4.687
- Valencia, R., Torres, O., Benavides, C., Checa, O., & César, T. (2013). CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE LA COLECCIÓN DE *Cyphomandra betacea* (Cav.) Sendt DE LA UNIVERSIDAD DE NARIÑO. *REVISTA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS* , 12- 25.

Vasco, C., Avila, J., Ruales, J., Svanberg, U., & Kamal, A. (2009). Physical and chemical characteristics of golden-yellow and purple-red varieties of tamarillo fruit (*Solanum betaceum* Cav.). *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 278-288.

Viera, W., Sotomayor, A., Tamba, M., Vásquez, W., Martínez, A., Viteri, P., & Ron, L. (2016). Estimación de parámetros de calidad del fruto

para segregantes interespecíficos de tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav.) en respuesta de resistencia a la Antracnosis (*Colletotrichum acutatum* J.H. Simmonds). *Acta Agronomica*, 304-311.

Wharton, P., & Diéguez, J. (2004). The biology of *Colletotrichum acutatum*. *Anales del Jardín Botánico de Madrid*, 61(1), 3-22.