

**COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE DIEZ FAMILIAS DE MEDIOS
HERMANOS DE LULO (*Solanum quitoense* Lam.)**

JAVIER IVÁN BASTIDAS LUNA

JAVIER ALEXANDER CUASPUD BURGOS

UNIVERSIDAD DE NARIÑO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS

PROGRAMA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

SAN JUAN DE PASTO

2018

**COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE DIEZ FAMILIAS DE MEDIOS
HERMANOS DE LULO (*Solanum quitoense* Lam.)**

JAVIER IVÁN BASTIDAS LUNA

JAVIER ALEXANDER CUASPUD BURGOS

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de

Ingeniero agrónomo

Asesor:

Tulio César Lagos Burbano Ph. D

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA
SAN JUAN DE PASTO**

2018

NOTA DE RESPONSABILIDAD

Las ideas y conclusiones aportadas en este trabajo de grado son responsabilidad de los autores.

Artículo 1 del Acuerdo No. 324 de octubre 11 de 1966, emanado del honorable Concejo Directivo de la Universidad de Nariño.

Nota de Aceptación:

Firma del Presidente de tesis

Firma del Jurado

Firma del Jurado

San Juan de Pasto, noviembre de 2018

Comportamiento agronómico de diez familias de medios hermanos de lulo (*Solanum quitoense* Lam.)

Agronomic performance of ten half sibs families of lulo (*Solanum quitoense* Lam.)

Javier Iván Bastidas Luna¹; Javier Alexander Cuaspud²

¹ Estudiante del programa de Ingeniería Agronómica, Universidad de Nariño. Grupo de Investigación en Frutales Andinos - GPFA., Pasto, Colombia. javierbastidas1001@gmail.com

² Estudiante del programa de Ingeniería Agronómica, Universidad de Nariño. Grupo de Investigación en Frutales Andinos - GPFA., Pasto, Colombia. javieralexandercb@gmail.com

RESUMEN

El lulo (*Solanum quitoense* Lam.) es uno de los frutales de mayor potencial para desarrollar proyectos productivos empresariales, sin embargo presenta problemas tecnológicos que limitan su desarrollo, como es la escasa oferta de variedades mejoradas que respondan a las necesidades de los sistemas productivos, de ahí que el presente estudio tuvo como propósito la evaluación agronómica de diez familias de medios hermanos pertenecientes al Grupo de Investigación en Producción de frutales Andinos (GPFA) de la Universidad de Nariño. La investigación se realizó en la vereda El Obraje, en el municipio de Tangua, departamento de Nariño localizada a 1°3'44,74"LN, 77°25' 12,26" LO, 2420 msnm y una temperatura media de 16°C. Se utilizó el Diseño de Bloques completos al Azar con cuatro repeticiones. Las variables estimadas fueron rendimiento (RTO), peso de fruto (PF), diámetro ecuatorial del fruto (DE), sólidos solubles totales (SST), acidez titulable (AT) e índice de madurez (IM) y ácido ascórbico (AA) como covariable la incidencia por la bacteria *Ralstonia solanacearum*. La información registrada se sometió al análisis de covarianza ANCOVA, con un nivel de significancia del 95%. Se obtuvo un comportamiento diferencial en cuanto al rendimiento, donde las familias destacadas fueron UDENARY2221, UDENAY1113, UDENARY8111, UDENAR (2)2.2, UDENARY10232 y también el testigo comercial v. Castillo con promedios que oscilaron entre 9,409 y 12,99 t ha⁻¹, superando el promedio nacional (9,26 t ha⁻¹). En relación a los sólidos solubles totales, la acidez titulable y el índice de madurez, se destacaron las familias UDENARY1442, UDENARY10122 y UDENAR (1)5.17.

Palabras clave: Calidad de fruta, covariable, peso de fruto, rendimiento, sólidos solubles totales.

ABSTRACT

The lulo (*Solanum quitoense* Lam.) is one of the fruit trees with the greatest potential to develop business productive projects, however it has technological problems that limit its development, such as the limited supply of improved varieties that respond to the needs of the production systems, hence, the purpose of the present study was the agronomic evaluation of ten families of half-siblings belonging to Grupo de Investigación en Producción de frutales Andinos (GPFA) of the University of Nariño. The research was conducted in the village of El Obraje, in the municipality of Tangua, Nariño department located at 1 ° 3'44.74 "LN, 77 ° 25' 12.26" LO, 2420 masl and an average temperature of 16 ° C. The Design of Complete Blocks at Random was used with four repetitions. The estimated variables were yield (RTO), fruit weight (PF), equatorial diameter of the fruit (DE), total soluble solids (SST), titratable acidity (AT) and maturity qualifier (IM) and ascorbic acid (AA) as covariable incidence by the bacterium *Ralstonia solanacearum*. The registered information was submitted to ANCOVA analysis of covariance, with a level of significance of 95%. A differential behavior was obtained in terms of yield, where the families highlighted were UDENARY2221, UDENAY1113, UDENARY8111, UDENAR (2) 2.2, UDENARY10232 and also the commercial witness v. Castillo with averages that oscillated between 9,409 and 12.99 t ha⁻¹, surpassing the national average (9.26 t ha⁻¹). In relation to total soluble solids, titratable acidity and maturity qualifier, families UDENARY1442, UDENARY10122 and UDENAR (1) 5.17 were highlighted.

Key words: Fruit quality, covariate, fruit weight, yield, total soluble solids

Tabla de contenido

1. INTRODUCCIÓN	9
2. MATERIALES Y MÉTODOS	10
2.1 Localización.....	10
2.2 Diseño experimental.....	11
2.3 VARIABLES EVALUADAS	12
2.3.1 Rendimiento (RTO):.....	12
2.3.2 Diámetro ecuatorial del fruto (DE).....	12
2.3.3 Peso del fruto (PF).....	12
2.3.4 Sólidos solubles totales (S.S.T).....	12
2.3.5 Índice de madurez (I.M)	12
2.3.6 Ácido ascórbico (AA).....	13
2.3.7 Covariable.....	13
2.4 Análisis de la información.....	13
2.5 Labores culturales.....	13
2.6 Análisis de suelos	14
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	14
4. CONCLUSIONES	19
5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	20

Índice de tablas

Tabla 1. Características principales de las familias de medios hermanos de Lulo y el testigo variedad Castillo, evaluados en el municipio de Tangua (Nariño, Colombia).....	11
Tabla 2 ANCOVA para las variables Rendimiento (RTO), Peso del fruto (PF), Diámetro ecuatorial (DE), Sólidos solubles totales (SST), Acidez titulable (AT), Índice de madurez (IM), Ácido ascórbico (AA); evaluadas en 10 FMH de lulo <i>Solanum quitoense</i> Lam. en el municipio de Tangua.	14
Tabla 3 Prueba de comparación de medias (Tukey) de las variables Rendimiento (RTO) en $t\ ha^{-1}$, Peso del fruto (PF) en gramos, Ácido ascórbico (AA) $mg\ 100g^{-1}$; evaluadas en 10 FMH de lulo <i>Solanum quitoense</i> Lam. en el municipio de Tangua.....	15
Tabla 4 Análisis de correlación de Pearson para las variables: Rendimiento (RTO), Peso del fruto (PF), Diámetro ecuatorial (DE), Sólidos solubles totales (SST), Acidez titulable (AT), Índice de madurez (IM), Ácido ascórbico (AA); evaluadas en 10 FMH de lulo <i>Solanum quitoense</i> Lam. en el municipio de Tangua.....	15

1. INTRODUCCIÓN

El lulo (*Solanum quitoense* Lam.) es originario de los bosques húmedos de los Andes de Suramérica, específicamente de Colombia, Ecuador y Perú, en regiones frescas y sombreadas (Franco *et al.*, 2002). Según Muñoz (2011), en Colombia la oferta ambiental para el desarrollo del cultivo es óptima, pero no se ha hecho uso de su variabilidad y diversidad genética. A pesar de esto, la especie ha sido considerada como un frutal andino de importancia debido a su valor nutritivo y a sus propiedades diuréticas y tonificantes, características que le confieren grandes posibilidades agroindustriales. En los municipios del norte de Nariño, el cultivo de lulo aporta a la generación de empleo, genera ingresos y contribuye al mejoramiento del nivel de vida de los agricultores. Factores tecnológicos, fitosanitarios y de comercialización amenazan la sostenibilidad del sistema productivo, y muchos de los productores han decidido dejar a un lado el cultivo por la reducción de su competitividad (Muñoz, 2011).

Algunos productores en el departamento poseen materiales que son seleccionados por ellos mismos, adaptados de las zonas cafeteras con los cuales pretenden innovar en el sector lulo, estas acciones amplían de manera importante el potencial productivo de la especie. Aunque existe potencial por el ambiente, los rendimientos y la rentabilidad, la presencia de problemas fitosanitarios junto a un uso excesivo de plaguicidas limitan los mercados importantes para esta especie (Lozano *et al.*, 2007).

En Colombia se cultivan 8.452 ha con una producción de 25.036 t. En Nariño se cosecharon 484,5 has con una producción de 2345,6 t con un rendimiento de 4,84 t/ha, lo cual representa una participación del 2,98% de la producción Nacional (ENA, 2016; Agronet, 2016).

Según Lobo (2000), un frutal andino se potencializa gracias a la disponibilidad de una base genética amplia, descrita por sus atributos y la investigación interdisciplinaria con visión de cadena, donde se integran agricultores, multiplicadores de materiales de propagación, procesadores, comerciantes y consumidores finales.

Conocer y caracterizar la variabilidad genética de una población dada, manifestada a través de rasgos morfológicos y agronómicos principalmente, es fundamental para guiar su conservación y manejo y para ayudar a los programas de mejoramiento mediante la identificación de genotipos superiores que estén mejor adaptados a los cambiantes sistemas de producción (Dias *et al.* 2015, Zerbielli *et al.* 2016).

En el año 2007, el Grupo de Investigación en Producción de Frutales Andinos (GPFA) de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Nariño recibió del CIAT 53 introducciones de lulo (*Solanum quitoense* Lam.) pertenecientes a una colecta realizada en el Valle del Cauca, Nariño, Huila, Cauca, Risaralda y Antioquia (Lagos, 2010 Citado por Riascos y Santacruz, 2010). Riascos y Santacruz (2010) caracterizaron esta colección con el objeto de conocer su diversidad genética, la cual fue importante para tomar decisiones en los procesos de mejoramiento genético y en la obtención de soluciones sostenibles a los problemas de producción del cultivo de lulo. Posteriormente, el GPFA después de haber evaluado las 50 familias de medios hermanos en las localidades de Tangua, La Unión, San Pedro de Cartago y Arboleda, seleccionó las diez mejores familias para evaluar su adaptabilidad y estabilidad.

La evaluación agronómica de cultivares, producto de la selección por fitomejoramiento es de gran importancia para establecer si dentro de estos existen un material genético que pueda ser entregado como una variedad mejorada para uso de los productores. Por lo tanto, el propósito de este trabajo fue evaluar agronómicamente diez familias de medios hermanos (FMH) sembradas bajo las condiciones del municipio de Tangua, departamento de Nariño.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Localización

La evaluación se realizó en la vereda El Obraje, el municipio de Tangua, ubicada a 1°3'44,74" LN, 77° 25' 12,26" LO, 2420 msnm y una temperatura media de 16°C.

2.2 Diseño experimental

El trabajo de investigación se estableció bajo el diseño de Bloques Completos al Azar con cuatro repeticiones. La parcela experimental correspondió a un surco de seis plantas sembradas a una distancia de 2,5 m con separación entre surcos de 3 m. La parcela útil fue de 30 m² y el área experimental de 2.340 m².

Los tratamientos correspondieron a diez Familias de medios hermanos (FMH) obtenidas mediante selección individual estratificada por el Grupo de Investigación en Producción de Frutales Andinos de la Universidad de Nariño entre los años 2008-2016 (Tabla 1). Como testigo se utilizó la variedad regional Castillo.

Tabla 1. Características principales de las familias de medios hermanos de Lulo y el testigo variedad Castillo, evaluados en el municipio de Tangua (Nariño, Colombia).

Identificación	Origen	PF	DE	SST	RTO
UDENARY1113	SE GPFA	77,61	5,08	9,84	10,21
UDENARY1442	SE GPFA	63,4	4,82	10,22	5,87
UDENARY2221	SE GPFA	72,19	5,85	10,04	6,54
UDENARY8111	SE GPFA	68,99	4,9	10,72	5,69
UDENARY8523	SE GPFA	78,87	5,1	9,83	7,04
UDENARY10122	SE GPFA	75,56	5,09	10,48	7,01
UDENARY10232	SE GPFA	66,53	5,85	9,41	6,07
UDENAR (1)5.17	SE GPFA	74,56	5,01	10,58	6,14
UDENAR (2)2.2	SE GPFA	68,32	4,88	10,25	5,08
UDENAR (2) 8.1	SE GPFA	64,75	5,01	10,07	6,78
Testigo (v. Castillo)	Nariño regional	73	5,5	7,3	13,6

SE = selección estratificada, v. = variedad, PF = peso de fruto en g, DE = diámetro ecuatorial del fruto en cm, SST = sólidos solubles totales en °Bx, Rto = rendimiento en t/ha.

2.3 VARIABLES EVALUADAS: Las variables evaluadas fueron las siguientes:

2.3.1 Rendimiento (RTO): Cada 15 días, en la fase productiva, se recolectaron los frutos maduros. A los seis meses, se determinó el rendimiento en $t\ ha^{-1}$ con base en la producción de la parcela útil.

Para las siguientes variables:

Los frutos se cosecharon en grado de madurez 4 según la norma NTC 5093. En total se tomaron cinco frutos de cada repetición.

2.3.2 Diámetro ecuatorial del fruto (DE): Promedio en cm del DE medido en 5 frutos maduros de la segunda cosecha, para la medición se hizo uso de un calibrador o del pie de rey. (NTC 5093, 2002)

2.3.3 Peso del fruto (PF): El PF promedio en g en 5 frutos maduros de la segunda cosecha. Los datos se obtuvieron de la balanza analítica. (NTC 5093, 2002)

2.3.4 Sólidos solubles totales (S.S.T): Los S.S.T se determinó por el método refractométrico. Se expresó en grados Brix ($^{\circ}Bx$). La lectura se corrigió utilizando el porcentaje de ácido cítrico (A.C), mediante la ecuación:

$$SST = (0,194 * A.T) + S.S.T$$

Acidez titulable (AT): El AT Se determinó por el método de titulación potenciométrica. Se expresó como porcentaje de ácido cítrico y se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$AT = \left(\frac{V1 * N}{V2} \right) * K * 100$$

Donde: V1 = Volumen de NaOH consumido (ml); V2 = Volumen de la muestra (5 ml); K= peso equivalente del ácido cítrico (0,064 g/meq) y N = normalidad del NaOH (0,1 meq/ml).

2.3.5 Índice de madurez (I.M): Es la relación entre los S.S. T.cor y la acidez Titulable.

2.3.6 Ácido ascórbico (AA): Se determinó mediante medición reflectométrica para lo cual se utilizó un Reflectoquant calibrado previamente. Se realizó la dilución de 10 ml de jugo filtrado de lulo en 20 ml de ácido oxálico se homogenizó la mezcla y se dejó en reposo; posteriormente se introduce las tirillas de medición específicas para ácido ascórbico, se secó el exceso de líquido con una toalla absorbente y se introdujo la tirilla en el equipo medidor. Dado que el equipo arroja los datos en mg/L de solución se realizó una corrección de unidades mediante la siguiente fórmula:

$$AA = \left(\frac{AAM * VS}{VM * PM} \right)$$

Dónde: AAM = Ácido ascórbico medido ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$), VS = volumen de la solución (mL), VM = volumen de la muestra (mL), PM = peso de la muestra (g)

2.3.7 Covariable: La incidencia de *Ralstonia solanacearum* se calculó como porcentaje de plantas de cada parcela afectadas por el patógeno. El análisis se hizo una agrupación de datos y se aplicó la fórmula utilizada por Rojas *et al.* (2010) en evaluaciones en lulo. (*Solanum quitoense* Lam.) Incidencia = $(N^{\circ} \text{plantas enfermas} / N^{\circ} \text{total de plantas}) * 100$. La incidencia se utilizó como covariable.

2.4 Análisis de la información: Los datos obtenidos de las variables evaluadas se sometieron al Análisis de Covarianza (ANCOVA), teniendo como covariable la incidencia de la bacteria *Ralstonia solanacearum* en cada una de las parcelas experimentales. En aquellas variables donde se encontraron diferencias estadísticas se realizó la prueba de comparación de medias ajustadas por la covariable mediante el test de Tukey. Los análisis estadísticos se ejecutaron mediante los procedimientos glm y pdiff adjust = Tukey ejecutados el software SAS versión 9.4

2.5 Labores culturales: Las labores culturales llevadas a cabo en la investigación fueron las siguientes: aplicaciones en el sitio de insecticidas para control de chizas y trozadores, materia orgánica, cal dolomita para mejorar la textura del suelo y asegurar el prendimiento de las

plantas en campo. Se llevo a cabo un manejo fitosanitario de acuerdo a las necesidades del cultivo de lulo y a las condiciones climáticas, tanto de fungicidas preventivos como curativos y en dosis acorde con el ciclo del cultivo, aplicación de insecticidas para control de plagas como pasador de fruto y trozadores de hojas. Se aplicó riego con goteros autocompensados.

2.6 Análisis de suelos: pH: 6,04, Materia orgánica: 4,30%, Fósforo: 8,44 mg/kg, CIC: 19,5 cmol⁺/kg, Calcio: 16,7 cmol⁺/kg, Magnesio: 4,98 cmol⁺/kg, Potasio: 0,48 cmol⁺/kg, Hierro 85,3 mg/kg, Manganeso 62,9 mg/Kg, Cobre 7,77 mg/Kg, Boro 0,23 mg/Kg, Azufre 3,45 mg/kg. Textura: Arcillosa. Densidad aparente 1 g/cc

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 De acuerdo al análisis de covarianza (ANCOVA) (Tabla 2) en la variable Peso de Fruto se encontraron diferencias estadísticas entre las FMH. La prueba de comparación de promedios indica que solo se presentaron diferencias entre UDENAR (2)8.1 (PF = 141,84 g) y las familias UDENARY1442 (PF = 106,06 g) y UDENARY10232 (PF = 110,36 g). Entre las demás familias no se encontraron diferencias (Tabla 3), el testigo obtuvo un peso de 126,231 g (Tablas 2 y 3).

Tabla 2 ANCOVA para las variables Rendimiento (RTO), Peso del fruto (PF), Diámetro ecuatorial (DE), Sólidos solubles totales (SST), Acidez titulable (AT), Índice de madurez (IM), Ácido ascórbico (AA); evaluadas en 10 FMH de lulo *Solanum quitoense* Lam. en el municipio de Tangua.

FV	GL	RTO	PF	DE	SST	AT	IM	AA
Modelo	14	18,96	330,286	10,259	0,628	0,103	0,156	48,502
Bloque	3	31,451**	419,60 ^{ns}	13,420 ^{ns}	1,072*	0,043 ^{ns}	0,041 ^{ns}	44,51 ^{ns}
FMH	10	14,367*	353,071*	11,216 ^{ns}	0,558 ^{ns}	0,125 ^{ns}	0,191 ^{ns}	53,802*
Incidencia	1	31,454*	171,756 ^{ns}	8,914 ^{ns}	0,098 ^{ns}	0,064 ^{ns}	0,025 ^{ns}	1,408 ^{ns}
Error	29	6,132	149,63	6,44	0,310	0,118	0,111	18,562
CV		26,75	10,060	4,085	5,558	10,79	10,51	12,64
Media		9,256	121,589	62,123	10,021	3,189	3,172	34,09

*: Nivel de significancia a 5% de probabilidad; **: Nivel de significancia a 1% de probabilidad ns: No significativo estadísticamente.

Tabla 3 Prueba de comparación de medias (Tukey) de las variables Rendimiento (RTO) en t ha⁻¹, Peso del fruto (PF) en gramos, Ácido ascórbico (AA) mg 100g⁻¹; evaluadas en 10 FMH de lulo *Solanum quitoense* Lam. en el municipio de Tangua.

FMH	RTO		PF		AA	
UDENARY1113	10,99	AB	115,56	AB	31,76	AB
UDENARY1442	8,76	AB	106,06	A	38,91	B
UDENARY2221	12,99	B	126,53	AB	39,74	B
UDENARY8111	10,90	AB	117,99	AB	36,59	AB
UDENARY8523	6,68	A	122,64	AB	27,92	A
UDENARY10122	7,38	AB	117,81	AB	29,66	AB
UDENARY10232	10,04	AB	110,36	A	32,50	AB
UDENAR (1)5.17	8,28	AB	124,24	AB	35,17	AB
UDENAR (2)2.2	9,38	AB	128,22	AB	34,45	AB
UDENAR (2) 8.1	7,11	AB	141,84	B	35,96	AB
Testigo	9,41	AB	126,23	AB	32,33	AB
DMS	6,25		30,16		10,62	
Media	9,26		121,59		34,09	

DMS = diferencia mínima significativa. Promedios con la misma letra no son significativamente diferentes.

Según la Tabla 4, el peso de fruto presenta una correlación positiva y altamente significativa con el DE ($r = 0,94^{**}$). Riascos *et al.* (2010) encontraron que tanto el PF como el DE están estrechamente relacionadas con el rendimiento, por lo tanto, al seleccionar por el PF o DE, indirectamente se está seleccionando para el RTO. En Investigaciones realizadas por Viteri *et al.* (2009), encontraron en frutos mejorados del INIAP promedios similares que comprendían frutos con peso entre 80 y 139 g.

Tabla 4 Análisis de correlación de Pearson para las variables: Rendimiento (RTO), Peso del fruto (PF), Diámetro ecuatorial (DE), Sólidos solubles totales (SST), Acidez titulable (AT), Índice de madurez (IM), Ácido ascórbico (AA); evaluadas en 10 FMH de lulo *Solanum quitoense* Lam. en el municipio de Tangua

Variables	RTO	PF	DE	SST	AC	IM	AA
RTO	1	0,06	0,06	-0,11	-0,27	0,21	0,07
PF		1	0,94**	-0,09	0,16	-0,20	0,02
DE			1	-0,07	0,13	-0,17	0,02
SST				1	0,24	0,37*	0,25
AT					1	-0,80**	-0,36*
IM						1	0,48**
AA							1

*: Diferencias significativas (95%); **: Diferencias altamente significativas (99%); ns: No significativo estadísticamente

Sin embargo, Almanza *et al.* (2016) afirman que cuando hay menos frutos por planta estos tienden a ser de mayor tamaño y peso; y que según Casierra *et al.* (2007), el tamaño y peso se relacionan con el poder vertedero y acumulación de agua, por ende, al presentarse las condiciones que favorecen a la planta para un correcto llenado; los frutos serían vertederos de alto poder, es decir de mayor tamaño y peso.

3.2 La variable Diámetro ecuatorial no mostró diferencias significativas entre las FMH y el testigo de acuerdo al análisis de covarianza (Tabla 2). Los promedios obtenidos de las familias UDENARY1442, UDENARY10232 y UDENAR8111 se clasifican en el calibre 30 (56-60 mm), mientras que las demás familias y el testigo pertenecen al calibre 26 (>61 mm), según la clasificación de la norma 5093 del lulo de Castilla (ICONTEC, 2002), esto significa que frutos de menor calibre son de mayor tamaño. El GPFA en años anteriores con las mismas familias encontró que las medias variaban entre 48,8 mm en la familia UDENARY1442, que corresponde a la menor media y de 55 mm en el testigo que corresponde a la mayor media, logrando en el presente ensayo un incremento notorio en media las FMH, ya que en el anterior estudio el 36,4% de las FMH, incluido el testigo se clasificaban bajo la misma NTC, en un calibre 35 (51-55 mm) y el 63,6% restante en un calibre menor de 48 (46-50 mm) (Tabla 1)

3.3 En la variable Solidos solubles totales SST no se observó diferencias estadísticas entre los tratamientos (Tabla 2). Se encontró que la media general es de 10,21 °Bx. El promedio de la familia UDENARY1442 fue de 10,73 °Bx y el de la familia UDENARY10122 fue de 9,49°Bx correspondiendo a la media máxima y mínima respectivamente (Tabla 3). Según la NTC 5093 ICONTEC (2002), las medias encontradas permiten clasificar al lulo de acuerdo al grado de madurez: estado de maduración 4 (9,2-9,5°Bx, fruto anaranjado con pocos visos verdes) para las familias UDENARY10232, UDENARY10122 y estado de maduración 5(>9,5°Bx, fruto anaranjado) para las demás familias incluido el testigo. Acorde con la Tabla 4, se encontró una baja asociación entre los SST y el IM ($r=0,37^*$).

Al respecto Almeida *et al.*, (2011), afirma que los SST son directamente proporcionales con el proceso de maduración, esto es corroborado por Almanza, *et al.* (2016) quienes encontraron que los SST se incrementan en forma lenta desde los 60 dda (días después de la antesis) hasta los 120 dda variando entre los 4,2°Bx hasta los 7,6°Bx; estudios similares por Reina *et al.* (1998); Muñoz (2010), Jurado *et al.* (2013); quienes llegaron a las conclusiones similares y confirmando la tendencia de aumentar los SST a medida que aumenta la maduración del fruto.

Casierra-Posada *et al.* (2004), encontraron que los °Bx están fuertemente afectados por factores como la variedad o el estado de madurez. Menéndez *et al.* (2006) afirman que la concentración de SST, responde a la translocación de la sacarosa desde las hojas, por hidrólisis de almidón y polisacáridos en las paredes celulares produciendo azúcares solubles.

3.4 En cuanto al índice de madurez IM de acuerdo al análisis de covarianza no se encontraron diferencias significativas entre las FMH (Tabla 2). Los valores de IM se encuentran entre 2,87 para la familia UDENAR (2)2.2 y 3,66 para la familia UDENARY1442, el testigo comercial obtuvo un valor de 3,08 (Tabla 2). Casierra *et al.* (2007) mencionan que el IM es un factor importante que determina la calidad del fruto y permite establecer el punto óptimo de cosecha de lulo, además de tener una gran influencia en el comportamiento durante el periodo de postcosecha y en la comercialización.

En el análisis de correlación (Tabla 4), se presentan diferencias significativas de 0,37 en relación con la variable SST y diferencias altamente significativas de -0,80 con respecto a la AT, lo que permite mencionar que el aumento de IM ocasiona un aumento de los SST y una reducción de la acidez en frutos de lulo González *et al.* (2014) corroboran estas afirmaciones demostrando con diferentes grados de madurez, la reducción de la acidez y el aumento de los sólidos solubles.

3.5 En la variable acidez titulable AT expresada en porcentaje de ácido cítrico no se encontraron diferencias estadísticas entre las FMH de acuerdo al análisis de covarianza

(Tabla 3). Se obtuvo una media general de 3,19%. El dato máximo se observó en el testigo con 3,46% y el dato mínimo la familia UDENARY1442 con 2,94%. Pinzón (2000) afirma que el ácido ascórbico (AT) es muy abundante en los frutos de lulo, llegando alrededor del 13% a tres cuartas partes de madurez. Aunque el color es uno de los indicativos por los consumidores, González *et al.* (2014) encontraron que a medida que el fruto alcanza un mayor grado de madurez, la tendencia del AA es a descender su concentración a consecuencia de la degradación de ácidos orgánicos producto de la respiración.

3.6 Los datos obtenidos en la variable ácido ascórbico AA oscilaron entre 27,92 hasta 39,74 mg·100 g⁻¹. Se encontraron diferencias estadísticas entre las familias UDENARY2221 (39,74 mg·100g⁻¹), UDENARY1442 (38,91 mg·100g⁻¹) y UDENAR 8523 (27,92 mg·100g⁻¹). El testigo obtuvo una media de 32,33 mg·100 g⁻¹ (Tablas 2 y 3). Estos valores indican la importancia del lulo en la dieta, dado que es una de las frutas con los más altos niveles de ácido ascórbico (Vitamina C). La FAO (2017) recomienda una ingesta diaria de 45 mg de vitamina C, aunque este valor puede variar dependiendo del género y la edad.

3.7 El análisis de covarianza indica que para el rendimiento RTO existen diferencias significativas entre las FMH. La media general del experimento fue de 9,26 t·ha⁻¹, el testigo obtuvo un valor de 9,41 t ha⁻¹. Únicamente, se presentaron diferencias estadísticas entre UDENARY2221 con un promedio de 12,99 t ha⁻¹ y UDENARY8523 con 6,68 t ha⁻¹ (Tabla 3). Las familias UDENARY1113, UDENARY2221, UDENARY8111 y UDENARY10232 y el testigo, estuvieron por encima del promedio nacional (9,4 t·ha⁻¹). Las demás FMH superaron el promedio del departamento de Nariño 4,84 t·ha⁻¹ (Agronet, 2016).

Las 10 FMH no tienen diferencias estadísticas con respecto al testigo comercial, aunque en las familias UDENARY2221, UDENAY1113, UDENARY8111 Y UDENARY10232 se observa una diferencia a favor de 1,8 t·ha⁻¹ con respecto al promedio nacional.

El GPFA (2017), encontró en unidades experimentales bajo el mismo diseño que los rendimientos oscilaban entre 5,08 t·ha⁻¹ y 13,6 t·ha⁻¹ correspondiente a la familia UDENARY (2)2.2 y al testigo, respectivamente, observándose que los rendimientos para la mayoría de

los casos fueron menores, lo que probablemente se debió al alto porcentaje de pérdidas por *Neoleucinodes elegantalis*.

Se encontraron diferencias estadísticas en la covariable incidencia por *Ralstonia solanacearum* afectando la variable rendimiento, el coeficiente de regresión de 0,06 indica que la afectación por la bacteria incide en gran medida sobre dicha variable, es decir que por cada punto porcentual de incremento en la incidencia de la enfermedad; el rendimiento se disminuye en 0,06 t ha⁻¹ o 60 kg.

Según Franco (2002), en zonas productoras de lulo es muy habitual encontrar problemas por bacteriosis. Carreño *et al.*, (2006), afirma que la enfermedad resulta muy difícil manejarla una vez que se presenta en el lote, por varias razones entre ellas están, que es una enfermedad sistémica y no hay tratamiento efectivo a excepción de la erradicación de las plantas afectadas, otra razón es que de presentarse las condiciones para su desarrollo se propaga con rapidez en todo el lote, ya sea por acciones humanas, llevando el patógeno en las herramientas de trabajo o por factores naturales que dañen la planta y se crea una ventana para el desarrollo de la enfermedad.

4. CONCLUSIONES

La evaluación de las diez familias de medios hermanos FMH en la localidad de Tangua departamento de Nariño contribuyó al mejoramiento genético del lulo (*solanum quitoense* Lam.), propuesto por el grupo de investigación en frutales andinos (GPFA). Obteniendo valores importantes de rendimiento y calidad de fruta los cuales se tendrán en siguientes ciclos de mejoramiento.

Los valores de rendimiento obtenidos por las familias UDENARY2221, UDENARY1113, UDENARY8111, UDENARY10232, superan al promedio de rendimiento obtenido a nivel nacional y al establecido para el departamento de Nariño. Estas familias pueden ser recomendadas en la localidad de Tangua por sus altos rendimientos. En cuanto a los componentes de calidad de fruta como Sólidos solubles, acidez titulable e índice de madurez

no se observaron diferencias estadísticas entre las familias de medios hermanos, incluido el testigo.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agronet. (2016). Área cosechada, producción y rendimiento de lulo, 2016. Recuperada de: <http://www.agronet.gov.co>.
- Almanza, P., Velandia, J., Tovar, Y. (2016). Propiedades fisicoquímicas durante el crecimiento y desarrollo en dos variedades de frutos de lulo (*Solanum quitoense* Lam.). Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas. Vol. 10 N°2. 225 p.
- Almeida, J., Reis, S., Oliveira, M. (2011). Estudio de la conservación de la papaya (*Carica papaya* L.) asociado a la aplicación de películas comestibles. Rev. Venez. Cienc. Tecnol. Aliment. 49 p.
- Carreño, N., Vargas, A., Bernal, A. y Restrepo, A. (2006). Problemas fitopatológicos en especies de la familia Solanaceae causados por los géneros *Phytophthora*, *Alternaria* y *Ralstonia* en Colombia. Una revisión.
- Casierra, F., Cardozo, M., Cárdenas, J. (2007). Análisis del crecimiento en frutos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivados bajo invernadero. 299 p.
- Casierra-Posada, F., García, E. J., & Lüdders, P. (2004). Determinación del punto óptimo de cosecha en el lulo (*Solanum*). *Agronomía Colombiana*, 22(1), 32-39.
- Dias F., Bertini C., Silva A. y Cavalcanti J. (2015). Variabilidad genética de la feijoa-caupi de porte, el ciclo anterior se analiza por los marcadores RAPD e ISSR. Rev Cienc Agron 46: 572 p.
- ENA - Encuesta Nacional Agropecuaria. 2016. *Boletín técnico*. 11 p.

- ICONTEC-Instituto Colombiano De Normas Tecnicas. (2002). Norma técnica Colombiana NTC 5093: Frutas frescos. Lulo de Castilla. Especificaciones. Bogotá, ICONTEC. CENICAFE. 7-11p.
- FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación (2017). *Necesidades nutricionales. Módulo de aprendizaje*. 62 p.
- Franco, L (2002). *El cultivo de lulo, manual técnico*. Manizales, Colombia: Corpoica. 3 p.
- González, D., Ordóñez L., Vanegas., P y Vásquez, D. (2014). Cambios en las propiedades fisicoquímicas de frutos de lulo (*Solanum quitoense* Lam.) cosechados en tres grados de madurez. *Acta Agronómica*, 63(1), 11-17.
- Jurado, J., Pérez, L., Lagos, T., y Benavides, C. (2013). Comportamiento agronómico de injertos de lulo de Castilla (*Solanum quitoense* Lam.) en patrones de *Solanum* spp. *Revista Ciencias Agrícolas*. 30(1), 54-64.
- Lozano, J., Chamorro, L., Floriano, J., Vera, L., Segura, J. 2007. Enfermedades y plagas del cultivo de lulo (*Solanum quitoense*) en el departamento del Huila. Nataima, Colombia: Corpoica. 5 p.
- Lobo, M. & C.I. Medina. (2000). Lulo (*Solanum quitoense* Lam). En: Caracterizaçao de Frutas Nativas da America Latina. Serie Frutas Nativas. Edição comemorativa do 30° aniversario da Sociedade Brasileira de Fruticultura. 41- 43.
- Menéndez, O., Lozano, S., Arenas, M., Bermúdez, K., Martínez, A. y Jiménez, A. 2006. Cambios en la actividad de α -amilasa, pectinmetilesterasa y poligalacturonasa durante la maduración del maracuyá amarillo (*Passiflora edulis* var. *Flavicarpa* Degener). *Interciencia*, 31(10), 728-733.

- Muñoz, J. 2011. Análisis de la competitividad del sistema de producción de lulo (*Solanum quitoense* Lam.) en tres Municipios de Nariño. Tesis pregrado. Universidad Nacional de Colombia. 6 p.
- Muñoz, L. 2010. Evaluación agronómica de materiales de lulo *Solanum* sp, frutal de alto potencial para zonas tropicales. Tesis de maestría. Universidad Nacional de Colombia, Palmira, Colombia.
- Pinzón, M. 2000. Propiedades físicas de cosecha y postcosecha de frutos de Lulo “La Selva”. Memorias del 3er Seminario de Frutales de Clima Frío Moderado. Manizales, Colombia: Centro de Desarrollo Tecnológico de Frutales,.
- Reina, C., Araujo, C., Manrique, I. (1998). Manejo poscosecha y evaluación de la calidad del Lulo (*Solanum quitoense* sp.) que se comercializa en la ciudad de Neiva. Neiva, Colombia: Facultad de Ingeniería, Universidad Surcolombiana,
- Riascos, M. y Santacruz, A. (2010). Caracterización morfológica de 39 genotipos de la colección de lulo (*Solanum quitoense* Lam) de la Universidad de Nariño en el municipio de Buesaco. Tesis pregrado Universidad de Nariño. 3-4 pp.
- Rojas, C., Muñoz, L., Terán, V., Prado, F., Quiñonez, M. (2010). Evaluación de patógenos en clones de lulo (*Solanum quitoense* Lam.). Popayán, Colombia. *Acta Agronómica*, 59(2).
- Viteri, D, Vasquez, C., Leon, J., Viera, W., Posso, M., Hinojosa, A., Revelo, J. Y Ochoa, J. (2009). Características agronómicas de la naranjilla de jugo mejorada INIAP quitoense-2009 injertada en patrones de solanáceas silvestres resistentes a *Fusarium oxysporum* y *Meloidogyne incognita*.
- Zerbielli L., Nienow A., Dalacorte L, Jacobs R. y Daronch T. (2016). Diversidad física y química de frutos de jabuticabeiras en una sección de ocurrencia natural. *Rev Bras Frut* 38: 116 p.