

# Evaluación agronómica de introducciones de lulo *Solanum quitoense* Lamarck

## Agronomic evaluation of lulo introductions *Solanum quitoense* Lamarck

David Esteban Duarte Alvarado <sup>1</sup>, Tulio César Lagos Burbano <sup>2</sup>, Franco Alirio Vallejo Cabrera <sup>3</sup>,  
Liz Katherine Lagos Santander <sup>4</sup>.

<sup>1</sup>Universidad de Nariño sede Vipri. Pasto, Colombia. ✉ [deduarte@unal.edu.co](mailto:deduarte@unal.edu.co)

<sup>2</sup>Universidad de Nariño sede Vipri. Pasto, Colombia. ✉ [tclagos3@yahoo.com](mailto:tclagos3@yahoo.com)

<sup>3</sup>Universidad Nacional de Colombia sede Palmira. Palmira, Colombia. ✉ [fvallejoc@unal.edu.co](mailto:fvallejoc@unal.edu.co)

<sup>4</sup>Universidad de Nariño sede Vipri. Pasto, Colombia. ✉ [klagoss@unal.edu.co](mailto:klagoss@unal.edu.co)



<https://doi.org/10.15446/acag.v70n1.84150>

2021 | 70-1 p 66-72 | ISSN 0120-2812 | e-ISSN 2323-01180118 | Rec.: 13-12-2019. Acep.: 17-08-2021

### Resumen

El lulo (*Solanum quitoense* Lam.) es un frutal promisorio debido a su alta demanda y una alternativa para desarrollar cultivos a nivel empresarial; sin embargo, problemas fitosanitarios como *Fusarium oxysporum* limitan el potencial productivo de la especie y genera pérdidas económicas significativas a los agricultores. El objetivo de este trabajo fue evaluar 57 introducciones de lulo por su reacción a *F. oxysporum* y componentes de rendimiento. Las introducciones de lulo se sembraron en una localidad del municipio de La Florida, departamento de Nariño, Colombia, con historial de epidemias causadas por *F. oxysporum*. De cada introducción se sembraron cinco plantas a 2.5 m entre ellas y 3 m entre surcos. Las variables evaluadas se sometieron al Análisis de Componentes Principales y Clasificación Jerárquica. Para seleccionar las mejores introducciones se aplicó un índice de selección formado por variables de mayor importancia. Los primeros cuatro componentes principales explicaron el 82.4 % de la variación total. Según el Análisis de Clasificación, el primer grupo presentó los promedios más bajos en cuanto a mortalidad por *F. oxysporum* (MFO). El segundo grupo mostró niveles más altos de MFO y más bajos en los componentes de rendimiento. El tercer grupo se caracterizó por tener promedios superiores en los componentes de rendimiento y sólidos solubles totales (SST) y el grupo cuatro por el promedio más bajo de *Neoleucinodes elegantalis*. Las introducciones seleccionadas 15C, 22A, 37A y 35A se definieron por presentar los promedios más altos en rendimiento, peso de fruto, SST y por ser resistentes a *F. oxysporum*.

**Palabras claves:** análisis de clasificación, análisis de componentes principales, *Fusarium oxysporum*, incidencia, rendimiento.

### Abstract

The lulo (*Solanum quitoense* L.) is a promising fruit tree due to its high demand and, for that reason, an alternative to develop crops at the business level; however, phytosanitary problems such as *Fusarium oxysporum* limit the productive potential of the species and generate significant economic losses to farmers. The objective of this work was to evaluate 57 introductions of lulo by its reaction to *F. oxysporum* and yield components. The introductions of lulo were planted in a locality of the municipality of La Florida, department of Nariño, with a history of epidemics caused by *F. oxysporum*. From each introduction, five plants were planted 2.5 m apart and 3 m between furrows. The evaluated variables were subjected to Principal Component Analysis and Hierarchical Classification. In order to select the best introductions, a selection index formed by variables of greater importance was applied. The first four main components accounted for 82.4 % of the total variation. According to the Classification Analysis, the first group had the lowest mortality averages for *F. oxysporum* (MFO). The second group presented higher levels of MFO and lower yield components. The third group was characterized by higher averages in yield components and total soluble solids (TSS), and the fourth group by the lower average of *Neoleucinodes elegantalis*. Selected introductions 15C, 22A, 37A, and 35A were defined as having the highest averages in yield, fruit weight, TSS, and being resistant to *F. oxysporum*.

**Keywords:** classification analysis, *Fusarium oxysporum*, incidence, principal component analysis, yield.

## Introducción

El cultivo de lulo es uno de los frutales con mayor visión empresarial en las economías de países como Colombia y Ecuador. En Colombia, se encuentra priorizado desde el año 2006 dentro del Plan Frutícola Nacional de Colombia (2006) y posee un alto potencial para exportación. Posee un papel importante en la economía rural, constituyendo una de las principales fuentes de ingreso para cerca de 12.000 familias, generando empleo y desarrollo industrial (Montes-Rojas *et al.*, 2010). Hasta el año 2018, el área sembrada y la producción en Colombia va en aumento con un reporte de 8821.3 ha en etapa productiva, una producción de 89.050 t y un rendimiento promedio de 10.09 t ha<sup>-1</sup> (Agronet, 2020). Estos incrementos se deben al aumento de la demanda interna para consumo y a la evolución progresiva en el precio. Sin embargo, la producción aún se encuentra en déficit a pesar de la demanda, de ahí que ha sido necesario importar alrededor del 20 % de la fruta que se consume a países como Ecuador (Merino *et al.*, 2014; Arias y Rendón, 2015).

La baja productividad y calidad de la producción se identifica por la presencia de frutos pequeños con daños físicos, daños biológicos causados por plagas y enfermedades, colores amarillentos y blanquecinos de pulpa y gran porcentaje de acidez. La falta de cultivares mejorados o la implementación de técnicas que ayuden a solucionar el problema de calidad de la producción, ha ocasionado, aún más, la disminución en el área sembrada. Por lo tanto, es necesario buscar estrategias que logren consistencia en la producción para satisfacer la demanda, y se realicen investigaciones para evaluar diferentes genotipos de lulo para afrontar los problemas de producción, rendimiento y fitosanitarios (Riascos *et al.*, 2012).

Los trabajos de fitomejoramiento en lulo son escasos; aunque, se han hecho algunos estudios enfocados en la obtención de genotipos con características agronómicas sobresalientes y con características de resistencia o tolerancia a problemas fitosanitarios. Salazar y Betancourth (2017) identificaron cuatro genotipos con resistencia moderada *Meloidogyne incognita*. Betancourth *et al.* (2005) determinaron que *Solanum sessiliflorum*, *S. hirtum* y *S. marginatum* son resistentes a *Fusarium oxysporum*. Arizala *et al.* (2011) utilizaron la metodología de injertación como alternativa de manejo de *Fusarium oxysporum*, usando la especie silvestre *Solanum hirtum* como patrón, lo que contribuyó a reducir la incidencia de la enfermedad en campo a un nivel del 5.5 %.

El objetivo de esta investigación fue evaluar 57 introducciones de lulo con base en su reacción ante el inoculo natural de *Fusarium oxysporum* bajo condiciones de campo en una localidad del municipio de La Florida del departamento de Nariño.

## Materiales y métodos

### Localización.

Este trabajo se desarrolló en el municipio de La Florida, departamento de Nariño, ubicado a 01°18'53.2"LN, 77°24'12.45"LO, altura de 1980 m s.n.m., temperatura media anual de 19 °C, precipitaciones de 12 a 25 mm y humedad relativa del 70 al 78 %. El tipo de suelo corresponde a un Arcillo-Arenoso, con pH de 5.5.

### Material vegetal.

En esta investigación se evaluaron 57 introducciones de lulo pertenecientes a la colección del Grupo de Investigación en Producción de Frutales Andinos (GPFA) de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Nariño, las cuales se seleccionaron por su supervivencia en un lote infestado con *F. oxysporum*. Esta selección se realizó tomando un fruto de cada planta asintomática para después extraer su semilla y someterla a secado durante siete días a temperatura ambiente.

### Ensayo preliminar.

Para garantizar la presencia del inoculo natural de *F. oxysporum*, las introducciones se sembraron en un terreno cuyo historial registraba epidemias sobre Lulo de Castilla. Se sembró un surco por introducción de cinco plantas de manera aleatoria en el lote. Las distancias de siembra fueron de 2.5 x 3 m.

La preparación del terreno consistió en ahoyar 30 días antes de la siembra con hoyos de 30 x 30 x 30 cm. En cada hoyo se aplicaron 2 kg de materia orgánica, 200 g de cal dolomita y 100 g de fosforita Huila. Al mes después de la siembra se hizo una fertilización edáfica con 100 g planta<sup>-1</sup> de 10-30-10. Posteriormente, se aplicaron dosis ascendentes según el análisis de suelo realizado en el terreno y el estado de madurez fisiológico del cultivo. La fertilización edáfica se complementó con aplicaciones quincenales de fertilizante foliar y plateos manuales realizados de manera mensual.

### Variables evaluadas.

Las variables evaluadas fueron el número de frutos por planta (NFP), ramas productivas (NRP), peso de frutos (PF), eje polar (EP) y diámetro ecuatorial (DE) del fruto, pH del jugo, acidez titulable (AC), sólidos solubles totales (SST) y el rendimiento en t.ha<sup>-1</sup> (RTO). Para el AC y los SST se utilizó la metodología planteada por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas [ICONTEC] (2002). También se determinaron las pérdidas por *Neoleucinodes elegantalis* (PNEO) y la mortalidad por *Fusarium oxysporum* (MFo), la cual se basó en lo planteado por van der Planck (1963) y March *et al.* (2004).

## Análisis de los datos.

Con los datos de las variables evaluadas se realizaron los análisis de componentes principales y clasificación jerárquica bajo el criterio de Ward. Las diferencias significativas entre las medias respecto a los demás, se establecieron con base en lo planteado en Lagos *et al.* (2015). También se realizó el análisis de correlación de Pearson. Los análisis se realizaron con el software SAS versión 9.4 (SAS, 1998).

Para seleccionar las mejores introducciones se aplicó un índice de selección (IS), el cual consiste en multiplicar los valores estandarizados de cada variable por un valor de ponderación (P) de cada una de ellas acorde con el grado de importancia establecido (Lagos *et al.*, 2015), tal como se muestra a continuación:

Variable	NRP	NFP	PF	RTO	EP	DE	°Bx	PNEO	MFo
P	0.1	0.1	0.4	0.5	0.1	0.1	0.2	-0.1	-0.4

## Resultados y discusión

### Análisis de componentes principales (ACP).

El ACP indica que los primeros cuatro componentes principales (CP) explican el 82.4 % de la varianza total (Tabla 1). Según Carmona (2014), la determinación del número de factores queda a juicio del investigador y puede ser en parte arbitraria; sin embargo, un criterio es retener los factores con valor propio superior a 1.0.

El primer CP explica el 34.9 % de la varianza total y tiene asociaciones positivas altas con PF (0.483), EP (0.485) y DE (0.49) que son las variables que determinan características físicas del fruto, lo cual es esperado y explicable. El segundo CP explica el 25.8 % de la varianza y está relacionado con el RTO, dado que tiene asociaciones altas y positivas con el PNEO (0.376) y RTO (0.56). El tercer componente está relacionado con variables de calidad del jugo de fruto con asociaciones altas y positivas con los SST (0.622) y el pH (0.644) y con un aporte del 13.9 % a la varianza total. El cuarto componente relacionado con la mortalidad por *F. oxysporum* explica el 7.8 % de la varianza total y tiene una asociación negativa con el RTO (-0.31) (Tabla 1).

Según el análisis de clasificación se identifican cuatro grupos (Tabla 2 y Figura 1). En el grupo 1 se encuentran 24 introducciones, que corresponden al 42.1 % de la población evaluada. Este grupo presenta el promedio más alto de MFo con un  $60.0 \pm 26.42\%$ , en comparación con el promedio general de  $41.40 \pm 26.42\%$ . Además, presentó los promedios más bajos para NRP ( $4.82 \pm 1.95$ ), NFP ( $31.21 \pm 57.15$ ) y RTO ( $3.13 \pm 2.42 \text{ t ha}^{-1}$ ) (Tabla 3 y Figura 1).

Tabla 1. Análisis de componentes principales de las variables evaluadas.

Variable	Descripción de variable	Componente principal			
		1	2	3	4
NRP	Ramas productivas	-0.211	0.190	-0.304	0.069
NFP	Frutos por planta	-0.391	0.292	-0.121	0.168
PF	Peso de fruto	0.483	0.081	0.003	-0.049
EP	Eje polar del fruto	0.485	0.055	0.100	-0.058
DE	Diámetro ecuatorial del fruto	0.490	0.020	0.057	-0.067
RTO	Rendimiento	0.079	0.560	-0.065	0.072
pH	pH del jugo	-0.208	0.054	0.644	-0.081
SST	Sólidos solubles totales del jugo	-0.132	0.166	0.622	-0.188
PNEO	Pérdida por <i>N. elegantalis</i>	0.117	0.376	0.184	0.353
MFo	Mortalidad por <i>F. oxysporum</i>	0.080	-0.262	0.186	0.883
VP		3.840	2.836	1.525	0.859
PV		0.349	0.258	0.139	0.078
VA		0.349	0.607	0.746	0.824

VP: valor propio; PV: proporción de la varianza en cada CP; VA: varianza acumulada.

Tabla 2. Descripción de grupos formados en introducciones de lulo S. quiteense

Variables	Media de grupo	Media general	Desviación estándar	Desviación general
Grupo I (N = 14; P = 31.58 %)				
MFo	20	41.4	20.58	26.42
PF	91.88	67.39	16.27	32.9
EP	5.2	4.64	0.35	0.79
DE	5.56	4.96	0.4	0.91
Grupo II (N = 24; P = 42.1 %)				
MFo	60	41.4	21.26	26.42
NRP	4.82	5.41	1.44	1.95
NFP	31.21	66.23	12.58	57.15
RTO	3.13	4.24	1.72	2.42
Grupo III (N = 8; P = 14.03 %)				
MFo	37.5	41.4	16.69	26.42
NRP	7.22	5.41	3.29	1.95
NFP	184.89	66.23	31.72	57.15
RTO	5.54	4.24	1.3	2.42
pH	3.78	3.71	0.19	0.14
SST	9.39	8.85	1.49	1.16
PF	23.2	67.39	3.11	32.9
Grupo IV (N = 7; P = 12.28 %)				
MFo	37.1	41.4	21.5	26.42
PNEO	0.32	0.48	0.35	0.46

N: número de genotipos por grupo; P: porcentaje de participación por grupo en porcentaje.

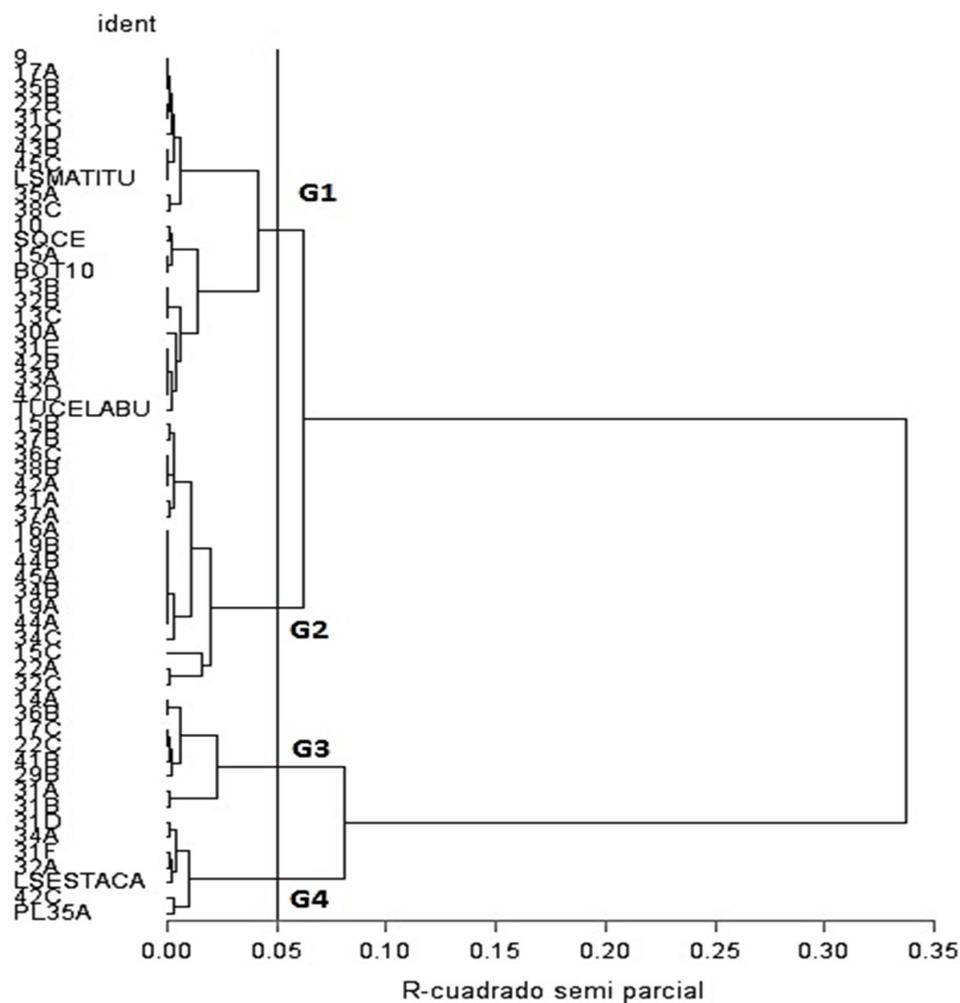


Figura 1. Dendrograma de 57 introducciones de lulo *S. quitoense*

El grupo 2 está conformado por 15B, 15C, 16A, 19A, 19B, 21A, 22A, 32C, 34B, 34C, 36C, 37A, 37B, 38B, 42A, 44A, 44B y 45A, las cuales representan el 31.58 % de la población estudiada. Este grupo se caracteriza por presentar el promedio más bajo de MFO con 20.0 %, un PF (91.88 g  $\pm$  16.27 g) superior al promedio general (67.39 g). Igualmente, el EP (5.20  $\pm$  0.35 cm) y DE (5.56  $\pm$  0.4 cm) fueron mayores a la población. Según la NTC5093 (ICONTEC, 2002), las introducciones que conforman este grupo se encuentran en el calibre 30, el cual especifica un diámetro ecuatorial de 56 a 60 mm y un peso promedio de 98 g. Estos promedios son similares a los evaluados por Lagos *et al.* (2015), quienes encontraron valores de PF de 81.46  $\pm$  16.36 g en 50 FMH de lulo y superan los promedios de Álvarez *et al.* (2016), con valores de PF entre 52.68 y 80.88 g.

Según los productores, los frutos con pesos que oscilan los 100 g presentan una mayor aceptación para su comercialización en fresco. Dentro de este grupo, las introducciones 15C (142.5  $\pm$  32.9

g), 34C (112.5  $\pm$  32.9 g), 19A (101.96  $\pm$  32.9 g) y 44A (100.07  $\pm$  32.9 g), cumplen con este requisito (Tabla 3); sin embargo, para procesos de transformación agroindustrial se aceptan pesos por encima de 50 g (Muñoz, 2013).

En el grupo 2 se destaca 15C, con un RTO de 15.68  $\pm$  2.42 t ha<sup>-1</sup> (Tabla 3), valor que supera al promedio general de 4.24  $\pm$  2.42 t ha<sup>-1</sup> y al promedio nacional de 10.09 t ha<sup>-1</sup> (Agronet, 2020).

El grupo 3 está conformado por ocho introducciones (14.03%), las cuales se caracterizan por presentar medias superiores a la media general en NRP (7.22  $\pm$  1.95), NFP (184.9  $\pm$  57.15), RTO (5.54  $\pm$  2.42 t ha<sup>-1</sup>), pH (3.78  $\pm$  0.14) y Bx (9.38  $\pm$  1.16). Además, presenta el promedio más bajo para el PF con 23.2  $\pm$  32.9 g y un MFO de 37.5 %. Finalmente, el grupo 4 se conformó por siete introducciones que representan el 12.28 % de la población evaluada. Este grupo presenta el promedio más bajo en PNEO con 0.32  $\pm$  0.46 t ha<sup>-1</sup> con respecto al promedio general de 0.48  $\pm$  0.46 t ha<sup>-1</sup> y un promedio de MFO de 37.1 % (Tabla 2 y Figura 1).

## Selección de introducciones de lulo.

Las introducciones con mayor NFP corresponden a 14A, 17C, 22C, 29B, 31A, 31B, 31D, 36B y 41B con 179 frutos planta<sup>-1</sup>. Esta variable presenta una correlación alta, negativa y significativa ( $r = -0.68^*$ ) con el PF; es decir, que a mayor NFP, el PF tiende a disminuir. En contraste, el menor NFP corresponden al código 10 (6 frutos), BOT10 (10 frutos), 15A (13 frutos), 17A (19 frutos) y 34C (19 frutos), con un PF promedio de 80.68 g (Tablas 3 y 4). Estos resultados concuerdan con Ardila *et al.* (2015), quienes afirman que, al aumentar el NFP, el tamaño de los frutos tiende a reducirse.

El PF (Tabla 3) de la población fue de  $67.39 \pm 32.9$  g, donde 15C alcanzó el promedio más alto con  $142.5 \pm 32.9$  g fruto<sup>-1</sup>, junto con 19A, 34C, 35A, 35B, 38C y 43B, las cuales lograron promedios significativos que oscilan entre 129.0 y 101.44 g fruto<sup>-1</sup>, los cuales se encuentran en un calibre 26 a 30 (ICONTEC, 2002) y cumplen con los criterios de calidad para la exportación. Estos valores son

similares a evaluaciones sobre diferentes genotipos de *S. quitoense* (Arizala *et al.*, 2011; Jurado *et al.*, 2013; González *et al.*, 2014), donde se describen PF que van desde 80 a 139 g. Según Ochoa *et al.* (2016), el PF está sujeto a la movilización y acumulación de fotoasimilados, por lo tanto, estas introducciones tienen características favorables y probablemente una variabilidad genética para seleccionar de acuerdo con el tamaño del fruto manteniendo o cambiando la ponderación en el índice de selección que se aplique.

La introducción 15C fue la que obtuvo el más alto RTO con 15.68 t ha<sup>-1</sup>, seguido de 22A (9.02 t ha<sup>-1</sup>) y 32C (8.16 t ha<sup>-1</sup>). El RTO presenta una correlación media, negativa y significativa con PNEO ( $r = -0.50^*$ ) y asociaciones bajas positivas y significativas con el PF ( $r = 0.29^*$ ), MFO ( $r = -0.31^*$ ) y el NFP ( $r = 0.38^*$ ). El 15C supera el promedio nacional de 10.09 t ha<sup>-1</sup> (Agronet, 2020). Según Gómez *et al.* (2013), el rendimiento de lulo responde positivamente a la fertilización química y orgánica, alcanzando potencial de 30 t ha<sup>-1</sup>; sin embargo, en países en desarrollo no sobrepasa las 8.5 t ha<sup>-1</sup> debido al manejo agronómico inadecuado,

**Tabla 3.** Promedios de la fracción seleccionada de 57 introducciones de lulo *S. quitoense*

INT	NRP	NFP	PF	EP	DE	PH	BX	PNEO	MFO	RTO	IS
15C	7.50	80.50	142.50	5.60	6.45	3.77	9.25	1.05	0.0	15.68	4.27
38C	3.00	37.50	129.00	6.08	6.40	3.90	10.45	0.34	20.0	6.56	2.03
35A	8.00	46.50	112.50	5.41	6.00	3.56	8.35	0.83	0.0	6.99	1.90
22A	3.67	77.00	86.31	5.43	5.47	3.62	8.37	0.54	0.0	9.02	1.84
42A	6.00	36.75	90.78	5.19	5.65	3.72	10.13	0.58	0.0	4.45	1.28
16A	6.00	38.00	94.88	6.10	6.17	3.61	8.45	0.82	0.0	4.84	1.24
19A	4.00	33.00	101.96	5.37	5.45	3.53	9.17	0.54	0.0	4.58	1.18
37A	4.00	62.50	84.00	4.99	5.09	3.61	8.00	0.84	0.0	7.00	1.16
37B	6.00	41.00	87.28	5.40	5.48	3.73	8.72	0.58	0.0	4.71	1.06
15B	5.50	55.25	74.38	5.06	5.36	3.67	8.45	0.47	0.0	5.39	0.97
ȳs	5.37	50.80	100.36	5.46	5.75	3.67	8.93	0.66	2.00	6.92	
S	1.66	17.30	21.55	0.38	0.47	0.11	0.81	0.21	6.32	3.40	
μg	5.41	66.23	67.39	4.64	4.96	3.71	8.85	0.48	45.96	4.24	
σg	1.95	57.15	32.90	0.79	0.91	0.14	1.16	0.46	22.67	2.42	
DS	-0.04	-15.43	32.96	0.83	0.79	-0.04	0.09	0.18	-43.96	2.69	

ȳs: media de la fracción seleccionada; S: desviación estándar de la fracción seleccionada; μg: media general de las 57 introducciones; σg: desviación estándar de las 57 introducciones; DS: diferencial de selección (ȳs - μg).

**Tabla 4.** Correlaciones entre las variables evaluadas en 57 introducciones de lulo *S. quitoense*

Variables	NFP	PF	EP	DE	pH	°Bx	PNEO	RTO
NRP	0.42*	-0.28*	-0.36*	-0.31*	ns	ns	ns	ns
NFP	1.00	-0.68**	-0.67**	-0.73**	ns	ns	ns	0.38*
PF		1.00	0.89**	0.91**	-0.36*	ns	ns	0.29*
EP			1.00	0.95**	-0.29*	ns	0.29*	ns
DE				1.00	-0.30*	ns	ns	ns
pH					1.00	0.59*	ns	ns
PNEO							1.00	-0.50*
MFO								-0.31*

a la baja disponibilidad de genotipos mejorados y a la falta de investigación y de producción de conocimiento relacionado con el funcionamiento ecofisiológico de la especie.

El EP y DE mostraron un promedio general de  $4.64 \pm 0.79$  y  $4.96 \pm 0.91$  cm, en su orden (Tabla 3). Acorde con la NTC5093 (ICONTEC, 2002), frutos con un DE mayor a 5.6 cm se consideran de buen tamaño y pueden considerarse para exportación. Las introducciones 15C, 16A, 17A, 22A, 32B, 34C, 35B, 38B, 38C, 43B y 45A, cumplen con esas especificaciones. Estas dos variables están altamente correlacionadas con el PF ( $r_{PFVSDP} = 0.89^{**}$  y  $r_{PFVSDP} = 0.91^{**}$ ) (Tabla 4).

La media general del pH del jugo fue de  $3.71 \pm 0.14$  (Tabla 3). Según la NTC5093 (ICONTEC, 2002) el valor mínimo de pH, independiente del estado de madurez es de 3.20, por lo tanto, el lulo se clasifica como un fruto ácido. Según Casierra *et al.* (2004), el grado de madurez no está relacionado con el pH del jugo y su valor durante el periodo de maduración oscila entre 2.9 y 3.2 en la primera semana de cosecha. Además, mencionan que los valores obtenidos no deben tomarse como variable para determinar la madurez del fruto. Las introducciones 30A, 31B, 31E, 33A, 36B, 38C, 42B y 42C presentaron valores de pH que oscilan entre 3.85 y 4.1 (Tabla 3).

En cuanto a SST, el promedio de la población fue de  $8.85 \pm 1.16$  °Bx. El valor máximo lo obtuvo 30A con  $11.9$  °Bx y el menor valor 31C con  $6.20$  °Bx (Tabla 3). Teniendo en cuenta que el punto de cosecha se realizó en grado de madurez tres (ICONTEC, 2002), las introducciones con °Bx iguales o superiores a 8.6 acumulan una mayor cantidad de azúcares en un mismo punto de cosecha. Fischer *et al.* (2012) y Casierra *et al.* (2004) afirman que la cantidad de azúcares en el fruto depende de factores como el genotipo, la capacidad de asimilación de fotosintatos de las hojas, número de hojas por fruto, estado de madurez del fruto y las condiciones agroclimáticas, los cuales explicarían el incremento en los SST.

En cuando a PNEO, la Tabla 3 muestra que 30A, 31C, 32A y SQCE no registraron pérdidas por el pasador del fruto. Sin embargo, las pérdidas por esta plaga son considerables, si se observa la correlación negativa significativa con el RTO ( $r = -0.5^{*}$ ) (Tabla 4). Gómez *et al.* (2013) y Carmona *et al.* (2006) determinaron que las larvas pueden causar mermas económicas hasta de un 90 %, dado que su alimentación se centra en la pulpa del fruto durante un periodo de incubación de 14 a 25 días, lo que genera la caída de los frutos atacados. En este sentido, las PNEO en el 92.98 % de la población fue de  $0.51 \pm 0.6$  t ha<sup>-1</sup> con valores mínimo y máximo de 0.04 y 3.05 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

Con respecto a la MFo, las introducciones 15B, 15C, 16A, 19A, 22A, 35A, 37A, 37B, 42A y PL35A con un porcentaje de cero (Tabla 3), presentaron diferencias

significativas con el 82.46 % de las introducciones restantes. Estas introducciones pueden considerarse como resistentes a *Fusarium oxysporum*. Tamayo *et al.* (2000) destacan que niveles bajos de incidencia también pueden deberse a escape a la enfermedad por condiciones ambientales o propias de patógeno. En contraste, las introducciones 9, 10, 15A, 17A, 22B, 31C, 32D, 35B y BOT10 presentaron un valor de MFo del 80 %, manifestando alta susceptibilidad ante el ataque del patógeno.

En la Tabla 3 se observan los promedios de las variables que componen el índice de selección (IS) de la fracción seleccionada en las 57 introducciones de lulo. Las introducciones seleccionadas conciernen a 15C, 38C, 35A, 22A, 42A, 16A, 19A, 37A, 37B y 15B, cuyos IS oscilan entre 0.97 y 4.27. Para PF, se obtuvo un promedio general de  $67.39 \pm 32.9$  g (calibre 48), mientras que la fracción seleccionada ( $\bar{y}_s$ ) alcanzó los  $100.36 \pm 21.55$  g con una ganancia respecto a la población de 32.96 g, Esta ganancia indica que las introducciones seleccionadas se ubican dentro de un calibre más alto (calibre 30) según la NTC5093 (ICONTEC, 2002).

En cuanto a RTO, la media general fue de 4.24 t ha<sup>-1</sup> con un diferencial de selección (DS) de 2.69 t ha<sup>-1</sup>, lo cual indica una ganancia potencial para esta variable. La introducción 15C obtuvo el RTO más alto (15.68 t ha<sup>-1</sup>), 42A mostró el RTO más bajo (4.45 t ha<sup>-1</sup>) (Tabla 3). Algunas introducciones como 42A, 16A, 19A, 37B y 15B, exhibieron rendimientos bajos, que oscilan entre 4.45 a 5.38 t ha<sup>-1</sup>, sin embargo, su respuesta ante el marchitamiento vascular con MFo de 0 %, contenidos altos de °Bx (8.45 a 10.13 °Bx) y PF entre los 74.38 a 101.96 g los ubican dentro de la fracción seleccionada (Tabla 3).

Respecto a MFo, las introducciones seleccionadas mostraron resistencia al ataque de *F. oxysporum* bajo condiciones de inoculo natural en campo. Las diez introducciones seleccionadas ostentaron un MFo del 2 %, en comparación con la media general de 45.96 % con un DS de -43.96 % (Tabla 3).

## Conclusiones

Las variables derivadas de características físicas del fruto como peso, eje polar y diámetro ecuatorial del fruto fueron las que más aportaron a la variabilidad total. Se formaron cuatro grupos con una alta contribución de las variables del fruto a la variabilidad total y diferenciadas por el porcentaje de mortalidad por *Fusarium oxysporum*. Las introducciones seleccionadas 15C, 22A, 37A y 35A provienen de plantas de lulo de castilla sobrevivientes al ataque de *F. oxysporum* en el municipio de La Florida, se caracterizaron por presentar los promedios más altos en las variables de rendimiento, peso de fruto, sólidos solubles totales y por ser tolerantes a *Fusarium oxysporum*.

## Agradecimientos

Agradecimientos especiales al Fondo del CTeI del Sistema General de Regalías (SGR) por el financiamiento de este trabajo.

## Referencias

- Agronet. (15 febrero de 2020). "Cultivo de lulo". Red de información y comunicación del sector agropecuario Colombia. <https://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/home.aspx?cod=1>
- Álvarez, D., Casanova, L., Córdoba, K. y Osorio, O. (2016). Evaluación de postcosecha de genotipos de lulo (*Solanum quitoense* Lam.) tolerantes a *Meloidogyne* sp. *Vitae* 23 (Supl. 1), 6.
- Ardila, G., Fischer, G. y García, J. (2015). La poda de tallos y racimos florales afecta la producción de frutos de lulo (*Solanum quitoense* var. *septentrionale*). *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas.*, 9(1), 24-37. <https://doi.org/10.17584/rcch.2015v9i1.3743>
- Arias Vargas, F.J. y Rendón Sierra, S. (2015). Inteligencia de mercados para la cadena del lulo (*Solanum quitoense*). *Jornal of Agriculture and Animal Sciences*, 3(2), 38-47. <http://repository.lasallista.edu.co:8080/ojs/index.php/jals/article/view/732/517>
- Arizala Q., M., Monsalvo P., Á., Betancourth G., C., Salazar G., C. y Lagos B., T. (2011). Evaluación de Solanaceas silvestres como patrones de lulo (*Solanum quitoense* Lam.) y su reacción a *Fusarium* sp. *Revista de Ciencias. Agrícolas.*, 28(1), 147-160.
- Betancourth, C., Zambrano, M. y Narváez, C. (2005). Reacción de diferentes genotipos de lulo (*Solanum quitoense*) al ataque de *Fusarium oxysporum*. *Revista de Ciencias Agrícolas*, XXII(1-II), 4.
- Carmona, F. (2014). *Un ejemplo de ACP paso a paso* [Archivo PDF]. <http://eprints.uanl.mx/17411/1/273.pdf>
- Carmona, R., Cooman, A., Gómez, D., Fuentes, L., Niño, N., Espinoza, L., Cuellar, J., Medina, A. y Escobar, H. (2006). *Lulo: el cultivo*. Fundación Universidad Jorge Tadeo Lozano.
- Casierra, F., García, E. y Lüdders, P. (2004). Determinación del punto óptimo de cosecha en el lulo (*Solanum quitoense* Lam. var. *quitoense* y *septentrionale*). *Agronomía Colombiana*, 22(1), 32-39. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/agrocol/article/view/17765/18591>
- Fischer, G., Almanza, P. y Ramírez, F. (2012). Source-sink relationships in fruit species: A review. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 6(2), 238-253.
- Gómez-Merino, F., Trejo-Trellez, L.I., Cruz-García, J. y Morales-Ramos, V. (2013). Lulo (*Solanum quitoense* Lamarck) como nuevo elemento del paisaje en México: germinación y crecimiento en sustratos orgánicos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 4(esp. 5).
- González Loaiza, D.I., 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), 1-9.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas (ICONTEC). (2002). *Frutas frescas: lulo de Castilla*. Autor.
- Jurado, J.C., Pérez, L.J., Lagos, T.C. y Benavides, C.A. (2013). Comportamiento agronómico de injertos de lulo de Castilla (*Solanum quitoense* Lam.) en patrones de *Solanum* sp. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 30(1), 54-64.
- Lagos, T.C., Apráez, J., Lagos, L. y Duarte, D. (2015). Comportamiento de 50 familias de medios hermanos de *Solanum quitoense* Lam bajo selección recurrente. *Revista Temas Agrarios*, 20(2), 19-29.
- March, G., Marinelli, A. y Oddino, C. (2004). Evaluación regional causada por hongos del suelo en maní. Universidad Nacional de Río Cuarto. [Archivo PDF] <http://www.ciacabrera.com.ar/docs/JORNADA%202013-MARCH.pdf>
- Merino, F., Trejo, L., Cruz, J. y Cadeña, J. (2014). Lulo (*Solanum quitoense* [Lamarck,]) como cultivo novedoso en el paisaje agroecosistémico mexicano. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, (9), 1741-1753 <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i9.1061>
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR), Fondo Nacional de Fomento Hortifrutícola (FNFH), Asociación Hortofrutícola de Colombia (ASOHOFrucol) y Sociedad de Agricultores y Ganaderos del Valle del Cauca. (2006). *Diagnóstico y análisis de los recursos para la fruticultura en Colombia*. Autores.
- Montes Rojas, C., Muñoz, L.A., Terán, V.F., Prado, F.A. y Quiñónez, M.A. (2010). Evaluación de patógenos en clones de lulo (*Solanum quitoense* Lam.). *Acta Agronómica*, 59(2), 144-154. [https://revistas.unal.edu.co/index.php/acta\\_agronomica/article/view/16273](https://revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/view/16273)
- Muñoz, J.A., Rodríguez, L.F. y Bermúdez, L.T. (2013). Análisis de competitividad del sistema de producción de lulo (*Solanum quitoense* Lam.) en tres municipios de Nariño. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 7(2), 173-185.
- Ochoa, L., Balaguera, H., Ardila, G., Pinzón, E. y Álvarez, J. (2016). Crecimiento y desarrollo del fruto de lulo (*Solanum quitoense* Lam.) en el municipio de San Antonio del Tequendama (Colombia). *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 17(3), 347-359. [https://doi.org/10.21930/rcta.vol17\\_num3\\_art:512](https://doi.org/10.21930/rcta.vol17_num3_art:512)
- Riscos, M., Santacruz, A., Lagos, T.C. y Checa, O. (2012). Caracterización morfológica de 39 genotipos de la colección de Lulo (*Solanum quitoense* Lam.) de la Universidad de Nariño. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 29(1), 57-69.
- Salazar-González, C. y Betacourth-García, C. (2017). Reacción de genotipos de lulo (*Solanum quitoense* Lam.) a *Meloidogyne* spp. en condiciones de campo. *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 18(2), 295-306. [http://dx.doi.org/10.21930/rcta.vol18\\_num2\\_art:629](http://dx.doi.org/10.21930/rcta.vol18_num2_art:629)
- Tamayo, P., Becerra, D. y Giraldo, B. (2000). Resistencia Genética de Lulo "La Selva" a *Fusarium oxysporum* Schlecht. IV Seminario Nacional de Frutales de Clima Frío Moderado. Río Negro, Antioquia, CORPOICA. [https://repository.agrosavia.co/bitstream/hand/20.500.12324/21308/42223\\_45980.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repository.agrosavia.co/bitstream/hand/20.500.12324/21308/42223_45980.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Van der Plank, J.E. (1963). *Plant diseases: epidemics and control*. Academic Press.