



CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE LULO (*Solanum quitoense* Lam.) EN EL MUNICIPIO DE PACHAVITA, BOYACÁ

Morphological Characterization of Lulo (*Solanum quitoense* Lam.) in the Municipality for Pachavita, Boyacá

Ana Cruz MORILLO CORONADO^{1*}, Andrea del Pilar RODRÍGUEZ FAGUA¹, Yacenia MORILLO CORONADO²

¹Facultad Ciencias Agropecuarias, Programa Ingeniería Agronómica, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Avenida Central Norte n°. 39-115, Tunja, Colombia.

²Facultad Ciencias Agropecuarias, Ingeniería Agronómica, Universidad de Caldas, Calle 65 n°. 26-10, Manizales, Colombia.

*For correspondence: ana.morillo@uptc.edu.co

Received: 28th October 2018, Returned for revision: 25th January 2019, Accepted: 13th February 2019.

Associate Editor: Xavier Marquínez.

Citation/Citar este artículo como: Morillo A, Rodríguez A, Morillo Y. Caracterización morfológica de lulo (*Solanum quitoense* Lam.) en el municipio de Pachavita, Boyacá. Acta biol. Colomb. 2019;24(2):291-298. DOI: <http://dx.doi.org/10.15446/abc.v24n2.75832>

RESUMEN

El lulo (*Solanum quitoense* L.) es considerado una frutal agroindustrial promisorio por su valor nutricional, sabor y apariencia. Contiene vitaminas A y C las cuales le confieren propiedades antioxidantes, diuréticas y regeneradoras de tejidos. Sin embargo, este fruto sufre problemas fitosanitarios que disminuyen la calidad y rendimiento debido a que no se ha explotado su máximo potencial genético por lo que es necesario la implementación de estrategias para analizar su diversidad genética, por tanto, el objetivo de esta investigación fue caracterizar la diversidad genética de los materiales de lulo procedentes del municipio de Pachavita, Boyacá, Colombia, mediante la utilización de los descriptores morfológicos. Se colectaron 21 materiales de lulo los cuales se caracterizaron morfológicamente utilizando cuatro descriptores cualitativos y 18 cuantitativos. El análisis de componentes principales (ACP) presentó una variación del 84 % dada por los primeros cinco valores propios que son mayores a uno, identificando la alta variabilidad de los materiales estudiados. El dendrograma generado por el ACP de los materiales colectados de lulo, muestra tres grupos, de acuerdo principalmente con las características del fruto. Las variables más representativas en la caracterización morfológica fueron eje ecuatorial del fruto (EJE), eje polar del fruto (EJP), grosor de la cascara (DEPI), peso de cinco frutos (PF), peso de 100 semillas (PCS), volumen de jugo de cinco frutos (VJF) y color de la pulpa (FcMeso), por su alta variabilidad, servirán de referencia para estudios a mayor profundidad en mejoramiento genético de lulo (*Solanum quitoense*).

Palabras clave: Descriptores agromorfológicos, diversidad, frutal andino.

ABSTRACT

Lulo (*Solanum quitoense* L.) is considered a promising underutilized fruit due to its nutritional value, taste, and appearance. It contains vitamins, such as A and C which give it antioxidant, diuretic and regenerative properties. However, this fruit suffers phytosanitary problems that diminish its quality and yield. The genetic potential of lulo has not been exploited. Thus, it is necessary to implement strategies to analyze its genetic diversity. Therefore, this research aimed to characterize the genetic diversity of lulo materials from the municipality of Pachavita-Boyacá, through morphological descriptors. Twenty-one lulo materials were collected, which were morphologically characterized using four qualitative and eighteen quantitative descriptors. The principal components analysis (PCA) showed a variation of 84 % supported by the first five eigenvalues that were ≥ 1 , thus, identifying the high variability of the studied materials. The PCA dendrogram of the materials collected from lulo, showed three groups, according to the characteristics of the fruit. The most relevant variables included the equatorial axis of the fruit (AXF), polar axis of the fruit (AXP), thickness of the peel (TP), weight of five fruits (WF), weight of 100 seeds (WS), volume of juice of five fruits (VJF) and color of the pulp (CP). The high variability found in this study is the basis for future breeding programs in lulo.

Keywords: Agromorphological descriptors, Andean fruit, diversity.

INTRODUCCIÓN

El lulo (*Solanum quitoense* Lam.) es una especie de la familia Solanaceae, originario de los Andes, cuyo centro de diversidad se ubica en Colombia, en donde se cultiva desde los 1300 a 2200 m.s.n.m, a una temperatura de 14 a 18 °C y con una precipitación entre los 1500 y 2000 mm y en Ecuador, siendo éstos los principales países productores; es un frutal promisorio debido a su sabor agridulce, aroma, color de la pulpa, contenido nutricional, propiedades antioxidantes, medicinales y agroindustriales que lo hace atractivo en el mercado nacional e internacional (Álvarez *et al.*, 2016; Ramírez *et al.*, 2018). En Colombia, existen dos tipos de variedades de lulo que se cultivan en el país: *S. quitoense* var. *quitoense*, que es dulce y sin espinas, y *S. quitoense* var. *Septentrionale*, que es ácida y con espinas, a la primera se recomienda sembrarla entre 1600 a 2000 m.s.n.m y la otra se desarrolla mejor entre 1900 y 2500 m.s.n.m. (Ochoa *et al.*, 2016).

La producción de lulo en el país en los últimos diez años se ha incrementado, pasando de un rendimiento de 8,89 Ton/ha a 9,63 Ton/ha (Agronet, 2018) siendo un renglón importante para los agricultores del municipio de Pachavita, por hacer parte de la economía familiar campesina y por su potencial agroindustrial, lo cual muestra la importancia económica que ha adquirido este frutal en el país (González *et al.*, 2014).

A pesar de que Colombia cuenta con las condiciones edafoclimáticas óptimas, clima frío moderado, terrenos pendientes y ondulados, con alta humedad y baja luminosidad, suelos preferiblemente francos, con buen contenido de materia orgánica que han permitido el buen desarrollo del cultivo (Casierra *et al.*, 2013) son escasos los trabajos de colecta, caracterización y bancos de germoplasma, que son necesarios para la obtención de nuevos materiales de siembra. De hecho, la mayor parte de la producción del país se realiza en un esquema carente de tecnología avanzada, y son cultivos de peñas áreas, por ejemplo, en Pachavita, Boyacá (Almanza *et al.*, 2016). Además, es una especie en proceso de domesticación ya que presenta características como: alogamia, adaptación ecológica estrecha, presencia de espinas, latencia, gran cantidad de semillas, antocianinas en diferentes órganos, frutos recubiertos por tricomas (Lobo, 2002). Por lo cual, requiere de bases genéticas caracterizadas y evaluadas que nos permitan entender la dinámica a la que están sujetos estos materiales en el ambiente y por parte del agricultor lo cual está influenciando los procesos de variabilidad genética y de productividad de la especie (Lobo *et al.*, 2007; Medina *et al.*, 2009; Fory *et al.*, 2010).

El potencial de utilización de los recursos fitogenéticos de una especie determinada depende del conocimiento que se tenga de él; en Colombia se han llevado a cabo, colectas de lulo y taxas relacionadas en los principales departamentos productores, parte de este material actualmente, se conserva en el Sistema de Bancos de Germoplasma de la Nación

Colombiana para la Alimentación y la Agricultura, a cargo de Corpoica (actualmente Agrosavia), el cual comprende 77 accesiones de *S. quitoense*, ocho de *S. hirtum*, 17 de *S. pseudolulo*, cinco de *S. vestissimum*, dos de *S. pectinatum*, dos de *S. sessiliflorum*, uno de *S. stramonifolium* y dos de *S. ferox*, todos ellos de la sección *Lasiocarpa* (Lobo, 2002; Lobo *et al.*, 2007; Medina *et al.*, 2009; Valencia *et al.*, 2010).

Para estimar la diversidad genética de las plantas de lulo, pueden ser utilizados métodos como los marcadores morfológicos, bioquímicos y moleculares. En una primera aproximación hacia el conocimiento de la diversidad genética del lulo colombiano y especies relacionadas, se han realizado estudios fisiológicos para evaluar su respuesta en diferentes ambientes (García *et al.*, 2002; Almanza *et al.*, 2016; Álvarez *et al.*, 2016; Cardona *et al.*, 2016) así como su resistencia a factores bióticos y abióticos (Polanco *et al.*, 2018). Se han realizado caracterizaciones morfológicas dando como resultado la existencia de polimorfismo tanto en caracteres cualitativos como cuantitativos y revelando propiedades sobresalientes a nivel del fruto (Fory *et al.*, 2010; Diggle y Miller, 2013; Messinger *et al.*, 2016; Ochoa *et al.*, 2016; Ramírez *et al.*, 2018).

Por otra parte, se han realizado estudios de caracterización de la diversidad genética en germoplasma colombiano usando diferentes técnicas moleculares, en los cuales se ha encontrado que existe una variabilidad genética importante y que debe ser conservada y usada en programas de mejoramiento que conduzcan a la identificación de material élite de lulo (Bedoya-Reina *et al.*, 2010; Enciso *et al.*, 2010; Fory *et al.*, 2010).

El avance en los programas de mejoramiento genético de frutales se hace más eficiente y se acortan los períodos para la obtención de nuevos y mejores materiales cuando se tiene una población básica bien caracterizada, por lo cual, el uso de descriptores morfológicos apropiados permitirá mejorar los procesos de selección y hacer un acercamiento al conocimiento de la base genética de las características de importancia agronómica. Dentro de este contexto, el presente trabajo de investigación tuvo como objetivo principal caracterizar morfológicamente los materiales de lulo (*S. quitoense*) en el municipio de Pachavita, departamento de Boyacá, con miras a contribuir al mejoramiento genético de esta especie dada su importancia económica en la zona de estudio.

MATERIALES Y MÉTODOS

Colecta y establecimiento en campo

Se colectaron 21 muestras de lulo tanto cultivado (*Solanum quitoense* var. *quitoense*) como silvestre, mediante recorridos planeados a las veredas Soaquira (a una altura de 1985 m.s.n.m, precipitación media anual de 864,3 mm, humedad relativa 75 %, con una temperatura promedio de 16 °C) y Sacaneca (a una altura de 2148 m.s.n.m,

precipitación media anual de 759,4 mm, humedad relativa del 60 % y con 17 °C de temperatura promedio), ubicadas en la provincia de Neira, en el municipio de Pachavita, departamento de Boyacá, Colombia. En esta región el relieve es inclinado y accidentado y los cultivos de lulo están ubicados en sotobosque, clima premontano bajo (Tabla 1).

Caracterización morfológica

Para la caracterización morfológica se utilizaron cuatro plantas de cada uno los materiales de lulo colectados y se evaluaron con los descriptores desarrollados por Lobo *et al.*, (2007). Para la evaluación de variables cualitativas como el color del episperma (FcEpi), color de la pulpa (FcMeso) y color de la semilla (Csem). Se utilizó un colorímetro digital marca Minolta, donde se determinaron los parámetros del sistema CIELab “L”, “a” y “b”, a cada fruto se le hicieron tres lecturas en el diámetro ecuatorial, donde L indica la luminosidad, tomando valores de 0 que es negro y 100 es blanco; para los valores de “a” donde menor a 0 es verde y mayor a 0 es rojo, para “b” los valores menores de 0 indican azul y mayores de 0, amarillo.

Para las variables cuantitativas como lo es la longitud del tallo (LT), la cual fue tomada desde la base hasta la primera rama verdadera; longitud de espinas del tallo (TET), longitud de las hojas (LH), longitud del peciolo (LP) y ancho de las hojas (AH), se tomaron en campo con una cinta métrica. De igual manera, se midió el número de lóbulos de las hojas (NLH), el número total de lóbulos por hoja y número de flores por planta (NFINF) de cada material. Para los análisis del fruto se tomaron cuatro por cada material en igual estado de desarrollo y se llevaron al Laboratorio de Fisiología Vegetal de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia en Tunja. En el laboratorio, se determinó el eje polar del fruto (EJE-vertical) y eje ecuatorial (EJE-horizontal) los cuales fueron medidos con un calibrador al igual que el grosor de la cascara (DEPI). También se midió la longitud del pedúnculo del fruto (LPF). Para la medición del peso de los frutos (PF) y de las semillas (PCS) se utilizó una balanza de precisión con una aproximación de 0,001 g calculando el peso de semillas por fruto (PSF). El pH se midió con un potenciómetro previamente calibrado con soluciones buffer de pH 7,0 y 4,0; los grados Brix (°Brix) con un refractómetro digital marca Hanna de rango 0 a 85 % con precisión 0,1 °Brix, el volumen de jugo de cinco frutos (VJF) y la acidez titulable (ATT) en la cual se utilizó la siguiente fórmula.

$$\%Acidez = ((A \times B \times C) / D) \times 100$$

En donde,

A = Volumen de NaOH gastado

B = Normalidad del NaOH (0,097)

C = peso equivalente expresado en g de ácido predominante en el fruto (ácido cítrico 0,064 g meq-1)

D = peso en gramos de la muestra utilizada (5 g)

C = peso equivalente expresado en g de ácido predominante en el fruto (ácido cítrico 0,064 g meq-1)

D = peso en gramos de la muestra utilizada (5 g)

Análisis de la información

Con los datos obtenidos de la caracterización morfológica se determinó la estadística descriptiva, un análisis multivariado usando el programa estadístico InfoStat (Statiscal Analysis System Ver 2015). Para el análisis de clasificación los descriptores multiestado, se codificaron en la escala presencia (1) o ausencia (0) (Crisci y López, 1983). El análisis de clasificación se realizó mediante la distancia Nei y Li, (1979) que genera un dendrograma que agrupa los individuos de acuerdo con las características evaluadas. Para la clasificación de los materiales en grupos se obtuvo el promedio de cada variable, la media para las variables continuas y la media para la discreta mediante el programa SAS versión 9.0. Para el análisis multivariado, las correlaciones parciales establecieron las variables relacionadas (valor cercano a “0” significa independencia de las variables); la probabilidad de correlación se calculó con la siguiente fórmula:

$$Tc = \frac{rij\sqrt{n-k}}{\sqrt{1-r^2ij}}$$

Donde Tc= T calculada (probabilidad)

n= Número de observaciones

k= Parámetros evaluados

rij= Valor de correlación de cada variable

Se omitieron las correlaciones parciales con coeficiente de variación menor al 15 %.

El análisis de componentes principales se realizó usando la matriz de correlaciones entre los caracteres. Los componentes principales se graficaron en un plano bidimensional, para agrupar las accesiones caracterizadas.

Tabla 1. Sitios de colecta de los materiales de lulo evaluados.

N°	Finca	Vereda	Ubicación (m.s.n.m)	Descripción
1	La playa	Soaquira	2234	Lulo criollo o nativo
2	Carrizal	Soaquira	2404	Lulo liso y espinoso
3	San Eduardo	Soaquira	2320	Lulo liso y espinoso
4	La estrella	Soaquira	2186	Lulo liso y espinoso
5	San Antonio	Sacaneca	2148	Lulo liso y espinoso

RESULTADOS

El análisis de componentes principales mostró que los tres primeros componentes explican más del 70 % de la variación fenotípica observada. En el componente principal 1 (CP1) las variables que más aportan a la variación observada son: el eje ecuatorial del fruto (EJE), peso del fruto (PF), volumen de jugo (VJF), eje polar del fruto (EJP) y longitud del tallo (LT). Para el CP2 fueron: color de la pulpa (FcMeso) y grosor de la cáscara (DEPI) y finalmente para el CP3 la longitud de espinas en el tallo (TET) (Tabla 2).

Se demuestra así, que estas características son las más discriminantes a la hora de evaluar morfológicamente fenotipos de lulo (*Solanum quitoense* Lam.) lo cual se puede corroborar en el gráfico Biplot para los componentes principales 1 y 2 que separaron a los individuos en cuatro grupos de acuerdo con las características relacionadas a cada uno de los componentes mencionados anteriormente (Figura 1).

En el dendrograma de la distribución de las variables morfoagronómicas (Figura 2), queda reflejada la conformación de las agrupaciones entre los diferentes individuos evaluados, así como la distancia entre ellos, el valor del coeficiente de correlación cofenético fue de 0,992, indicando que las variables son más correlacionadas debido a que están cerca a cero de lo contrario las variables lejanas a cero serán más débiles.

El dendrograma generado a partir de ACP (Figura 2) de las 16 introducciones de lulo, muestra tres grupos a una

distancia de 4,45. En el primer grupo se encuentran ocho fenotipos (1A1, 1A3, 1A2, 1A4 (Silvestre), 3C1 (Silvestre), 3C2, 3C3, 3C4), que corresponde al 50 % del total de las introducciones. El segundo grupo representado por cinco fenotipos (2B1, 2B3, 2B3, 2B2, 2B4 (Silvestre)) siendo 43,77 % de la colección. En el tercer grupo se encuentran cuatro fenotipos (4D1 (Silvestre), 4D2, 4D3, 4D4) que corresponde al 25 % de la población.

El Dendrograma muestra dos grandes conglomerados (A y B), lo que se explica por las diferencias y similitudes de los caracteres cualitativos y cuantitativos evaluados en cada grupo, presentando una agrupación en el conglomerado A de 25 % y B con el 75 % para el total de variedades caracterizadas.

DISCUSIÓN

La caracterización morfológica de los materiales de lulo usando los descriptores morfológicos propuestos por Lobo *et al.*, (2007), en sus diferentes análisis permitió observar que los caracteres cualitativos y/o cuantitativos relacionados con el fruto, seguido por las características de hoja, tallo y finalmente flores, fueron los más discriminantes. Estos resultados concuerdan con los reportados por Riascos *et al.*, (2012), quienes caracterizaron morfológicamente 39 genotipos de la colección de lulo (*S. quitoense*) de la Universidad de Nariño, procedentes de los departamentos de Cauca, Nariño, Valle del Cauca, Risaralda y Antioquia,

Tabla 2. Componentes principales obtenidos para cada una de las variables evaluadas.

VARIABLES	CP 1	CP2	CP3
Longitud del Tallo (LT)	0,88	0,31	0,25
Longitud espinas tallo (TET)	-0,24	0,22	0,70
Longitud de Hojas (LH)	0,39	0,36	-0,68
Ancho Hojas (AH)	0,11	0,51	-0,51
Longitud Pecíolo (LP)	0,68	-0,28	-0,29
N° Flores/Inflorescencia	-0,43	0,02	0,27
Eje Polar del fruto (EJP)	0,89	0,28	0,26
Eje ecuatorial del fruto (EJE)	0,96	0,17	0,18
Grosor de la cáscara (DEPI)	0,39	0,71	-0,30
pH	0,33	-0,78	-0,01
Sólidos Solubles (SS)	0,69	-0,35	-0,28
Longitud Pedúnculo Fruto (LPF)	0,41	0,64	0,53
Peso Fruto (PF)	0,95	-0,11	0,14
Peso 100 Semillas (PSF)	0,81	0,27	0,12
Peso Semillas/Fruto	0,32	0,65	-0,27
Volumen Jugo de 5 Frutos	0,95	0,06	-0,02
Acidez Titulable	0,61	-0,63	-0,23
Color del epispermo	-0,48	0,30	-0,38
Color de la pulpa	-0,48	0,80	0,04
Color de la semilla	0,58	-0,22	0,21

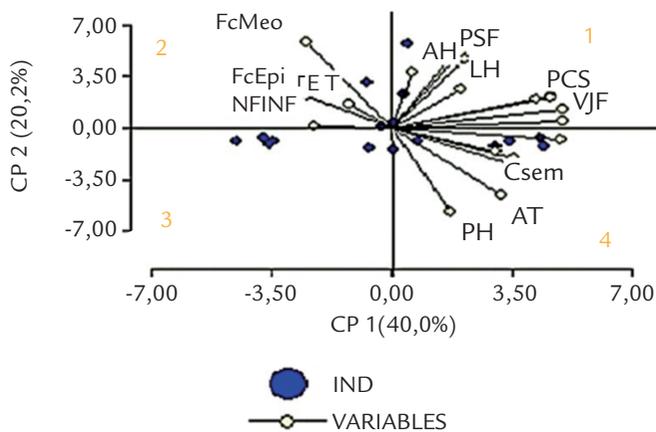


Figura 1. Distribución de las variables morfo-agronómicas analizadas de los materiales de lulo colectados en el municipio de Pachavita- Boyacá.

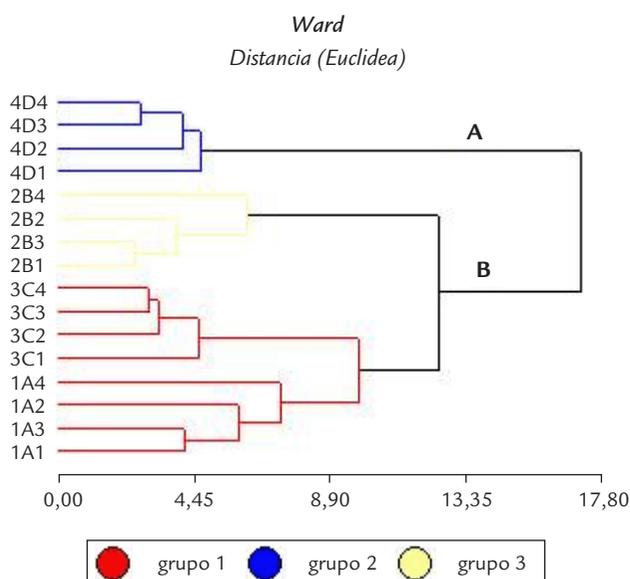


Figura 2. Dendrograma final del análisis de clasificación de 16 genotipos de *Solanum quitoense* lam., con relación en el análisis de componentes principales.

encontrando que las variables relacionadas con el fruto, espinas, tallo y flor son las que más aportan a la variación total. Además, los agrupamientos mostraron baja coincidencia a nivel de taxa, lo cual se puede atribuir a los patrones evolutivos que son diferentes para los dos tipos de atributos. Mientras los caracteres cuantitativos son afectados por el ambiente y de herencia poligénica los cualitativos no muestran interacción con el ambiente y son altamente heredables (Lobo *et al.*, 2007; Fory, *et al.*, 2010).

En el presente estudio, en el análisis de componentes principales se puede observar que los cinco primeros valores propios son mayores a uno, siendo de mayor importancia en el estudio, con una representación del 84 % de la variación total, coincidiendo con Riascos *et al.*, (2012) con 80,39 % de la variación total evaluándola en cinco componentes. Además, Lobo *et al.*, (2007) exhibieron valores del 79,2 %

de la variabilidad total cuantitativa y con contribución de un conjunto amplio de atributos registrados, a la diversidad de la colección de lulo. Para los caracteres cuantitativos hay una alta contribución por las variables relacionadas con fruto en gran medida a la variabilidad total. La presencia de alto número de flores por inflorescencia es un carácter dominante y por lo tanto, genotipos de este y otros grupos con alto número de flores, no son deseables, puesto que afecta la formación de frutos siendo la gran limitante del grupo uno en el dendrograma.

Las gráficas de dispersión construidas a partir de los componentes principales muestran las observaciones y las variables en el mismo gráfico, dando a conocer las relaciones conjuntas entre ellas. Los ángulos representados por los vectores nos indican la correlación entre las variables (Figura 1), ya que ángulos de 90° presentes entre dos variables indican que no están en correlacionadas, como se puede ver en Ancho de las hojas (AH), pH, Acidez titulable (AT), color de la pulpa (FcMeso) y, por tanto, son menos discriminatorias. Por otra parte, las variables cercanas a cero son representativas y están correlacionadas en una forma positiva como sucede con el volumen de jugo de cinco frutos (VJF), peso de cinco frutos (PF), numero de flores (NFINF), color de la epidermis (FcEpi), eje ecuatorial del fruto (EJE), longitud de espinas tallo (TET) y las que están relacionadas de manera negativa son NFINF y VJF debido a que están ubicados a una distancia de 180°.

De acuerdo con los CP1 y CP2 la dispersión de las 16 introducciones de lulo (*Solanum quitoense*) permitió la formación de cuatro grupos (Figura 1). El primer grupo (cuadrante 1), lo integran tres fenotipos (1A1, 1A3, 1A4) que representan el 25 % de la colección, caracterizados por presentar volumen del jugo (VJF), el peso de 100 semillas (PCS), la longitud de las hojas (LH), el peso de semillas/fruto (PSF) y el ancho de la hoja (AH), eje ecuatorial del fruto (EJE), longitud del tallo (LT), eje polar del fruto (EJP), grosor de la cascara (DEPI), longitud del pedúnculo del fruto (LPF). El segundo grupo (cuadrante 2) se encuentran dos fenotipos (1A2, 3C1) representando el 6,25 % de la población, que se caracterizan por el número de flores/inflorescencia (NFINF), el color de la epidermis (FcEpi), longitud de espinas del tallo (TET) y el color de la pulpa (FcMeso). En el tercer grupo (cuadrante 3) pertenecen cinco genotipos (2B1,2B2,2B3,2B4, 3C2) sin presencia de variables y en el cuarto grupo (cuadrante 4), se presentaron cinco genotipos (3C3,3C4,4D2,4D3,4D4) que corresponde al 25 % de la población, caracterizándose por el peso del fruto (PF), potencial de hidrogeno de la pulpa (pH), la acidez titulable (AT), el color de la semilla (Csem) y la concentración de solidos solubles (SS).

El mayor porcentaje de concentración de variables se encuentra en el cuadrante número 1 (grupo uno), debido a que se presenta mayor homogeneidad entre estas variables; seguido por el cuadrante cuatro y en menor proporción

el cuadrante número dos como resultado de la menor homogeneidad entre dichas variables. Según Almanza *et al.*, (2016), el peso, longitud, curvatura y pugnencia del fruto son caracteres ampliamente usados en el proceso de selección para el mejoramiento genético de especies debido a la variación que estos muestran.

Entre las características físico-químicas utilizados para la evaluación de la calidad del fruto, se estimó el contenido de sólidos solubles (SS), el cual tuvo un promedio de 13,6 °Brix con valores de pH que oscilaron entre 2,4 y 3,5 con un promedio general de 3,3, indicando así que los frutos colectados en la provincia de Neira, en su gran mayoría son agrídulces, lo cual es una característica deseable debido a esta tienen un mejor aceptación en el mercado (Riascos *et al.*, 2012; Almanza *et al.*, 2016; Ochoa *et al.*, 2016).

Los resultados encontrados en este estudio son congruentes con lo encontrado por Lobo *et al.*, (2007) en el cual evaluaron la variabilidad morfológica de la colección colombiana de lulo *Solanum quitoense* Lam especies relacionadas de la sección Lasiocarpa y entidades biológicas Solanaceae de otras secciones como grupo externo. Se encontró amplia variabilidad morfológica cualitativa y cuantitativa en las dos variedades botánicas del lulo y las otras entidades biológicas de Lasiocarpa. Los 58 atributos morfológicos cualitativos fueron polimórficos en este conjunto, con presencia de 73,9 % del total de estados incluidos en los descriptores y 4,2 morfoalelos por variable. Igualmente, a lo que se encontró en este estudio, el análisis de componentes principales de los caracteres cuantitativos reveló una alta contribución de las variables de fruto.

El Dendrograma muestra dos grandes conglomerados (A y B), lo que se explica por las diferencias y similitudes de los caracteres cualitativos y cuantitativos evaluados en cada grupo, presentando una agrupación en el conglomerado A por variables representativas de longitud del tallo (LT), grosor de la cascara (DEPI) con un 25 %, y en B por variables como acidez titulable (AT), sólidos solubles (SS), eje polar del fruto (EJP) con el 75 % para el total de variedades caracterizadas. Estudios realizados por Riascos *et al.*, (2012), encontraron resultados contrarios a lo reportado en este estudio, en el cual el germoplasma evaluado se caracterizó con el 45,45 % por presentar color de la pulpa (Fc- Meso) verde, siendo esta característica exclusiva del grupo con mayor homogeneidad.

El grupo que presento mayor uniformidad respecto a los demás es el número uno, con una distancia euclidiana de 9,4 cm presentando características semejantes en la variedad 1 y 3 (grupo 1), ya que tienen longitudes más largas en las hojas, mayor ancho de las hojas, mayor valor en el eje ecuatorial del fruto y mayor grosor de la cascara. El grupo dos presentó una distancia euclidiana de 11,02 cm, conformado por individuos los cuales presentaron los valores más bajos en las características evaluadas como longitud de tallo, longitud de peciolo, el eje polar del fruto,

longitud de pedúnculo del fruto, peso de frutos, menor peso de semillas, menor volumen del jugo y una proporción alta en el número de flores.

La variedad cuatro (grupo 3) con una distancia euclidiana de 17 cm se diferencia de las demás por tener altos valores en las variables como la longitud del tallo, longitud del peciolo, eje ecuatorial y polar del fruto, pH, °Brix, peso de cinco frutos, peso de 100 semillas, peso de semillas/fruto, volumen del jugo de cinco frutos, acidez titulable, tonalidad del color naranja en el epicarpio y tonalidad del color amarillo en las semillas. Estos promedios superiores en fruto son una característica favorable para la comercialización (Almanza *et al.*, 2016; Ochoa *et al.*, 2016). No obstante, esta variedad presenta el menor número de flores/inflorescencia. La presencia de alto número de flores por inflorescencia es un carácter dominante y por lo tanto, fenotipos de este y otros grupos con alto número de flores, no son deseables, puesto que afecta la formación de frutos (Almanza *et al.*, 2016; Ochoa *et al.*, 2016). Esta variedad puede ser una buena alternativa para la selección y mejoramiento de este cultivo, destinados a estudios de mejoramiento con características agronómicas y organolépticas como tamaño, peso, y sabor del fruto.

Se encontraron fenotipos con valores deseables para las características como la longitud del tallo, longitud del peciolo, eje ecuatorial y polar del fruto, pH, °Brix, peso de cinco frutos, peso de 100 semillas, peso de semillas/fruto, volumen del jugo de cinco frutos, acidez titulable, tonalidad del color naranja en el epicarpio y tonalidad del color amarillo en las semillas. Valores promedios superiores para las características del fruto son favorables para la comercialización, ya que uno de los principales problemas de los programas de mejoramiento de lulo en Colombia es el reducido tamaño y peso del fruto, por lo cual estos materiales pueden ser una buena alternativa para los procesos de selección encaminados hacia la obtención de materiales élite que suplan las necesidades del mercado (Fory *et al.*, 2010; Morillo *et al.*, 2017).

CONCLUSIONES

Se realizó la colecta de materiales de lulo (*Solanum quitoense*) tanto sembrado o cultivado y silvestre del municipio de Pachavita, Boyacá, Colombia, logrando el establecimiento de un banco de germoplasma con cuatro variedades de semillas de lulo diferentes en la finca de un agricultor para posteriores investigaciones.

Las variables más representativas en la caracterización morfológica fueron eje ecuatorial del fruto (EJE), eje polar del fruto (EJP), grosor de la cascara (DEPI), peso de cinco frutos (PF), peso de 100 semillas (PCS), volumen de jugo de cinco frutos (VJF) y color de la pulpa (FcMeso), por su alta variabilidad, servirán de referencia para estudios a mayor profundidad en mejoramiento genético de lulo (*Solanum quitoense*).

La presencia del alto número de flores por inflorescencia es un carácter dominante y, por lo tanto, genotipos de este y otros grupos con alto número de flores, no son deseables, puesto que afecta la formación de frutos siendo la gran limitante en el grupo uno. Siendo la variedad cuatro la mejor alternativa por sus características organolépticas, sabor y apariencia.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a los agricultores del municipio de Pachavita, a la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia por su apoyo financiero y logístico y a los grupos de investigación Competitividad, Innovación y Desarrollo Empresarial (CIDE), Grupo de Investigación y Proyección Producción Agropecuaria (GIPPA).

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses.

REFERENCIAS

- Almanza P, Velandia J, Tovar Y. Propiedades fisicoquímicas durante el crecimiento y desarrollo en dos variedades de frutos de lulo (*Solanum quitoense* Lam.). Rev. Col. Cienc. Hortíco. 2016;10(2):222-231. Doi: <http://dx.doi.org/10.17584/rcch.2016v10i2.5065>.
- Álvarez Sánchez D, Casanova Grijalba L, Córdoba Arciniégas K, Osorio Mora O. Evaluación de poscosecha y calidad fisicoquímica de genotipos de lulo (*Solanum quitoense* Lam.) tolerantes a *Meloidogyne* sp. Vitae.2016;23(Supl 1):785-789.
- Bedoya-Reina OC, Barrero LS. Preliminary assessment of COSII gene diversity in lulo and a relative species: initial identification of genes potentially associated with domestication. Gene. 2010;458(1-2):27-36. Doi: <http://10.1016/j.gene.2010.03.005>.
- Cardona W, Bautista L, Flórez N, Fischer G. Desarrollo de la biomasa y raíz en plantas de lulo (*Solanum quitoense* var. *Septentrionale*) en respuesta al sombrero y anegamiento. Rev. Colomb. Cienc. Hortíc. 2016;10(1):53-65. Doi: <http://dx.doi.org/10.17584/rcch.2016v10i1.5124>.
- Casierra F, Peña J, Peñalosa J, Poveda G. Influencia de la sombra y de las micorrizas sobre el crecimiento de plantas de lulo (*Solanum quitoense* Lam.). Rev. UDCA Act. Divul. Cient. 2013;16(1):61-70.
- Crisci JV, López M. Introducción a la teoría y práctica de la taxonomía numérica. Washington, D.C.: Secretaría de la Organización de Estados Americanos (OEA). 1983. p. 39-67.
- Diggle P, Miller J. Developmental plasticity, genetic assimilation, and the evolutionary diversification of sexual expression in *Solanum*. Am. J. Bot. 2013;100(6):1050-1060. Doi: <http://dx.doi.org/10.3732/ajb.1200647>.
- Enciso-Rodríguez F, Martínez R, Lobo M, Barrero LS. Genetic variation in the Solanaceae fruit bearing species lulo and tree tomato revealed by conserved ortholog (COSII) markers. Genet. Mol. Biol. 2010;33(2):271-278. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/s1415-47572010005000019>.
- Fory P, Sánchez I, Bohórquez A, Ramírez H, Medina C, Lobo M. Variabilidad genética de la colección colombiana de lulo (*Solanum quitoense* Lam.) y especies relacionadas de la sección *Lasiocarpa*. Rev. Facult. Nal. Agron. 2010;63(2):5465-5476.
- García P, García, R, Medina C, Lobo M. Variabilidad morfológica cualitativa en una colección de tomate de árbol *Cyphomandra* (*Solanum*) Butaca (*Betaceum*). IV Seminario Nacional de Frutales de Clima Frío Moderado. 2002. p. 49-54.
- González D, Ordoñez LE, Vanegas P, Vásquez H. Cambios en las propiedades fisicoquímicas de frutos de lulo (*Solanum quitoense* Lam.) cosechados en tres grados de madurez. Acta Agron. 2014;63(1):11-17. Doi: <http://dx.doi.org/10.15446/acag.v63n1.31717>.
- Lobo M. Papel de la variabilidad genética en el desarrollo de los frutales andinos como alternativa productiva, En: Memorias III Seminario de Frutales de Clima Frío Moderado. Manizales. 2002. p. 27-36.
- Lobo M, Medina C, Delgado O, Bermeo A. Variabilidad morfológica de la colección colombiana de lulo (*Solanum quitoense* Lam.) y especies seleccionadas de la sección *Lasiocarpa*. Rev. Fac. Nal. Agr. 2007;60(2):3939-3964.
- Medina C, Lobo M, Martínez E. Revisión del estado del conocimiento sobre la función productiva del lulo (*Solanum quitoense* Lam.) en Colombia. Corpoica Cienc. Y Tecnol. Agropecu. 2009;10(2):167-179. Doi: https://doi.org/10.21930/rcta.vol10_num2_art:139
- Messinger J, Martini MMF, Rossi G, Samuels J, Lauerer M. Successful pollination of the Neotropical crop *Solanum quitoense* by *Bombus terrestris*: Behaviour, efficiency and yield. J. Appl. Entomol. 2016;140(1-2):124-134. Doi: <http://dx.doi.org/10.1111/jen.12237>.
- Morillo A, Tovar Y, Morillo Y. Characterization of lulo (*Solanum quitoense* Lam.) genetic diversity in the department of Boyacá, Colombia. Acta. Agron. 2017;66(3):430-435. Doi: <https://doi.org/10.15446/acag.v66n3.58997>.
- Nei M, Li WH. Mathematical model for studying genetic variation in terms of restriction endonuclease. Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 1979;76(10):5269-5273.
- Ochoa-Vargas LM, Balaguera-López HE, Ardila-Roa G, Pinzón-Sandoval EH, Álvarez-Herrera JG. Crecimiento y desarrollo del fruto de lulo (*Solanum quitoense* Lam.) en el municipio de San Antonio del Tequendama (Colombia). Corpoica Cienc. y Tecnol. Agropecu. 2016;17(3):347-359. Doi: http://dx.doi.org/10.21930/rcta.vol17_num3_art:512
- Polanco-Puerta MF, Gómez-Posada S, Padilla-Osorio JC. Evaluación de la resistencia de un híbrido F₁ de *Solanum quitoense* Lam. a *Neoleucinodes elegantalis* (Guenée) y *Meloidogyne incognita*. Corpora. Colomb. Investg. Agrop. 2018;19(2):367-382. Doi: http://dx.doi.org/10.21930/rcta.vol19_num2_art:520.

Ramírez F, Kallarackal J, Davenport T. Lulo (*Solanum quitoense* Lam.) reproductive physiology: A review. *Scient. Horticul.* 2018;238(19):163-176. Doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2018.04.046>.

Riascos M, Santacruz A, Lagos T, Checa O. Caracterización Morfológica de 39 genotipos de la colección de lulo (*Solanum quitoense* Lam.) de la Universidad de Nariño. *Rev. Cien Agri.* 2012;29(1):57-69.

Valencia R, Lobo M, Ligarreto G. Estado del arte de los recursos genéticos vegetales en Colombia: Sistema de Bancos de Germoplasma. *Corpoica Cienc. Y Tecnol. Agropecu.* 2010;11(1):85-94. Doi: https://doi.org/10.21930/rcta.vol11_num1_art:198