

**CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE 39 GENOTIPOS DE
LA COLECCIÓN DE LULO (*Solanum quitoense* Lam.)
DE LA UNIVERSIDAD DE NARIÑO**

**MORPHOLOGICAL CHARACTERIZATION OF 39 LULO
(*Solanum quitoense* Lam.) GENOTYPES PROCEEDING FROM
THE NARIÑO'S UNIVERSITY COLLECTION**

Marcela Riascos¹, Adriana Santacruz², Tulio Lagos B.³, Oscar Checa C.⁴

Fecha de recepción: Septiembre 20 de 2011

Fecha de aceptación: Enero 12 de 2012

RESUMEN

Se caracterizaron morfológicamente 39 genotipos de la colección de Lulo (*Solanum quitoense* Lam.) de la Universidad de Nariño en el municipio de Buesaco (Nariño) a 1.959 msnm, provenientes de los departamentos de Cauca, Nariño, Valle del Cauca, Risaralda y Antioquía. El Análisis de Componentes Principales indicó que los cinco primeros factores explican el 80,39% de la variación total evaluada y la Clasificación Jerárquica agrupada por cinco clases, reveló una alta contribución de las variables relacionadas con fruto. El Análisis de Correspondencia Múltiple indicó que los primeros cinco factores explican el 51,27% de la variabilidad total. Las características que más aportaron a la explicación fueron color morado de pecíolo, pubescencia del tallo tipo aterciopelada, color verde de pubescencia del tallo, pubescencia en hojas de color morado, presencia de espinas en el tallo y hojas. En el análisis de clasificación para atributos cualitativos se determinaron cuatro grupos en los que la variabilidad se concentró en mayor proporción en los descriptores relacionados con fruto y espinas. Se logró caracterizar morfológicamente 39 introducciones de lulo en función

¹ Ingeniera Agrónoma, Candidata a Maestría en Ciencias Agrarias. Universidad de Nariño.

² Ingeniera Agrónoma. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño

³ Profesor Asociado. I.A. Ph.D Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño. tclagos@udenar.edu.com

⁴ Profesor Asociado. I.A. Ph.D. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño. ocheca@udenar.edu.co

a 18 variables cuantitativas y 18 variables cualitativas evaluadas. Los conocimientos aportados por este trabajo sirven para futuros trabajos de mejoramiento del Lulo en características agronómicas y propiedades organolépticas.

Palabras clave: variabilidad, introducciones, *Solanum quitoense*, lulo, fitomejoramiento, caracteres cuantitativos y cualitativos

ABSTRACT

The 39 genotypes of the lulo collection were characterized morphologically (*Solanum quitoense* Lam.) at Buesaco (Nariño Department) at 1.959 meters above sea level. The samples came from the departments of Cauca, Nariño, Valle del Cauca, Risaralda and Antioquia. The analysis of Principal Components indicated that the first five factors explained 80,39% of the total variation evaluated, and the hierarchical classification grouped in five classes, revealed a high contribution of the variables related to the fruit. The analysis of the Multiple Correspondence indicated that the first five factors explained 51,27% of the total variation. The characteristics that most contributed were the purple petiole color, the color green of pubescence of stem, the velvety pubescence of the stem, the purple pubescence of the leaf, the presence of spines on the stem and leaves. In the classification analysis for qualitative attributes four groups were identified in which the variability was concentrated in higher proportions in the descriptors related to fruit and thorns. The 39 introductions of lulo were morphologically characterized according to the 18 quantitative variables and the 18 qualitative variables evaluated. The results and the knowledge obtained from this research have paramount importance for improving the fruit (Lulo) in terms of agronomic and organoleptic properties.

Keywords: variability, introductions, *Solanum quitoense*, breeding, quantitative and qualitative characters.

INTRODUCCIÓN

Por mucho tiempo el lulo, *Solanum quitoense* Lam ha sido una fruta popular en Colombia y Ecuador. Este fruto tiene origen andino y su centro primario de diversidad y variabilidad genética está ubicado en Colombia, Ecuador y Perú. Además, se cultiva en Guatemala, Panamá, Costa Rica y África. Esta especie ha tomado importancia como un cultivo potencial y promisorio debido a su valor nutritivo y a sus propiedades organolépticas que lo hacen apetecible en los mercados nacionales e internacionales. El país

cuenta con ofertas ambientales óptimas para su cultivo, pero aún no se ha hecho uso de su variabilidad genética que es deseable no solo para mejoramiento o conservación de especies, sino que también es fundamental para los procesos evolutivos naturales que permiten la existencia de la eficacia biológica de las especies ante los nuevos cambios ambientales (Fory, 2005).

La mayoría de agricultores siembran el genotipo Castilla, produciendo un rendimiento de 6.8 t.ha⁻¹. Con limitaciones en la producción debido a problemas, abióticos causados principalmente

por *Fusarium oxysporum*, *Meloidogyne incognita* y *Neoleucionodes elegantalis*. El desconocimiento de los recursos genéticos hace que actualmente no haya soluciones efectivas a los problemas mencionados (Cárdenas, 2009), por eso, es necesario buscar estrategias de producción que logren el nivel de calidad y consistencia del producto que demanda la industria, siendo necesario avanzar con las investigaciones que evalúen diferentes genotipos en la región para determinar su producción y su rendimiento.

Los trabajos de fitomejoramiento en lulo son escasos; hasta ahora se ha avanzado en la realización de cruzamientos interespecíficos cuyo objetivo es incrementar la base genética y la resistencia a *Meloidogyne incognita*. (Segovia, 2002) En Colombia, trabajos de retrocruzas entre *S.quitoense* x *S.hirtum* dieron origen a la variedad La Selva con resistencia a la raza 2 del nematodo *M. incognita*. que afecta las raíces formando obstrucción vascular y se asocia con patógenos como *Fusarium sp.* (Gómez, 2001).

El estudio de la diversidad genética se apoya en la caracterización por medio de descriptores morfológicos, isoenzimáticos o marcadores moleculares. Los marcadores morfológicos son de fácil acceso y su información es indispensable para los trabajos de mejoramiento. La caracterización morfológica pretende mostrar atributos que diferencien o relacionen las plantas estudiadas y se basa en variables cualitativas y cuantitativas de alta heredabilidad (Checa *et al.*, 2011).

En Corpoica La Selva, se realizaron estudios sobre la variabilidad morfológica de 116 introducciones de la colección de lulo y especies de la sección Lasiocarpa, encontrándose una alta variabilidad en los atributos cualitativos y cuan-

titativos. Posteriormente, se efectuaron trabajos de caracterización molecular de 159 introducciones, que se agruparon en 11 clusters mostrando unos índices de similaridad mayor al 75% y superior al 84% para las especies silvestres y las cultivadas, respectivamente (Fory, 2005; Lobo *et al.*, 2007). En 2009 fueron evaluados 11 híbridos interespecíficos pertenecientes al programa de mejoramiento de frutales andinos de Colombia usando marcadores moleculares COSII observando similitud genética entre las accesiones y alta diferenciación genética entre subpoblaciones (Cárdenas, 2009).

En Colombia, el banco de germoplasma del Estado, custodiado por Corpoica, en Rionegro Antioquia) conserva una colección de lulo y especies relacionadas de la sección Lasiocarpa, con 159 introducciones. En el Valle del Cauca (Darién), Carmona (2003), de la Universidad Nacional Sede Palmira, realizó una colección de 12 especies del género *Solanum* relacionadas con el lulo.

En el año 2007, el grupo de Producción en Frutales Andinos (GPFA) de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Nariño recibió del Centro Internacional de Agricultura Internacional (CIAT) una colección de 53 genotipos provenientes de una colecta realizada en los Departamentos de Valle del Cauca, Nariño, Huila, Cauca, Risaralda y Antioquia (Lagos, 2010, com. pers). Esta colección es uno de los resultados del proyecto "Lulo con valor agregado: alternativas para el pequeño productor", liderado por el CIAT. Se considera necesario iniciar los estudios de caracterización de esta colección para conocer su diversidad genética, generando de esta forma, la información básica necesaria para la implementación de un programa de mejoramiento genético, que contribuya a la obtención

de soluciones sostenibles de los problemas de bajos niveles tecnológicos en la producción, comunes en el cultivo de lulo, tales como la falta de homogeneidad en características organolépticas en los materiales que se usan en la industria de bebidas y mermeladas, transformación genética que permita acortar el ciclo vegetativo para obtener plantas productivas en menor tiempo y tolerantes a plagas y enfermedades, todo esto se puede lograr a través del fitomejoramiento (Bucheli, 2002). Por lo tanto, el objetivo del trabajo fue caracterizar morfológicamente 39 genotipos de lulo (*Solanum quitoense* Lam.) de la colección de la Universidad de Nariño en el municipio de Buesaco, contribuyendo al conocimiento de la diversidad genética de esta especie.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización. Este trabajo se llevó a cabo en el municipio de Buesaco, Departamento de Nariño, vereda Veracruz, finca la Brigada ubicado a una altura de 1.800 msnm, 1°28'LN y 77°2'LO con una temperatura promedio de 18°C y una precipitación promedio anual de 1400 mm (IGAC, 2011).

Material genético. Los 39 genotipos caracterizados se describen en la Tab.1. Los genotipos del 1 al 30 son parte de la colección donada por el CIAT al grupo GPFA en noviembre del año de 2007. Estas introducciones se colectaron en la zona cafetera y de clima medio de Antioquía, Risaralda, Cauca y Valle del Cauca. Las introducciones pertenecen a

Tabla 1. Denominación y origen de las 39 introducciones de *S. quitoense* L. pertenecientes a la colección de la Universidad de Nariño

No.	Introducción	Origen	No.	Introducción	Origen
1	JS-E1	D(VC)	21	AG-E1	SRC(R)
2	OR-E1	SRC(R)	22	JS-E2	D(VC)
3	YD-S1	Tu(VC)	23	SGR-7	D(VC)
4	FG-E1	D(VC)	24	PH-E1	P(C)
5	DP-E1	P(C)	25	120044	RN(Ant)CORPOICA
6	VM-E1	P(C)	26	PL-11	RN(Ant)CORPOICA
7	PH-S1	P(C)	27	PL-19	RN(Ant)CORPOICA
8	SS-E1	T(VC)	28	PL-24	RN(Ant)CORPOICA
9	AG-E2	SRC(R)	29	PL-35	RN(Ant)CORPOICA
10	OJV-E1	T(VC)	30	PL-8	RN(Ant)CORPOICA
11	OR-E2	SRC(R)	31	LA SELVA	RN(Ant)CORPOICA
12	ER-10	Da(VC)	32	Sibundoy	UDENAR
13	SEC-31	Da(VC)	33	03 Castilla	UDENAR
14	SER-9	Da(VC)	34	Valle	UDENAR
15	VME-E2	P(C)	35	LS-Matituy	UDENAR
16	EC-28	Da(VC)	36	04 Castilla	UDENAR
17	SEC-27	Da(VC)	37	05 Castilla	UDENAR
18	JY-E1	T(VC)	38	La Unión (N)	UDENAR
19	SER-15	Da(VC)	39	Valle 2	UDENAR
20	YD-E2	T(VC)			

Darién -Valle del Cauca D(VC), Santa Rosa de Cabal – Risaralda SRC(R), Rionegro – Antioquia RN(Ant), Tuluá - Valle del Cauca Tu(VC), Pescador – Cauca Tierradentro – Cauca T(VC), Dapa - Valle del Cauca Da(VC).

la colección de trabajo del programa de mejoramiento genético de lulo del GPFA.

Descriptores morfológicos. La información se registró en cuatro plantas de cada introducción. Las variables utilizadas se seleccionaron desde un listado de descriptores desarrollados por investigadores de la Universidad Nacional de Colombia y CORPOICA-La Selva (Lobo *et al.*, 2007). Los datos cuantitativos fueron el promedio de los datos tomados en cuatro plantas evaluadas y los datos cualitativos corresponden a la moda calculada a partir de los valores de dichas plantas.

Variables cuantitativas: longitud del tallo (LT), longitud espinas del tallo (TET), longitud hojas (LH), ancho hojas (AH), número lóbulos hoja (NLH), longitud pecíolo (LP), número de flores / inflorescencia (NFINF), eje polar del fruto (EJP), eje ecuatorial del fruto (EJE), grosor de la cascara (DEPI), pH pulpa (PH), grados brix ($^{\circ}\text{Bx}$), longitud del pedúnculo fruto (LPF), peso de cinco frutos (PF), peso de 100 semillas (PCS), peso semillas/ fruto (PSF), contenido de jugo de cinco frutos (VJF).

Variables cualitativas: porte de la planta (PP), pubescencia del tallo (PT), color de pubescencia del tallo (CPT), presencia de espinas en el tallo (EP), forma de espinas del tallo (FET), densidad de espinas en el tallo (DET), color de espinas en el tallo (CET), presencia de espinas en las hojas (EH), forma de espinas en las hojas (FEH), densidad de espinas en el haz (DeHaz), color pubescencias de las hojas (CPH), tipo de margen foliar (MFH), forma de la base de la hoja (FBH), forma del ápice (FAH), color del pecíolo (Cpe), color del epicarpio baya (FcEpi), color de la pulpa (FcMeso), color de semillas (Csem).

Análisis Estadístico. El análisis de los datos se hizo mediante la utilización del software Spad

3,5 (CISIA-CERESTA, 1998). Para la información de los descriptores cuantitativos se trabajó con el Análisis de Componentes Principales (ACP) con el fin de reducir el volumen de variables que discriminan los genotipos (Pla, 1986). Las variables cualitativas se interpretaron mediante el Análisis de Correspondencia Múltiple (ACM). Esta herramienta estadística permite analizar una matriz de individuos por variables que son categorizadas y reducidas a un pequeño número de nuevas variables o factores que sintetizan la información original (Morineau y Aluja, 1994).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de componentes principales (ACP). De las 18 variables cuantitativas registradas se seleccionaron 10 para el ACP, descartándose las ocho restantes por su bajo coeficiente de variación (<20). La variable peso de cinco frutos (PCF) tampoco fue considerada por presentar una alta correlación de Pearson ($r>0,70$) con el peso de fruto (PF). Los caracteres analizados fueron: longitud del tallo (LT), longitud espinas de tallo (TET), número de flores / inflorescencia (NFINF), grosor de la cáscara del fruto (DEPI), pH de la pulpa del fruto (PH), longitud del pedúnculo del fruto (LPF), peso de frutos (PF), peso de 100 semillas (PCS), peso de semillas/ fruto (PSF) y contenido de jugo de cinco frutos (VJF). Las variables descartadas del análisis fueron: longitud de hojas (LH), ancho de hojas (AH), número lóbulos de la hoja (NLH), longitud del fruto (EJP), diámetro del fruto (EJE), grados Brix ($^{\circ}\text{Bx}$), peso de cinco frutos (PF) y longitud del pecíolo (LP). El coeficiente de variabilidad de los 10 atributos cuantitativos seleccionados osciló entre 24,87% para el NFINF y 84,01% para la LPF. Se conoce que el proceso de domesticación puede originar uniformidad genética (Lobo, 2006), esto justificaría la escasa variación o la uniformidad

de la información para algunas variables cuantitativas, estrechando su rango y reduciendo su contribución dentro de la variabilidad genética de la colección estudiada.

Según el ACP, el 80,39% de la variación total evaluada está explicada en cinco factores (componentes). El primer componente explicó el 23,34% de la variabilidad total. Este componente estuvo formado principalmente por las variables TET, NFINF y LPF, con valores de correlación variable-factor (r_{v-f}) que osciló entre -0,81 y 0,62. El segundo componente explicó el 21,08% de la variabilidad total observada. Fue conformado básicamente por PF ($r_{v-f}=0,89$), PCS ($r_{v-f}=0,62$), PSF ($r_{v-f}=0,69$) y VJF ($r_{v-f}=0,54$). Las variables que más aportaron al tercer componente, que explicó el 13,88% de la variabilidad total, fueron la LT ($r_{v-f}=0,60$), DEPI ($r_{v-f}=0,69$) y PH ($r_{v-f}=0,59$). El cuarto componente explica el 13,04% de la variabilidad total. Las variables que aportaron fueron: LT ($r_{v-f}=0,55$), el PCS ($r_{v-f}=0,65$) y PSF ($r_{v-f}=0,58$) a mayor contribución al quinto componente fue realizado por las variables LT ($r_{v-f}=0,37$), DEPI ($r_{v-f}=0,51$) y VJF ($r_{v-f}=0,45$) (Tab. 2 y 3).

Tabla 2. Valores propios estimados de la matriz de correlación y varianza explicada por cada uno de los componentes principales, resultante del ACP realizado para las características cuantitativas

Nº de componente	Valor propio	Porcentaje Contribución	Porcentaje acumulado
1	2,34	23,34	23,34
2	2,11	21,08	44,42
3	1,39	13,88	58,30
4	1,30	13,04	71,35
5	0,90	9,05	80,39

El ACP reportó que la variabilidad está concentrada, principalmente en las características relacionadas con el fruto (PF, PCS, PSF, PH, DEPI y VJF), seguidas por las del tallo (LT y TET) y la inflorescencia (NFINF). Lo anterior, concuerda con lo mencionado por Lobo *et al.* (2007), en la caracterización morfológica de la colección colombiana de lulo y especies relacionadas. Este autor determinó que para los caracteres cuantitativos hay una alta contribución de las características del fruto a la variabilidad total. La variable PH aportó a la formación del tercer componente,

Tabla 3. Vectores asociados a los cuatro primeros componentes principales y a la matriz de correlación entre el factor componente principal y 10 variables cuantitativas de la colección de lulo de la Universidad de Nariño

IDENTIFICACIÓN	COMPONENTES				
	1	2	3	4	5
Longitud del tallo (LT)	0,28	0,13	0,60	-0,55	-0,37
Longitud de espinas tallo (TET)	-0,81	-0,19	0,04	-0,12	0,23
Número de flores/ inflorescencia (NFINF)	0,65	-0,15	0,23	-0,07	0,08
Grosor de la cascara (DEPI)	-0,24	-0,14	0,69	0,29	0,51
pH pulpa (PH)	-0,54	-0,06	0,59	0,34	-0,40
Longitud del pedúnculo (LPF)	0,62	-0,26	0,32	0,08	-0,07
Peso de frutos (PF)	-0,26	0,89	0,15	0,05	-0,05
Peso de 100 semillas (PCS)	-0,25	0,62	0,06	-0,65	0,15
Peso semillas/fruto (PSF)	-0,14	0,69	0,11	-0,58	0,23
Volumen de jugo de cinco frutos (VJF)	0,55	0,54	0,14	0,13	0,45

no obstante tuvo un rango de variación limitado puesto que sus valores oscilaron entre 2,6 y 3,6 con un promedio general de 3,16. Indicando que los frutos de la colección en su gran mayoría son agrídulces, ya que el sabor de la pulpa puede tener esta característica porque presenta valores de pH cercanos a 3 o dulce cuando los mismos están próximos a 6 (Marín y Hernández, 1988). Los genotipos de frutos ácidos son los más deseables debido a que tienen mejor aceptación en el mercado (García, 1967).

Análisis de clasificación de variables cuantitativas. El dendrograma del Análisis de Clasificación generado a partir del ACP, permitió establecer cinco grupos (Fig. 1). En el primer grupo se encuentran 11 genotipos. Estas son La Selva, Matituy, AG-E1, PL-35, PL-11, 03-Castilla Matituy, JY-E1, OJV-E1, FG-E1, OR-E2, PL-19 y 04-Castilla Matituy, que corresponden al 28,21% de la población estudiada. Este grupo se destaca por tener un promedio superior en peso de semillas/fruto (0,4 mg) en comparación con el promedio general de 0,2 mg. La accesión más representativa para esta variable fue PL-19 (0,7 mg). Otra variable que aportó a la conformación del grupo fue la longitud de espinas en el tallo con 4,7 mm comparado con el promedio general de menor valor (2,6 mm). Dentro de este ítem las accesiones FG-E1, PL-35 y AG-E1 mostraron mayor longitud de espinas en el tallo 8 mm y 6 mm. Otras variables que contribuyeron fueron peso de fruto con un promedio de 40,1 g que no superó al promedio general de 49 g y contenido de jugo inferior al general de 46,9 mL (promedio general 74,5 mL).

El segundo grupo estuvo representado por un solo genotipo ER-10, (2,56% de la colección). Este presentó una longitud de espinas en el tallo (TET) de 6,0 mm y un grosor de cáscara de 3 mm

superior al promedio general. La característica que situó al genotipo ER-10 alejado de las demás grupos fue el pH de la pulpa (pH=8,8), muy superior al promedio general (3,5).

El tercer grupo fue el más numeroso con 18 genotipos, que componen el 46,15% de la población caracterizada. Está conformado por YD-S1, Sibundoy, JS-E1, PH-E1, DP-E1, VM-E1, Valle, JS-E2, AG-E2, OR-E1, SS-E1, PH-51, VM-E2, YD-E2, EC-28, 120044, Unión y Valle 2. Se destacó por presentar un peso de fruto (65 g) superior en comparación con el promedio general (49 g) y dentro de él, los genotipos sobresalientes para este carácter fueron: JS-E1, YD.E2 y Valle presentan de 83,3, 82,7 y 93,2 g, respectivamente. Esta característica favorece la comercialización de frutos (García *et al.*, 2007). De igual forma, la variable peso de 100 semillas (1,9 mg) supera al promedio general de 1,7 mg, destacándose PH-E1 (0,27 mg), SS-E1 (0,24 mg), YD-S1 (0,21 mg) y Valle 2 (0,21 mg), peso de semillas/fruto también contribuyó a la conformación del grupo, aunque en menor proporción. La variable que agrupó a estos genotipos fue el peso de fruto, mayor al promedio general, esta variable fue exclusiva del grupo. Estos promedios superiores en fruto son una característica favorable para la comercialización (García *et al.*, 2007). Uno de los grandes inconvenientes en los programas de fitomejoramiento de lulo en el país es el reducido tamaño y peso del fruto. Los genotipos del tercer grupo pueden ser una buena alternativa en procesos de selección y mejoramiento en general, destinados a obtener cultivares mejorados con atributos agronómicos y organolépticos, como por ejemplo, frutos de mayor peso y mejor sabor.

El cuarto grupo (17,94%) fue conformado por ocho individuos SGR-7, PL-24, PL-8, SER-15, 05 Castilla, Matituy, SER-9 y SEC-31. Los

descriptores que más aportaron en su formación fueron número de flores/inflorescencia (16,14) superando al promedio general (13,38). La variable longitud de espinas aportó en menor porcentaje con 0,3 mm con mayor valor al promedio general (0,26 mm).

Finalmente, el quinto grupo con dos genotipos SEC-27 y la Selva que contribuyó con un 5,13%. Se caracterizó por presentar una longitud de pedúnculo de fruto (4,2 cm) superior al promedio general (2,5 cm).

Las variables significativas que definieron a los grupos fueron: semillas/fruto (grupo 1), pH de pulpa (grupo 2), peso de fruto (grupo 3), número de flores/inflorescencia (grupo 4) y longitud de pedúnculo (grupo 5). Estas variables permiten la agrupación de algunos individuos y el conjunto de ellas permite ver las diferencias de los individuos de un grupo con los de otro. Sin embargo, la variabilidad se expresa en pocos caracteres, lo que puede representar una limitante en el proceso de mejoramiento sobre otras características.

El cuarto grupo (17,94%) fue conformado por ocho individuos SGR-7, PL-24, PL-8, SER-15, 05 Castilla, Matituy, SER-9 y SEC-31. Los descriptores que más aportaron en su formación fueron número de flores/inflorescencia (16,14) superando al promedio general (13,38). La variable longitud de espinas aportó en menor porcentaje con 0.3 mm con mayor valor al promedio general (0,26 mm).

Finalmente, el quinto grupo con dos genotipos SEC-27 y la Selva que contribuyó con un 5,13%. Se caracterizó por presentar una longitud de pedúnculo de fruto (4,2 cm) superior al promedio general (2,5 cm).

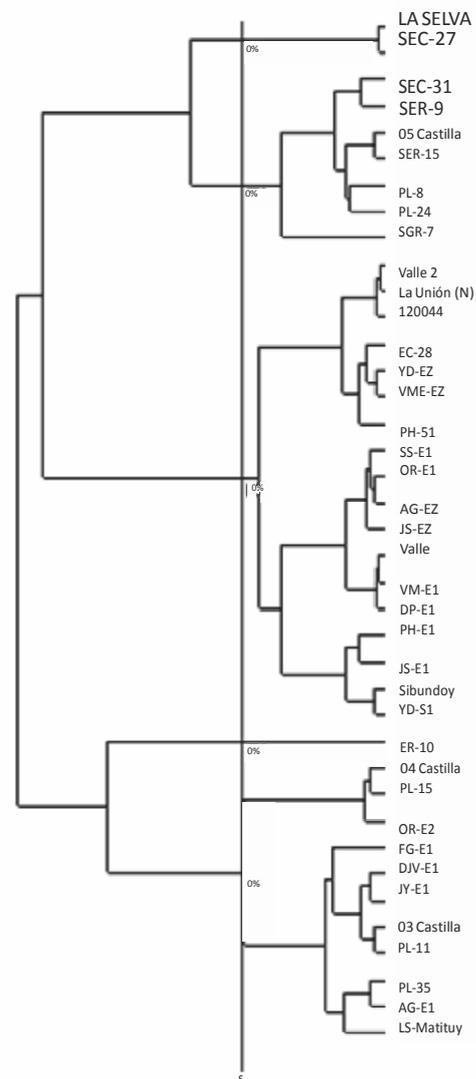


Figura 1. Dendrograma del Análisis de Clasificación jerárquica de 39 introducciones de *S. quitoense* L. con base en el ACP.

Las variables significativas que definieron a los grupos fueron: semillas/fruto (grupo 1), pH de pulpa (grupo 2), peso de fruto (grupo 3), número de flores/inflorescencia (grupo 4) y longitud de pedúnculo (grupo 5). Estas variables permiten la agrupación de algunos individuos y el conjunto de ellas permite ver las diferencias de los individuos de un grupo con los de otro. Sin embargo, la variabilidad se expresa en pocos caracteres, lo que puede representar una limitante en el proceso de mejoramiento sobre otras características.

Análisis de correspondencia múltiple (ACM).

Se descartaron aquellas variables cuya expresión era similar en todos los genotipos, tales como color de corola y color de flor (en todas las plantas estas fueron morado y blanco, respectivamente). Según el ACM, el 51,27% de la variabilidad total está explicada en cinco factores. El primer factor explica el 20,74% de la variabilidad total, mientras que el segundo, tercero, cuarto y quinto, contribuyen con el 10,33, 7,62, 7,09 y 5,49%, en su orden (Tab. 4).

Tabla 4. Valores propios de la matriz de correlación y su contribución a la varianza explicada, resultante del ACM realizado, con base en 18 variables cualitativas

Nº	Valor propio	Varianza contribución	Varianza Acumulado
1	0,4955	20,74	20,74
2	0,2467	10,33	31,07
3	0,1819	7,62	38,69
4	0,1694	7,09	45,78
5	0,1311	5,49	51,27

Para las variables que contribuyeron en la formación de primer grupo fueron presencia de espinas en el tallo (10,6%), forma espinas del tallo (9,3%), densidad de espinas en el tallo (10,6%), color de espinas en el tallo (10,7%), espinas en hojas (10,6%) y densidad de espinas en la haz (10,6%). El factor dos estuvo definido principalmente por color de pubescencia en las hojas (12,9%), color pulpa (17,9%) y color semilla (16,7%).

El tercer factor estuvo representado por porte de planta (11,3%), pubescencia del tallo (9,7%), color pubescencia tallo (10,4%), forma espinas del tallo (9,7%), densidad de espinas en el tallo (14,3%) y color pulpa (10,6%). En el cuarto factor aportaron las variables porte de planta (14,2), forma espinas del tallo (=13), Las variables que explicaron

la variabilidad el quinto factor porte de planta (11,2%), forma espinas en el tallo (13%), color epicarpio baya (18,3%) y color pulpa (12,5%) contribuyeron a la variabilidad (Tab. 5).

Análisis de clasificación para las variables cualitativas.

De acuerdo con el Análisis de Clasificación Jerárquica, las 39 introducciones de lulo se clasificaron en cuatro grupos a una distancia de 4 (Fig. 2). El primer grupo lo conforman LS-Matituy, PH-E1, ER-10, 03 Castilla, Matituy, EC-28, VM-E2, Valle2, VM-E1, FG-E1, AG-E2 y Valle que representan el 28,21% de la colección. El 45,45% de estos se caracteriza por presentar Fc-Meso verde, siendo esta característica exclusiva del grupo. Además, el 66,67% de las introducciones mostraron FcEpi anaranjado. El CET café fue observado en el 50% de las accesiones; de igual forma se presentó DeHaz con baja densidad en el 50% de los integrantes del grupo.

El segundo grupo integrado por los genotipos JS-E1, 120044, 04-Castilla, LA-Matituy, SS-E1, YD-E2, Unión, OR-E1, JY-E1, DP-E1, OR-E2, AG-E1, OJV-E1 y JS-E2 representa el 33,33% de la población estudiada. Todos los genotipos (100%) que conforman este grupo presentaron espinas en las hojas y tallos (EH y EP); y FBH profundamente acorazonada. El 84,62% de los individuos del grupo registraron MFH doble aserrado y el 69,23% tuvieron espinas agudas en el tallo (EP) y FEH agudas. La presencia de espinas en todos los individuos de este grupo, puede ser un indicativo de su domesticación incompleta (Lobo, 1991), lo que se debería a que la especie aun se encuentra en un proceso de selección y mejoramiento. La presencia de espinas corresponde a una característica heredada de los parentales silvestres. Segovia (2002) expresa al respecto, que las características indeseables heredadas de los parentales es una consecuencia del cruce sexual.

Tabla 5. Contribución acumulada de las variables cualitativas evaluadas en la colección de lulo a la conformación de los primeros 5 ejes factoriales, según el ACM

Variables	1	2	3	4	5
Porte de planta (PP)	0,3	0,8	11,3	14,2	11,2
Pubescencia del tallo (PT)	1,1	2,0	9,7	4,7	2,2
Color pubescencia tallo (CPT)	1,3	5,1	10,4	2,4	5,3
Espinas en el tallo (EP)	10,6	0,3	0,2	0,0	0,6
Forma espinas del tallo (FET)	9,3	6,1	9,7	13,0	9,9
Densidad de espinas en el tallo (DET)	10,6	0,3	14,3	1,8	1,4
Color de espinas en el tallo (CET)	10,7	9,9	6,4	1,1	4,1
Espinas en hojas (EH)	10,6	0,3	0,2	0,0	0,6
Forma de espinas en las hojas (FEH)	8,4	9,0	8,0	15,5	2,3
Densidad de espinas en el haz (DeHaz)	10,6	0,4	4,5	5,5	3,2
Color pubescencia en las hojas (CPH)	1,4	12,9	2,2	1,7	7,3
Tipo de margen foliar (MFH)	5,9	2,5	1,7	0,5	3,8
Forma base foliar (FBH)	4,7	3,1	0,7	2,9	1,9
Forma ápice de la hoja (FAH)	4,1	3,0	3,5	6,3	0,9
Color peciolo (Cpe)	0,4	2,5	0,1	1,4	5,6
Color epicarpio baya (FcEpi)	2,5	7,5	4,5	12,1	18,3
Color pulpa (FcMeso)	5,5	17,9	10,6	9,2	12,5
Color semilla (Csem)	1,8	16,7	2,0	7,8	8,8

El tercer grupo conformado por cuatro genotipos (correspondientes al 10,26%) y que se identificaron como PL-11, PL-8, PL-35 y PL-19. Los integrantes del grupo se caracterizan por presentar FcMeso verde anaranjado, Csem amarillo, y CPH verde. Por otra parte, tres de los cuatro integrantes del grupo (PL-8, PL-35 y PL-19) mostraron CET café claro.

Finalmente el grupo cuatro constituido por los genotipos SER-15, SGR-7, PL-24, YD-S1, Sibunday, LS Matituy, SEC-27, PH-51, 05 Castilla, Ma-

tituy, SER-9 y SEC-31 que representan el 28,21% del total analizado. Todos mostraron ausencia de espinas en el tallo y hojas (EP y EH). El 81,82% de los genotipos del grupo exhibieron una (FAH) y el 72,73% FBH acorazonada. Es posible que la ausencia de espinas en los genotipos de este cuarto grupo se deba a que algunos proceden de *S. quitoense* var. *quitoenese* o son el resultado de un mejor proceso de selección. Cabe resaltar que La Selva es una variedad sin espinas obtenida de la selección de retrocruzas entre *S. quitoense* x *S. hirtum* (Segovia, 2002).

Las introducciones de la colección de trabajo de la Universidad de Nariño: Sibundoy, 03 Castilla, Valle, LS-Matituy, 04 Castilla, 05 Castilla, La Unión y Valle 2 se encuentran dispersas en el dendrograma del Análisis de clasificación tanto para las variables cuantitativas como para las cualitativas. La distribución de estos materiales en el departamento de Nariño puede ser un indicativo de que la variabilidad genética y origen del lulo se encuentra en la zona Andina de Colombia, Ecuador y Perú, concordando con lo descrito por Patiño (2002) en el libro "Historia y dispersión de los frutales nativos del neotrópico" donde narra la variabilidad de especies del lulo encontradas en los siglos XVII y XVIII.

Los agrupamientos conformados por las variables cuantitativas y cualitativas señalaron una baja coincidencia a nivel de taxa, esto se puede atribuir a que los patrones evolutivos son diferentes para los dos tipos de atributos. Algunas variables cuantitativas pueden ser afectadas en algún grado por el ambiente mientras que la mayoría de las variables cualitativas no muestran efecto de interacción con el ambiente, que los convierte en altamente heredables Lobo *et al.*, (2007). Lo anterior, puede afectar de alguna manera la constitución de los grupos y explicar parcialmente las diferencias observadas entre las introducciones que los conforman. Por otra parte, no todos los caracteres son objeto de selección antrópica y es posible que el número de rasgos cualitativos y cuantitativos seleccionados por el hombre no sea proporcionalmente igual, lo que causa diferencias en la conformación de los grupos y consecuentemente reduce las coincidencias de los dos dendrograma.

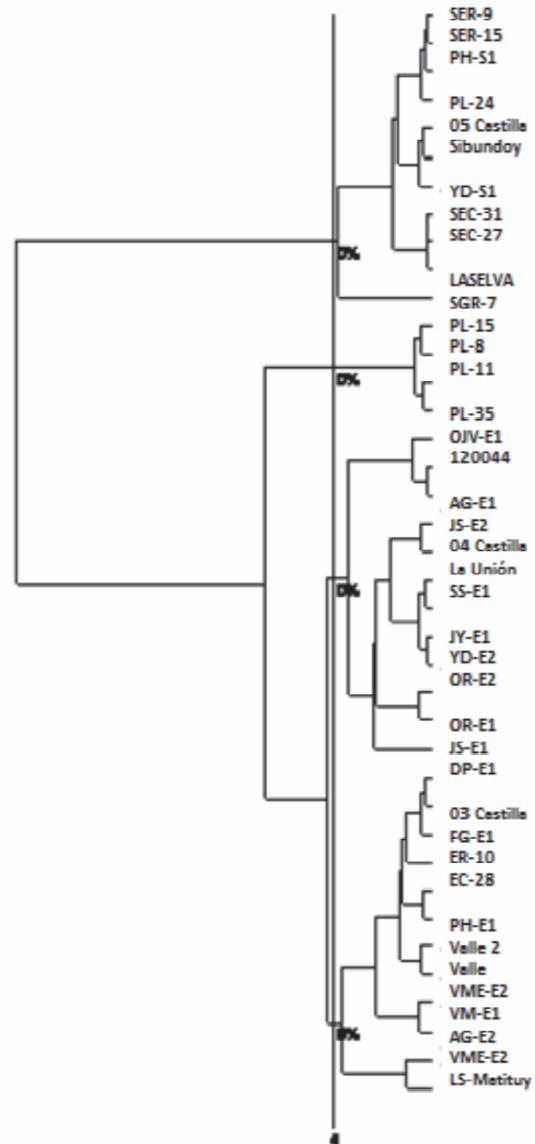


Figura 2. Dendrogramas del Análisis de Clasificación jerárquica de 39 introducciones de *S. quitoense* L, con base en el ACM.

CONCLUSIONES

Se podrán usar las introducciones JS-E1 YD-E2 que sobresalieron por el peso de sus frutos, para ser utilizados para el mejoramiento de cultivares de lulo promisorios que necesiten esta característica.

Las variables longitud de espinas en el tallo, número de flores/inflorescencia y longitud del pedúnculo del fruto, fueron las que más aportaron a la variabilidad total.

Las variables relacionadas con fruto contribuyeron en gran medida a la variabilidad total. Lo mismo sucedió con las características relacionadas con espinas.

En la caracterización de las variables cualitativas se encontraron dos grupos uno con espinas y otro sin espinas.

BIBLIOGRAFÍA

- BUHELL, V. 2002. Optimización de la regeneración de lulo (*Solanum quitoense*) orientada a la transformación genética de plantas. Tesis de maestría. Universidad Internacional de Andalucía. Huelva, España. 74p.
- CÁRDENAS, Z. 2009. Identificación de híbridos de lulo (*Solanum quitoense* Lam.) y tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav.) mediante el uso marcadores CosII. Tesis de Maestría. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá. 101p
- CARMONA, R. 2003. El cultivo del Lulo (*Solanum quitoense* Lam), En: Memorias Curso de Actualización Manejo del Cultivo de Lulo. Chía. 28 de Noviembre. 65p.
- CISIA-CERESTA. 1998. SPAD. 3.5 integrado versión PC, Centre International de Statistique et d'Informatique Appliquées, Francia.
- CHECA, O; ROSERO, E y ERASO, I. 2011. Colección y Caracterización Morfoagronómica del Subgénero Tacsonia en la Zona Andina del Departamento de Nariño, Colombia. Revista Facultad Nacional de Agronomía. Medellín. 64(1):5893- 5907.
- FORY, S. P. 2005. Caracterización y análisis molecular de la diversidad genética de la colección colombiana de lulo (*Solanum quitoense* Lam.) y seis especies relacionadas de la sección Lasiocarpa. Tesis Maestría. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Colombia, Palmira. 89p.
- GARCIA, J; CHAMORRO, L; FLORIANO, J; VERA, L Y SEGURA, D. 2007. Enfermedades y plagas del cultivo de lulo (*Solanum quitoense*) en el departamento del Huila. Boletín técnico. Naitaima. 18p.
- GARCÍA, R. F. 1967. El cultivo del lulo en la zona cafetera colombiana. Federación Nacional de Cafeteros. Revista cafetera de Colombia. 3(2) 17p.
- GOMEZ, L. 2001. Enfermedades del cultivo de lulo en el Tolima y el Huila. Guía de reconocimiento y control. Corpoica, 26p
- INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI. 2011. Estudio general de suelos y zonificación de tierras. [CD - ROM]. IGAC.
- LOBO, M. 1991. Perspectivas de la siembra del lulo o naranjilla (*Solanum quitoense* Lam.). Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Colombia, Palmira. Bol. Téc. 2(2):125-130.
- LOBO, M. 2006. Recursos genéticos y mejoramiento de frutales andinos, una visión conceptual. Revista Corpoica - Ciencia y Tecnología Agropecuaria 7(2):40-45.

LOBO, A.M; MEDINA, C.I; DELGADO, P.A Y BERMEO, G.A, 2007. Variabilidad morfológica de la colección colombiana de lulo (*Solanum quitoense* Lam.) y especies relacionadas de la sección *Lasiocarpa*. Revista de la Facultad Nacional de Agronomía, Medellín. 60(2) 39393-3964 p.

MORINEAU, A y AJULA, T. 1994. Análisis de correspondencias. Folleto Simposio de Estadística sobre Análisis Multivariado. Bogotá. 67p.

MARIN, P y HÉRNANDEZ, M.1988. Colección, descripción preliminar y montaje de un banco de germoplasma de materiales de lulo (*Solanum quitoense*, Lam.) y especies relacionadas. Tesis de grado. Facultad Nacional de Agronomía. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. Colombia

PATIÑO, V.M. 2002. Historia y dispersión de los frutales nativos del neotrópico. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Palmira, Colombia. 655p.

PLA, L.E. 1986. Análisis multivariado: método de componentes principales, OEA, Washington. 97p.

SEGOVIA, B.V. 2002. Optimización de la regeneración de lulo (*Solanum quitoense*) orientada a la transformación genética de la planta. Tesis de Maestría, Universidad Internacional de Andalucía, España y CIAT. 74p.

