

**EVALUACIÓN POSTCOSECHA Y DE CALIDAD FÍSICOQUÍMICA DE
DIECISÉIS (16) GENOTIPOS DE LULO (*Solanum quitoense* Lam.)
TOLERANTES AL NUDO RADICAL CAUSADO POR *Meloidogyne* spp.**

**LUCIA DE LOS ANGELES CASANOVA GRIJALBA
KARLA ELIANA CORDOBA ARCINIEGAS**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL
PROGRAMA DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL
SAN JUAN DE PASTO
2013**

**EVALUACIÓN POSTCOSECHA Y DE CALIDAD FÍSICOQUÍMICA DE
DIECISÉIS (16) GENOTIPOS DE LULO (*Solanum quitoense* Lam.)
TOLERANTES AL NUDO RADICAL CAUSADO POR *Meloidogyne* spp.**

**LUCIA DE LOS ANGELES CASANOVA GRIJALBA
KARLA ELIANA CORDOBA ARCINIEGAS**

**Tesis de grado presentado como requisito para optar al título de
Ingeniero Agroindustrial.**

**DIRECTOR:
OSWALDO OSORIO MORA I.AI. PhD.**

**COORDIRECTOR:
DAVID E. ALVAREZ SANCHEZ I.A.**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL
PROGRAMA DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL
SAN JUAN DE PASTO
2013**

NOTAS DE RESPONSABILIDAD

Las Ideas y Conclusiones aportadas en el siguiente trabajo son responsabilidad exclusiva del autor,

Artículo 1 del acuerdo No. 324 de Octubre 11 de 1966 emanado del Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

Notas de Aceptación

Firma del Director
OSWALDO OSORIO MORA

Firma del Jurado
ZULLY XIMENA SUAREZ

Firma del Jurado
DIEGO MEJIA ESPAÑA

San Juan de Pasto, 6 de Noviembre de 2013.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por darnos la vida y permitir que se cumpla una más de nuestras metas.

A nuestras familias por ser el apoyo incondicional por el amor y el cariño que siempre nos brindan.

PhD. Oswaldo Osorio Mora e Ing. David Álvarez por su asesoría y colaboración en todos los procesos desarrollados durante la investigación.

Ing. Zully Suárez y MSc. Diego Mejía, por brindarnos su apoyo y compartir sus conocimientos.

MSc. Claudia Salazar por su colaboración en el suministro de la materia prima.

Ing. Laura Latorre y Olmer Ruano, por su contribución en el desarrollo ensayos prácticos.

Ing. Willian Diaz, por su colaboración en el desarrollo del proceso de evaluación sensorial.

Ing. Renato Pantoja e Ing. Hugo Gomajoa, por facilitar las instalaciones de la planta piloto de la Facultad de Ingeniería Agroindustrial para el desarrollo de la investigación.

Grupos de Investigación TEA y GRISAV, por la financiación del proyecto.

A nuestros amigos y personas que contribuyeron en el desarrollo de esta investigación.

DEDICATORIA

A Dios por darme la oportunidad de existir y por permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida.

A mis Padres Pedro Pablo y Lucía Matilde, que hicieron todo en la vida para que yo pudiera lograr uno de mis sueños, por motivarme y darme la mano cuando sentía que el camino se terminaba, a ustedes por siempre mi corazón y mi agradecimiento.

A mis hermanas Yuly Natali y Laura que con sus incondicionales abrazos me motivan y recuerdan que detrás de cada detalle existe el suficiente alivio para empezar nuevas búsquedas.

A mi sobrina Juliana Sofía quien ha sido y es una de mis motivaciones, inspiración y felicidad.

A mis amigos Tania, Carlos Andrés, Susana y Katherine por su ánimo y alegría a lo largo de toda esta etapa, juntos aprendimos que nuestras diferencias se convierten en riqueza cuando existe comprensión, respeto y verdadera amistad.

A cada una de las personas que han aportado en mí, experiencias maravillosas en toda mi formación profesional.

Lucía de los Ángeles.

"Detrás de cada logro hay otro desafío."

DEDICATORIA

Dedico este logro a Dios, Por haberme dado la vida y permitirme alcanzar esta meta de gran importancia en mi formación profesional.

A mi Madre, por ser fundamental en mi vida, por su esfuerzo y por apoyarme para salir adelante y sobre todo por su amor.

A mi Padre por brindarme su apoyo incondicional. A mi Hermana por ser siempre mi compañía y confidente.

A mi Abuelita por cuidarme y estar siempre para mí. A la persona que ilumino mi corazón con su amor y su apoyo en todo momento, Gracias a ellos y a las demás personas que aportan a mi existencia, por ser la fuerza diaria que me impulsa a ser mejor persona y destacarme en todo lo que hago y poder cumplir mis metas.

Karla Eliana Córdoba

RESUMEN

El lulo es una fruta de gran potencial económico debido a su amplia aceptación en mercados nacionales e internacionales como producto en fresco y procesado, por su valor nutritivo y múltiples usos en la agroindustria. No obstante el cultivo del lulo presenta serios problemas fitosanitarios en etapas de producción que afectan su rendimiento, es el caso del nemátodo *Meloidogyne* spp., el cual causa la enfermedad del “nudo radical” como principal limitante, incrementando las pérdidas que se estiman en un 50% (MADR, 2008). Por esta razón el Grupo de Investigación en Sanidad Vegetal (GRISAV) de la Universidad de Nariño realizó una búsqueda y evaluación de recursos genéticos de lulo con el fin de identificar algunos genotipos con variados niveles de resistencia o tolerancia al nudo radical, destacándolos como posibles potencialidades, que no solo sean tolerantes a la enfermedad sino que también sean adecuados para su comercialización e industrialización (Gelpud, 2011); siguiendo con la problemática que envuelve a este frutal se destaca también las pérdidas postcosecha, presencia de trazas de agroquímicos, falta de variedades resistentes y uso de tecnologías que mejoren la eficiencia en la conservación, ya que genera dificultades reflejadas en posibles cambios físicos, químicos, sensoriales y nutricionales en los genotipos de lulo, que no permite el desarrollo del sector frutícola a nivel industrial ocasionando reducción en la productividad (Corporación Colombiana Internacional, 2007), teniendo en cuenta lo anterior se planteó como principal objetivo evaluar las características postcosecha y calidad fisicoquímica de 16 genotipos de lulo (*Solanum quitoense* Lam.) tolerantes al nudo radical causado por *Meloidogyne* spp.

Para el cumplimiento del objetivo planteado se realizó inicialmente la caracterización general de los frutos: forma, diámetro y color con los programas Tomato Analyzer© y Photoshop CS5©, posteriormente se evaluaron los parámetros fisicoquímicos: pH, Brix, Acidez, Índice de Madurez y textura utilizando la metodología descrita en la Norma Técnica Colombiana 5093, en el caso de la respiración se realizó con un sensor de CO₂ según lo descrito por Cortés (2011), los datos fueron analizados mediante el Software estadístico InfoStat® versión 2012, se realizó un análisis de varianza (ANOVA), encontrando diferencias significativas entre ellas, por lo que se aplicó el test de Tukey ($\alpha=0,05$); después se efectuó la evaluación sensorial por agrupación clúster de tipo jerárquico con variables escaladas y con una distancia Euclidea² para más adelante aplicar las pruebas de satisfacción y aceptación, evaluadas mediante la metodología citada por Anzaldúa (1994), y por último una prueba de comparación múltiple, todo esto con un panel de jueces no entrenados, destacando así los tres mejores genotipos y además se realizó un análisis bromatológico para cada uno siguiendo los procedimientos estándar descritos por la Asociación de Químicos Analíticos Oficiales.

Los resultados obtenidos, en cuanto a las características fisicoquímicas, fisiológicas y el análisis sensorial realizado destaca los siguientes genotipos: **SQLF04** con un peso ($59,86 \pm 3,68$ g), diámetro de ($4,76 \pm 0,27$ cm), Índice de color (7,22 correspondiente a Anaranjado Intenso), pH ($2,65 \pm 0,04$), °Brix ($8,50 \pm 0,33$), acidez ($2,97 \pm 0,15$), Índice de madurez ($2,88 \pm 0,17$), textura ($3,46 \pm 0,30$ kgf/cm²), porcentaje de pulpa ($57,93 \pm 4,67\%$) e índice de respiración de ($73,257$ mg CO₂/Kg.h) además con una aceptación a nivel sensorial de 15 jueces, categorizándolo como similar al lulo castilla de 55%; el genotipo **SQBR05** con un peso ($51,91 \pm 4,7$ g), diámetro de ($4,6 \pm 0,12$ cm), Índice de color 5,10 (Anaranjado), pH ($3,12 \pm 0,04$), °Brix ($9,20 \pm 0,33$), acidez ($4,60 \pm 0,15$), Índice de madurez ($2,02 \pm 0,17$), textura ($4,28 \pm 0,41$ kgf/cm²), porcentaje de pulpa ($53,25 \pm 6,21\%$) y un índice de respiración de ($59,276$ mg CO₂/Kg.h) además con una aceptación de 10 Jueces y con una similitud sensorial con el lulo castilla de 30%; por último el genotipo **SQSY07** con un peso ($53,65 \pm 7,02$ g), diámetro de ($4,78 \pm 0,23$ cm), Índice de color 6,59 (Anaranjado), pH ($2,92 \pm 0,04$), °Brix ($7,72 \pm 0,33$), acidez ($3,04 \pm 0,15$), Índice de madurez ($2,58 \pm 0,17$), textura ($4,1 \pm 0,44$ kgf/cm²), porcentaje de pulpa ($54,35 \pm 10,18\%$) y un índice de respiración de ($77,867$ mg CO₂/Kg.h) además con una aceptación a nivel sensorial de 16 Jueces y una similitud con el lulo castilla de 15%. Los parámetros bromatológicos evaluados no presentaron diferencias entre los datos teóricos reportados.

Según lo anterior y teniendo en cuenta que el proceso investigativo agroindustrial del lulo es mínimo y en la mayoría de los casos apoya aspectos y problemas agronómicos puntuales, se destaca al genotipo SQLF04 ya que además de poseer las características óptimas, Gelpud (2011) lo describe como moderadamente resistente a la enfermedad del nudo radical, y puede incursionar en el mercado al presentar similitud con el lulo Castilla el cual tiene mayor aceptabilidad y producción en el departamento de Nariño.

ABSTRACT

The pineapple is a fruit of great economic potential due to its wide acceptance in national and international markets for fresh and processed products, for its nutritional value and multiple uses in agribusiness. However pineapple cultivation has serious phytosanitary problems in production stages that affect their performance, is the case of the nematode *Meloidogyne* spp., which causes the disease "radical knot" as the main limiting, increasing the losses are estimated at 50% (MARD, 2008). For this reason the Research Group in Plant Protection (GRISAV) Nariño University conducted a search and evaluation of pineapple genetic resources in order to identify some genotypes with varying levels of resistance or tolerance to root knot, highlighting them as possible potentials, that are not only tolerant to the disease but are also suitable for commercialization and industrialization (Gelpud, 2011), continuing with the problems surrounding this fruit is also stressed postharvest losses, traces of chemicals, lack of varieties resistant and use technology to improve conservation efficiency, generating potential difficulties reflected in physical, chemical, sensory and nutritional pineapple genotypes, which does not allow the development of industry-wide fruit sector resulting in low productivity (Colombian Corporation International, 2007), taking into account the above was raised as the main objective of evaluating the quality and postharvest physicochemical characteristics of 16 genotypes of lulo (*Solanum quitoense* Lam.) radical tolerant knot caused by *Meloidogyne* spp.

To fulfill the objective set was initially the general characterization of the fruit: shape, diameter and color with Tomato Analyzer software © and Photoshop CS5 © subsequently physicochemical parameters were evaluated: pH, Brix, acidity, maturity index and texture using the methodology described in the 5093 Colombian Technical Standard, in the case of respiration was performed with a CO₂ sensor as described by Cortes (2011), data were analyzed using InfoStat ® Software version 2012, we conducted an analysis of variance (ANOVA), finding significant differences between them, so we applied the Tukey test ($\alpha = 0.05$), then the sensory evaluation was performed by hierarchical cluster grouping with scaled variables and Euclidean distance to apply later satisfaction and acceptance tests, evaluated by the method mentioned by Anzaldúa (1994), and finally a multiple comparison test, all with a panel of untrained judges, highlighting the top three genotypes and also underwent chemical composition analysis for each following standard procedures described by the Association of Official Analytical Chemists.

The results, in terms of the physicochemical, physiological and sensory analysis carried out the following genotypes: weighing SQLF04 (59.86 ± 3.68 g), diameter (4.76 ± 0.27 cm) Color index (corresponding to Orange Intense 7.22), pH (2.65 ± 0.04), ° Brix (8.50 ± 0.33), acidity (2.97 ± 0.15), maturity index (2.88 ± 0.17), texture (3.46 ± 0.30 kgf/cm²), percentage of pulp (57.93 ± 4.67 %) and breathing rate (73.257 mg CO₂/Kg.h) also has a sensory acceptance level 15

judges , categorizing it as similar to pineapple castilla of 55 % , the weighing SQBR05 genotype (51.91 ± 4.7 g) , diameter (4.6 ± 0.12 cm) 5.10 Color Index (Orange) , pH (3.12 ± 0.04) , ° Brix (9.20 ± 0.33) , acidity (4.60 ± 0.15) , maturity index (2.02 ± 0.17) , texture (4.28 ± 0.41 kgf/cm²) , percentage of pulp ($53.25 \pm 6.21\%$) and breathing rate (59.276 mg CO₂/Kg.h) also has an acceptance of 10 Judges and sensory similarity with castile lulo 30 % and finally the weighing SQSY07 genotype (53.65 ± 7.02 g) , diameter (4.78 ± 0.23 cm) , Color Index 6.59 (Orange) , pH (2.92 ± 0.04) , ° Brix (7.72 ± 0.33) , acidity (3.04 ± 0.15) , maturity index (2.58 ± 0.17) , texture (4.1 ± 0.44 kgf/cm²) , percentage of pulp ($54.35 \pm 10.18\%$) and breathing rate (77.867 mg CO₂/kg . h) also has a sensory acceptance level of 16 Judges and a similarity with castile lulo 15 % . Bromatológicos parameters evaluated did not differ between the theoretical data reported .

According to the above and taking into account that the pineapple agribusiness research process is minimal and in most cases supports specific aspects and agronomic problems , highlights SQLF04 genotype as well as possessing the optimal characteristics , Gelpud (2011) describes moderately resistant to root knot disease , and can enter the market at present Castilla similarity with pineapple which has greater acceptability and production in the department of Nariño .

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION	20
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	22
2. JUSTIFICACION	24
3. OBJETIVOS	26
3.1 OBJETIVO GENERAL	26
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	26
4. MARCO TEORICO	27
4.1 FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	27
4.2 MORFOLOGÍA DEL LULO (<i>Solanum quitoense</i> Lam).....	29
4.3 DESCRIPCIÓN DEL NEMÁTODO DEL NUDO RADICAL DEL LULO MELOIDOGYNE SPP.	31
4.3.1 Ciclo de vida.....	31
4.3.2 Sintomatología de <i>Meloidogyne</i> spp.	31
4.4 MANEJO POSTCOSECHA DEL LULO	32
4.5 ANÁLISIS SENSORIAL DE ALIMENTOS.....	35
4.6 ANÁLISIS BROMATOLÓGICOS.....	35
5. METODOLOGÍA	37
5.1 MATERIAL VEGETAL.....	37
5.1.1 Lavado y desinfección.....	39
5.1.2 Selección y Clasificación.....	40
5.1.3 Caracterización general	41
5.2 EVALUACIÓN DE CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS.....	42
5.2.1 Extracción de la pulpa.....	42
5.2.2 Variación de Sólidos Solubles Totales (SST).....	42
5.2.3 Potencial de Hidrogeno (pH).....	43
5.2.4 Acidez Total Titulable.....	44
5.2.5 Resistencia a penetración	45

5.2.6	Índice de madurez.....	45
5.2.7	Índice de color.....	45
5.3	FISIOLOGÍA DEL LULO	46
5.3.1	Índice de Respiración.....	46
5.4	ANÁLISIS SENSORIAL	48
5.4.1	Prueba preferencia.....	48
5.4.2	Prueba de medición del grado de satisfacción.....	48
5.4.3	Prueba comparación múltiple.....	49
5.5	ANÁLISIS BROMATOLÓGICOS.....	52
5.6	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	53
6.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	54
6.1	EVALUACIÓN DE ESTADO FISIOLÓGICO DEL FRUTO.....	54
6.2	CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE 16 GENOTIPOS DE LULO (Solanum quítese Lam.), EN ESTADO DE MADUREZ 5.	55
6.3	ANÁLISIS DE PARÁMETROS FÍSICOS Y COMPOSICIÓN DEL FRUTO.....	56
6.4	DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS: PH, ACIDEZ TITULABLE, SÓLIDOS SOLUBLES TOTALES E ÍNDICE DE MADUREZ, PARA ESTADO DE MADUREZ 5.	61
6.4.1	Potencial de Hidrogeno (pH):.....	61
6.4.2	Solidos solubles totales (SST) o grados Brix (°Brix):	63
6.4.3	Acidez titulable:.....	66
6.4.4	Índice de Madurez:.....	68
6.5	DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE POST-COSECHA: ÍNDICE DE RESPIRACIÓN.	71
6.6	EVALUACIÓN ORGANOLÉPTICA DE 16 GENOTIPOS DE LULO	72
6.6.1	Prueba de preferencia.....	74
6.6.2	Prueba de comparación múltiple.....	77
6.7	ANÁLISIS BROMATOLÓGICOS DE LOS GENOTIPOS SQLF04, SQSY07 y SQBR05	79

7.	CONCLUSIONES	81
8.	RECOMENDACIONES	82
	BIBLIOGRAFIA.....	83
	ANEXOS	92

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Características fisicoquímicas del lulo	30
Tabla 2. Características físicas, químicas y fisiológicas del lulo	31
Tabla 3. Clasificación de genotipos de lulo según su reacción al nemátodo Meloidogyne spp. y datos de colecta.	38
Tabla 4. Escala hedónica verbal implementada en las pruebas de análisis sensorial de néctar de lulo	49
Tabla 5. Descripción del Análisis Bromatológico.	52
Tabla 6. Análisis de estados de madurez fisiológicos respecto a características fisicoquímicas.	54
Tabla 7. Descripción de parámetros físicos de 16 genotipos de lulo en estado 5 obtenidos mediante Tomato Analyzer©.	56
Tabla 8. Parámetros Físicos y Composición del Lulo (Solanum quitoense Lam.).....	58
Tabla 9. Caracterización de textura y colorimetría entre los 16 genotipos de lulo (Solanum quitoense Lam.) prueba de comparación de medias (Tukey).....	59
Tabla 10. Análisis de varianza para las características de textura entre los 16 genotipos tolerantes al nudo radical Meloidogyne spp.	59
Tabla 11. Análisis de varianza para la variable pH frente a los 16 genotipos tolerantes al nudo radical Meloidogyne spp.	61
Tabla 12. Prueba de comparación de medias (Tukey) para la variable pH de 16 genotipos de lulo en estado de madurez 5.	61
Tabla 13. Análisis de varianza para la variable Brix entre los 16 genotipos tolerantes al nudo radical Meloidogyne spp.	63
Tabla 14. Prueba de comparación de medias (Tukey) para la variable Brix de 16 genotipos de lulo en estado de madurez 5.	64

Tabla 15.	Análisis de varianza para la variable Acidez entre los 16 genotipos tolerantes al nudo radical <i>Meloidogyne</i> spp	66
Tabla 16.	Prueba de comparación de medias (Tukey) para la variable Acidez de 16 genotipos de lulo en estado de madurez 5.	66
Tabla 17.	Análisis de varianza para la variable Índice de Madurez entre los 16 genotipos tolerantes al nudo radical <i>Meloidogyne</i> spp.	68
Tabla 18.	Prueba de comparación de medias (Tukey) para la variable Índice de Madurez de 16 genotipos de lulo en estado de madurez 5.	69
Tabla 19.	Respiración de 16 genotipos de lulo (<i>Solanum quitoense</i> Lam.)	71
Tabla 20.	Agrupación de genotipos para evaluación sensorial de acuerdo al análisis de clúster.	73
Tabla 21.	Preferencia de jueces frente a los 16 genotipos	74
Tabla 22.	Prueba de medición del grado de satisfacción.....	75
Tabla 23.	Resultados Bromatológicos de la pulpa de los genotipos SQLF04, SQSY07 Y SQBR05 frente a los datos teóricos del lulo comercial. ...	79

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Cultivo de lulo (<i>Solanum quitoense</i> Lam.) Arguello – Yacuanquer.	39
Figura 2. Lavado, desafección y adecuación de los genotipos de lulo	40
Figura 3. Estados fisiológicos del lulo (<i>Solanum quitoense</i> Lam.).	40
Figura 4. Selección y clasificación de los genotipos de lulo.....	41
Figura 5. Lulo analizado en el software Tomato Analyzer ©.....	41
Figura 6. Determinación del contenido de pulpa de lulo.	42
Figura 7. Refractómetro ATAGO ATC – 1.....	43
Figura 8. Medición de pH.....	43
Figura 9. Medición de acidez por titulación.....	44
Figura 10. Medición de resistencia a penetración.....	45
Figura 11. Lulos en estado 4 y 5 para evaluación colorimétrica.	46
Figura 12. Medición del Índice de respiración.....	48
Figura 13. Preparación de las muestras para realizar análisis sensorial.	50
Figura 14. Aplicación de la prueba de preferencia.....	51
Figura 15. Aplicación de la prueba de comparación múltiple.....	52
Figura 16. Prueba de comparación de medias (Tukey) para la variable pH de los 16 genotipos de lulo (<i>Solanum quitoense</i> Lam.).	62
Figura 17. Diagrama de la prueba de comparación de medias (Tukey) para la variable Brix de los 16 genotipos de lulo (<i>Solanum quitoense</i> Lam.). ..	64
Figura 18. Prueba de comparación de medias (Tukey) para la variable acidez de los 16 genotipos de lulo (<i>Solanum quitoense</i> Lam.).	67
Figura 19. Comparación de medias (Tukey) para la variable índice de madurez de los 16 genotipos de lulo (<i>Solanum quitoense</i> Lam.).	69
Figura 20. Comportamiento de la variable Respiración en 16 genotipos de lulo (<i>Solanum quitoense</i> Lam.) para el estado 5.	71
Figura 21. Dendograma por observaciones de propiedades fisicoquímicas del lulo.	73
Figura 22. Prueba sensorial de preferencia de los 16 genotipos.	75
Figura 23. Prueba sensorial de satisfacción para el genotipo SQBR05.....	76
Figura 24. Prueba sensorial de satisfacción para el genotipo SQLF04.	76

Figura 25. Prueba sensorial de satisfacción para el genotipo SQSY07.....	77
Figura 26. Prueba sensorial de comparación múltiple	77
Figura 27. Diagrama de resultados de las pruebas de evaluación sensorial.	78
Figura 28. Comparación de los resultados del análisis bromatológico frente al lulo variedad castillo	80

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO 1. Formatos de pruebas sensoriales para el análisis de 16 genotipo de lulo (<i>Solanum quitoense</i> Lam.)	93
ANEXO 2. ANOVAS para características fisicoquímicas entre estados de madurez 4 y 5.....	95
ANEXO 3. ANOVAS para parámetros físicos estado de madurez 5.....	96
ANEXO 4. RESULTADOS bromatológicos para genotipos SQSLF04, SQBR05, SQSY07.....	98

INTRODUCCION

El lulo (*Solanum quitoense* Lam.), es una fruta popular en Colombia y el Ecuador, su origen es Andino, en donde el centro primario de diversidad y variabilidad genética está ubicado en Colombia, Ecuador y Perú (Fory, 2005). Esta especie ha tomado importancia como un cultivo potencial y promisorio debido a su valor nutritivo y a sus propiedades organolépticas que lo hacen apetecibles en los mercados nacionales e internacionales. El país cuenta con ofertas ambientales óptimas para su producción, sin embargo aún son escasos los trabajos relacionados con el aprovechamiento de su variabilidad genética (Charry, 2003).

En Colombia en el 2010, el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural reportó un total de 7.040 hectáreas sembradas y 59.091 toneladas producidas, con un rendimiento promedio de 8,4 t/ha. Este frutal se cultiva en 21 departamentos, siendo los mayores productores Huila, Valle del Cauca, Tolima, Boyacá y Nariño. En el mismo año se exportaron 35,57 toneladas, principalmente a España (ICA, 2011). Este cultivo tiene especial importancia en la economía familiar campesina Colombiana conformando la principal fuente de ingresos económicos para más de 12.000 familias y aproximadamente para 1000 familias en el departamento de Nariño (Fontagro, 2008).

En Nariño para el año 2010 se cultivaron 420 ha, con una producción total de 2.331 toneladas y un rendimiento promedio de 5,6 t/ha. Entre los municipios productores están: San Pedro de Cartago, Colón, El Tambo, Ancuya, Buesaco, La Unión, San Lorenzo y Consacá, entre otros (MADR, 2010; Chaves *et al.*, 2002; Gaviria, 2004; Betancourth, 2005).

El cultivo de lulo presenta disminución en su productividad debido al ataque de enfermedades y plagas, como *Meloidogyne* spp causante de la enfermedad del nudo radical del lulo el cual es el más importantes a nivel mundial, tanto por su amplia distribución como por el elevado número de familias y especies de plantas que afecta (Karssen y Moens, 2006). El daño ocasionado se caracteriza por producir agallas que afectan la absorción de agua y nutrientes, reduciendo la vida útil del cultivo de 5 a 2 años (Tamayo, 2001; Tamayo *et al.*, 2003). En el Departamento de Nariño, se han reportado incidencias cercanas al 79%, y pérdidas del 50%. Tydgill y Blok (2001), mencionan que *M. incógnita* prevalece en ecosistemas tropicales siendo el parásito más dañino de los cultivos.

El desconocimiento de los recursos genéticos de lulo hace que actualmente no haya soluciones efectivas al problema del nudo radical (Cárdenas, 2009), por lo que se hace necesario buscar estrategias de producción que logren el nivel de calidad y consistencia del producto que demanda la industria.

Es por ello que el grupo de investigación de Sanidad Vegetal (*GRISAV*) de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Nariño, desarrolló un estudio en el cual se colectaron 45 genotipos de lulo (*Solanum quitoense* Lam.), en los Departamentos de Nariño y Putumayo buscando fuentes de resistencia al nemátodo. En ella se hizo una clasificación de genotipos mediante escala de resistencia a la severidad y las variables de altura de planta, severidad, incidencia, peso fresco (tallo y raíz) y especies prevalentes del nemátodo, para establecer el efecto de *Meloidogyne* spp. sobre los genotipos. Los resultados mostraron que diferentes materiales vegetales fueron afectados por el nemátodo en diferentes escalas (Gelpud, 2011).

Desde el punto de vista organoléptico los factores que afectan a la calidad de las pulpas de frutas son muy variados. Parte de ellos se agrupan en los denominados agronómicos, que incluyen variedad, origen, sistema de cultivo empleado (poda, fertilización, riego, etc.), así como estado sanitario, maduración, recogida, almacenamiento y transporte. Todos ellos afectan a los diferentes matices que conforman los atributos de la pulpa como el olor y sabor, así como a su composición (Renquist y Reid, 1998).

El control químico del nemátodo agallador es costoso y se basa en el uso de fungicidas químicos como: organofosforados, carbamatos y otros de alta residualidad en el suelo (Christie, 1985). Por ende el uso y aprovechamiento de nuevas tecnologías para controles fitosanitarios es una alternativa para disminuir costos y el impacto negativo que causa la agricultura convencional.

De la investigación liderada por *GRISAV*, se lograron identificar 16 genotipos de lulo tolerantes al nudo radical *Meloidogyne* spp., los cuales fueron sometidos a diferentes análisis a nivel fisicoquímico, de postcosecha, sensorial y bromatológicos con el fin de establecer si sus condiciones son óptimas para el procesamiento agroindustrial delimitado a través de esos parámetros de calidad.

Es necesario plantear acciones urgentes y de trabajo conjunto entre investigadores y agricultores, para desarrollar nuevas técnicas que brinden la posibilidad de trabajar con cultivos más sanos, de calidad y sin afectar el rendimiento. La búsqueda de genotipos que muestren distintos grados de resistencia, y a la vez presente buena capacidad productiva; puede presentar la mayor ganancia en términos ecológico, agronómico y económico (Sañudo y Betancourth, 2005).

Por lo anterior esta investigación tuvo como objetivo caracterizar fisicoquímica, sensorial y nutricionalmente 16 genotipos del lulo (*Solanum quitoense* Lam.) los cuales fueron evaluados con éxito en ensayos agronómicos donde mostraron tolerantes al nudo radical causado por *Meloidogyne* spp. (Gelpud *et al*, 2011), por ello se hace necesario realizar pruebas de aptitud para el procesamiento agroindustrial y de postcosecha.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La fruticultura Colombiana presenta diferentes problemas y en especial los frutales de la zona nariñense donde el inadecuado tratamiento a diferentes enfermedades en los cultivos agrícolas ocasiona las principales causas de disminución en el rendimiento y calidad del producto cosechado. El cultivo de lulo se reporta como un frutal altamente susceptible a problemas fitosanitarios (Pitarch *et al.*, 2001; Waliszewski e Infanzón, 2005; Hernández *et al.*, 2007), y las cadenas productivas se ven afectadas, por ello es indispensable implementar medidas de prevención que cierren las brechas fitosanitarias que se desarrollan y afectan los procesos sostenibles de las diferentes regiones dedicadas al sector primario.

La producción de lulo se ve disminuida debido al ataque del nemátodo agallador *Meloidogyne* spp., siendo uno de los principales limitantes en el departamento de Nariño, generando pérdidas para el agricultor que se estiman en un 50% (MADR, 2008). Además, la alta susceptibilidad del lulo a los nemátodos, reduce la vida útil de la planta de 5 a 2 años (Mejía, 2008), lo que conduce a que este producto tenga un mínimo aporte en el mercado nacional (Bernal *et al.*, 2001); los nemátodos así como especies del género *Meloidogyne* afecta la mayoría de los cultivos en diferentes zonas del país (ICA, 2011), considerando que los trabajos de fitomejoramiento en lulo son escasos, hasta ahora se ha avanzado en la producción de cruces inter específicos buscando incrementar la base genética y la resistencia a *Meloidogyne incógnita* (Segovia, 2002), además la mejora en algunas de las características propias del fruto propias para procesamiento industrial.

En este contexto, y siguiendo con la problemática en la cual se encuentra inmerso este frutal es la presencia de trazas de agroquímicos, falta de variedades resistentes y uso de tecnologías que mejoren la eficiencia en la conservación, ya que genera dificultades reflejadas en posibles cambios físicos, químicos, sensoriales y nutricionales en los genotipos de lulo, que no permite el desarrollo del sector frutícola a nivel industrial ocasionando reducción en la productividad (Corporación Colombiana Internacional, 2007), teniendo en cuenta que el desarrollo competitivo del sector frutícola colombiano está íntimamente relacionado con la capacidad del mejoramiento industrial y la generación de valor agregado para así ampliar los actuales mercados y aprovechar nuevas oportunidades comerciales (Secretaría de Agricultura y Medio Ambiente, 2007).

El lulo al ser un frutal perecible porque tienen una tendencia inherente a deteriorarse por razones fisiológicas y por la invasión de plagas, infecciones y enfermedades, presentan pérdidas postcosecha las cuales ocurren en cualquier etapa del proceso y más aún cuando su cuidado no se ha enfatizado, los cuales se ven reflejados en un desequilibrio durante el acopio y distribución y finalmente cuando el consumidor compra y utiliza el producto; el anterior problema se

presenta con mayor frecuencia en los países en desarrollo donde existe una gran deficiencia en cuanto al cuidado agronómico y en la parte de procesamiento agroindustrial, por tal razón las pérdidas postcosecha de productos frescos varían entre 25 a 50%, ocasionando un detrimento significativo de alimentos y bajo ingreso económico para los comerciantes y especialmente para los productores (FAO, 2006).

La manipulación que se haga de las frutas, tanto en cosecha como postcosecha puede influir en el deterioro de su calidad fisicoquímica, sensorial y nutritiva, puesto que los factores que intervienen dentro de la cadena productiva y el manejo adecuado de estas se ven reflejadas en un producto de buena aceptación con características adecuadas para el consumidor.

Por último y teniendo en cuenta la problemática descrita, se planteó el siguiente interrogante: ¿Los 16 genotipos de lulo (*Solanum quitoense* Lam.) tolerantes al nudo radical causado por *Meloidogyne* spp. presentan características postcosecha y calidad fisicoquímica aptas para su comercialización e industrialización? .

2. JUSTIFICACION

La actividad frutícola en Colombia cuenta con 319.492 productores que cultivan en total 220.623 hectáreas (0,65 ha/productor incluyendo a pequeños, medianos y grandes productores). Los frutales generan en promedio 0,64 empleos directos/Ha y 2,3 indirectos en actividades como la cosecha, clasificación, distribución de las futas en puertos, aeropuertos, galerías, tiendas, restaurantes, centrales de abastos, supermercados, instituciones y detallistas, así como, en los procesos de transformación agroindustrial y en las actividades relacionadas con la exportación (Guía Ambiental Hortofrutícola de Colombia, 2009).

Nariño por su ubicación y heterogeneidad climática, presenta condiciones adecuadas para el desarrollo de frutales tanto de clima cálido como de clima frío, especialmente el lulo. El departamento dispone de 332.000 hectáreas aptas para frutales que representan el 4,4% del área nacional. Sin embargo, el área actual con frutales equivale tan sólo al 3,8% del área de Colombia con frutas (PFN, 2006). De las cuales el lulo (*Solanum quitoense* Lam.) participa con un área sembrada de 597 Ha que corresponde a 1.172 unidades productoras. (Consolidado agropecuario, 2008).

Según lo anterior y tratando de contribuir a la mitigación de la diferente problemática presente en la región, es de gran importancia dar aprovechamiento de los materiales estudiados en primera instancia por el Grupo de Investigación en Sanidad Vegetal (GRISAV) de la Universidad de Nariño, al desarrollar la investigación de ciertos genotipos de lulo con resistencia total o moderada al nemátodo del nudo radical, el cual puede generar posibles ventajas tanto al productor como al consumidor; teniendo en cuenta que en diferentes estudios del sector hortofrutícola se menciona a la familia de las solanáceas donde está incluido el cultivo de Lulo (*Solanum quitoense* Lam.), como frutal altamente susceptibles a problemas fitosanitarios que alteran de forma significativa los cultivos y pueden generar grandes pérdidas en producción (Pitarch *et al.*, 2001; Waliszewski e Infanzón 2003; Lobo, 2004; Hernández *et al.*, 2007) y con un conocimiento casi nulo del funcionamiento fisiológico y ecofisiológico de la planta (Fischer, 2000; Gómez *et al.*, 2005), aspecto fundamental para el manejo integral en la productividad del cultivo.

Debido al nivel de tolerancia y a la presencia de la enfermedad de la planta se puede sufrir cambios en sus características fisicoquímicas y sensoriales que de una u otra forma determinan las características propias del lulo demostrando así el uso eficaz y el desarrollo del frutal, con características aptas para incursionar en el mercado.

Es por esto que se debe establecer alternativas agroindustriales potenciales que pueden ser fruto de la adecuada caracterización fisicoquímica y sensorial de los

materiales en las regiones agrícolas con producción y de carácter industrial y empresariales, ya que es fundamental para el desarrollo del Departamento; además que las investigaciones y el conocimiento alcanzado por la investigación no quede en el olvido debido a factores sociales, económicos, entre otros, sabiendo que esta es una alternativa que se debe transmitir a la comunidad para alcanzar desarrollo, avance técnico y tecnológico, para el aprovechamiento de los recursos que se tiene a disposición.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar las características postcosecha y calidad fisicoquímica de 16 genotipos de lulo (*Solanum quitoense* Lam.) tolerantes al nudo radical causado por *Meloidogyne* spp.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar las características fisicoquímicas: pH, acidez, sólidos solubles totales, resistencia a penetración en dieciséis genotipos de lulo.
- Determinar las características de post-cosecha: índice de color, porcentaje en pulpa, índice de respiración en dieciséis genotipos de lulo.
- Seleccionar y evaluar tres genotipos de lulo promisorios por sus características sensoriales.

4. MARCO TEORICO

4.1 FUNDAMENTOS TEÓRICOS

El lulo (*Solanum quitoense* Lam.), también conocido como naranjilla, es un arbusto de la familia de las solanáceas, originario de los Andes del Ecuador y Colombia. Es una fruta tropical de pulpa verde, por su sabor, color y valor nutritivo es utilizada en fresco o para diferentes preparaciones industriales (Denis *et al.*, 1985; Tamayo *et al.*, 1999).

Un gran número de frutas de origen Andino tienen gran potencial de convertirse en productos Premium de consumo Nacional y de exportación con un alto beneficio económico para los agricultores, al tiempo que pueden ser utilizados para la conservación y regeneración del ecosistema (Guimaraes, 1988). Entre estas frutas encontramos el lulo (*Solanum quitoense* Lam.) el cual normalmente se cultiva entre 700 y 2.000 m.s.n.m. y crece en forma espontánea en el área andina (Lobo, 2000).

El lulo de Castilla es una planta semi silvestre que crece en partes bajas de bosques primarios o soto bosques, en lugares abiertos expuestos a clima fresco, con óptimos niveles de humedad y sombreados, ya que cuando la planta se cultiva sin sombríos, esta genera sensibilidad ante las plagas y enfermedades (Chacón *et al.*, 1996; Cabezas y Novoa, 2000; Franco *et al.*, 2002; Gómez *et al.*, 2005; Ríos, *et al.*, 2004).

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 (Charry, 2003).

En Colombia, el cultivo de lulo es una actividad propia del sector primario, el cual se caracteriza por la obtención de los productos directamente de la naturaleza. Esta actividad se ha desarrollado principalmente en fincas tradicionales que continuamente han trabajado la tierra y cultivan otras variedades de frutas y hortalizas (Franco *et al.*, 2002); el porcentaje de tamaño en estas extensiones de tierra campesina, es alrededor de un área promedio comprendida entre 3 a 15 hectáreas (Salazar, 2007).

En el país se cultivan alrededor de 5.631 hectáreas de lulo, que generan una producción de unas 480.000 toneladas de la fruta al año. El principal productor es el departamento del Huila con 1.470 ha. Con el 59% del suministro del producto, pero pese a estos índices, dicha zona del país representa el 5,35% de la totalidad

del área sembrada, seguido de Valle del Cauca con 893 ha y Cauca con 476 ha (Zapata, 2010).

Algunos autores han reconocido dos variedades botánicas: *Solanum quitoense* var. *Septentrionale*, la cual presenta espinas (CE) y *Solanum quitoense* var. *Quitoense*, sin espinas (SE) (Whalen *et al.*, 1981 y Morton, 1987). Sin embargo, al igual que la mayoría de las frutas tropicales, estas especies tienen limitantes importantes que restringen su cultivo, como son la susceptibilidad a enfermedades, problemas de deterioro en la postcosecha, heterogeneidad en la calidad de la fruta, y una disponibilidad limitada del material élite libre de patógenos. El control de estos factores incrementan los costos de producción. El fito-mejoramiento genético es una alternativa clave para el desarrollo de materiales mejorados con resistencia a enfermedades, y de calidad superior (Hendrix, 1987). La práctica cotidiana del control químico para plagas y enfermedades, además de aumentar los costos de producción, es una fuente de contaminación que afecta no solo al ambiente sino a la salud.

Los agricultores Colombianos se ven enfrentados a problemas de diferente índole, entre ellos los fitosanitarios, que no permiten exportar el potencial genético de la fruta. A pesar de la aceptación por parte de los consumidores locales y de otras regiones del mundo, de sus potencialidades y la rápida expansión como cultivo, la investigación no ha tenido la misma velocidad para resolver problemas de producción presentados (Bernal *et al.*, 2001).

Los avances biotecnológicos de las dos últimas décadas principalmente se ha realizado con especies anuales de zonas templadas. La inserción de la biotecnología en estas especies está permitiendo la aplicación de técnicas como recombinación, en el desarrollo expedito de variedades comerciales, incrementando su competitividad en el mercado Internacional. En contraste, las especies de frutas tropicales han sido objeto de una atención muy limitada. Es claro que para incrementar el valor agregado de las frutas tropicales bajo el actual régimen de globalización y competitividad, se requiere el desarrollo, la adaptación y optimización de la biotecnología para agilizar el desarrollo de materiales mejorados.

El lulo se siembra bajo sombrío o a plena exposición solar, este último determina la reducción del periodo productivo (Lobo, 2000). El lulo es una especie en proceso de domesticación, que ha cambiado su hábitat natural de sombrío en zonas de clima medio y frío moderado a plena exposición solar, por lo tanto ha sido sometido al ataque de plagas y enfermedades (Lobo, 1991). Estos problemas han limitado su desarrollo, sobre todo en aquellas zonas donde la temperatura y la altura son adecuadas para su cultivo (CORPOICA, 1998).

Los agricultores se han establecido en fincas de economía campesina en un 74% y un 26% en fincas de economía empresarial, desde hace más de diez años

(Bernal *et al.*, 1998). El lulo de Castilla y el lulo “La Selva” cultivados parcialmente en el eje cafetero cuyo territorio posee un área sembrada por esta fruta de 257 hectáreas, ubicadas en 17 municipios y 89 veredas, generando una producción de 3.969 toneladas por hectárea y por año, de 9.600 kilos de lulo de Castilla y 16.000 para lulo La Selva (Estrada, 1992).

CORPOICA (2002) desarrolló un material denominado lulo “LA SELVA”, constituido por 3 clones hermanos productores entre la hibridación de *S. quitoense* y *S. hirtum*, el cual se adapta a libre exposición, presentando tolerancia a nemátodos del género *Meloidogyne* y al aparecer, resistencia a virus. Este material produce en promedio 14 toneladas por hectáreas al año, las principales características de este, como primer material de lulo obtenido en Colombia, son: plantas sin espinas en los tallos y las hojas, altos rendimientos, mayor precocidad, fruta con pulpa verde, excelente calidad, resistente a nemátodos y virus, mayor vida productiva y adaptada a libre exposición solar (Londoño, 2013).

La variedad Lulo La Selva fue entregada por CORPOICA a mediados de 1998, producto de largos años de investigación realizada en el Centro de Investigación La Selva,

Las características del lulo de Castilla y el lulo la Selva están demarcadas en los siguientes aspectos:

- Rendimientos: Mientras que con el Lulo de Castilla se obtienen producciones promedio de 11 toneladas por hectárea con la variedad Lulo La Selva se puede producir hasta 20 toneladas en la misma área en su vida productiva, la cual se estima en 2,5 años.
- Manejo: La ausencia de espinas en hojas y tallos permiten un fácil y adecuado manejo integrado del cultivo del Lulo La Selva, en cuanto a labores agronómicas, amarres y cosecha. Vale la pena mencionar que no todas las plantas de lulo sin espinas son Lulo La Selva.
- Sanidad: El Lulo La Selva es resistente a nemátodos, virus y recientemente se ha encontrado cierto grado resistencia a Fusarium, una de las enfermedades más limitantes del cultivo.

4.2 MORFOLOGÍA DEL LULO (*Solanum quitoense* Lam).

Hojas: posee vellosidades, su forma es ovalada de color verde oscuro por el haz y una tonalidad más clara por el envés, sus dimensiones oscilan entre largo: 50 cm y ancho: 35 cm. Las hojas están sujetas al fruto mediante el peciolo, punto evidente y pronunciado del lulo.

Flores: en una sola planta, es posible encontrar flores de pistilo medio, corto y largo, este último posibilita la fertilización, mediante un proceso de polinización

cruzada (alógama), apoyada por el viento y determinados insectos. Es posible que el cojín floral logre tener hasta 30 flores, de las cuales, la gran mayoría (alrededor de un 80%) son estériles. Tan solo un 18% logra traspasar la transición de flor a fruto.

Fruto: son frutos esféricos de diámetros que varían entre los cuatro y ocho centímetros y los 80 y 100 gramos de peso. Su corteza es lisa, de color amarillo verde-amarillo y naranja en su madurez. La pulpa es verde, apetecida en la agroindustria para la producción de jugos, helados, repostería, y en el mercado exterior es comercializada bajo esta presentación, exportada en tambores de 55 galones de capacidad.

Semillas: son lisas y redondas, de 3 mm de diámetro y color amarillo claro o blanquecinos. En cada división o celda, las semillas están agrupadas en la misma forma que en el tomate pero en mayor cantidad. Hay de 1.000 a 1.200 semillas, las cuales una vez secas, tienen un peso de 3,5 g por fruto y sembrándolas frescas germinan fácilmente en un periodo promedio de 25 a 30 días. Además son ricas en aceites (Galvis, 1999).

La Tabla 1. Muestra las características fisicoquímicas de los diferentes estados de madurez del lulo Castilla.

Tabla 1. Características fisicoquímicas del lulo

Ripening Stage (Table of color)	Parameters											
	Brix degree			pH			Acidity (% citric acid)			Color ΔE (CIELab system)		
	\bar{X}	δ	CV (%)	\bar{X}	δ	CV (%)	\bar{X}	δ	CV (%)	\bar{X}	δ	CV (%)
0	4,2	0,10	2,38	3,67	0,006	0,16	2,63	0,04	1,53	0,00	1,77	40,52
1	5,4	0,20	3,70	3,62	0,006	0,16	3,05	0,08	2,64	5,83	3,14	53,00
2	6,4	0,20	3,13	3,66	0,006	0,16	3,14	0,06	2,07	7,71	2,39	30,94
3	8,6	0,20	2,33	3,63	0,010	0,27	2,21	0,03	1,35	40,32	3,93	9,74
4	9,3	0,35	3,61	3,60	0,015	0,42	2,70	0,05	1,70	52,05	0,66	1,27
5	10,3	0,20	1,92	3,90	0,006	0,15	3,00	0,07	2,50	40,00	2,35	5,88

Fuente: Mejía *et al.* (2012).

Tabla 2. Características físicas, químicas y fisiológicas del lulo

CARACTERÍSTICAS	GRADO DE MADUREZ DEL FRUTO		
	VERDE	PINTON	MADURO
pH	2,9-3,2	3,0-3,3	3,1-3,5
Acidez (g/100g)	3,0-3,4	2,8-3,0	2,7-3,0
Sólidos solubles (°Brix)	5,9-6,2	6,9-7,0	7,5-9,2
Relación de Madurez	2,3-2,15	2,7-2,5	2,6-3,2
Viscosidad (cps)	90-100	110-120	220-259
Firmeza (Kgf/cm ²)	15,2	9,5	4,0
Tasa Respiratoria (mg CO ₂ /kg-h)	22,2	56,5	65,9

Fuente: Galvis y Herrera, 2001.

4.3 DESCRIPCIÓN DEL NEMÁTODO DEL NUDO RADICAL DEL LULO *MELOIDOGYNE* SPP.

Munera, (2002), define el género *Meloidogyne* spp. como organismos parásitos internos de las raíces de cientos de especies vegetales, incluyendo muchas plantas de importancia agrícola, pertenecientes al reino Animalia, con tamaño aproximado de 0,25 mm a 3 mm de largo (Chaves, 2002).

Deterioro patológico: Los trabajos de fito-mejoramiento en lulo son escasos, hasta ahora se ha avanzado en la producción de cruces interespecíficos buscando incrementar la base genética y la resistencia a *Meloidogyne* spp. En Colombia trabajos de retrocruces entre *S. quitoense* x *S. hirtum* dieron origen a la variedad de lulo “LA SELVA” con resistencia al nemátodo (Segovia, 2002).

4.3.1 Ciclo de vida. El ciclo de vida se completa en 20 a 28 días, dependiendo del tipo de hospedante y temperatura (Molina, 2007). Después de la eclosión, los juveniles migran a través del suelo atraídos por las raíces de las plantas hospederas, ubicándose en las zonas del meristemo apical (cofia) por medio de su estilete. En el interior de la raíz se presenta una migración intercelular hasta alcanzar el floema primario o células parenquimatosas en donde se fijan e inician la alimentación, mudan 3 veces hasta convertirse en un macho o hembra adulto. Los machos, asumen el aspecto vermiforme, salen de la raíz y no se alimentan, mientras que las hembras adquieren forma de pera, reinician la alimentación en las mismas células gigantes, por el resto de su vida. Una hembra deposita entre 500 a 1.000 huevos, generalmente en la superficie de la raíz. (Suarez *et al.*, 1997).

4.3.2 Sintomatología de *Meloidogyne* spp. La magnitud de los síntomas está a menudo relacionada con la especie y el número de nemátodos que penetran y se establecen, la edad de la planta atacada y con los factores ambientales. Los

estados de estrés por sequía o temperaturas extremas incrementan el daño. *Meloidogyne* spp. Ataca la raíz en cualquier época o edad, pero el daño es mucho más frecuente y severo en los primeros estados de desarrollo. Si el ataque es temprano, las plántulas pueden morir en semilleros o almácigos, y en las que sobreviven al trasplante, se reduce la producción acortándose su ciclo productivo. La planta afectada sirve como fuente de inóculo para las plantas vecinas (CORPOICA, 2002).

4.4 MANEJO POSTCOSECHA DEL LULO

Es el conjunto de operaciones y procedimientos tecnológicos tendientes no solo a movilizar el producto cosechado hasta el consumidor sino, lo que es más importante, a proteger su integridad y preservar su calidad de acuerdo con su propio comportamiento y características químicas y biológicas. Este proceso ocurre durante todo su periodo de pos recolección: cosecha, acopio local o en finca, lavado y limpieza, selección, clasificación, empaque, embarque, transporte y almacenamiento.

Para definir la calidad en las frutas y hortalizas es necesario conocer sus aspectos formales: tamaño, forma, color, sabor, textura y aroma y además que estén libres de insectos, bacterias y hongos.

Podemos decir que la calidad es: el conjunto de propiedades biológicas, físicas y químicas que determinan el grado de adecuación de un alimento o materia prima alimentaria, a los requerimientos sanitarios, nutricionales, sensoriales y fisicomecánicos que deben ser satisfechos para su consumo humano directo, su beneficio y transformación industrial (Riascos *et al.*, 2009).

Dentro de las características fisicoquímicas encontramos:

a. Tamaño: Está definido por las dimensiones, el peso y el volumen propiedades que pueden ser registradas mediante el empleo de instrumentos elementales como son: calibrador, balanza de precisión y probeta graduada (Reina, 1998), se hace necesaria la descripción satisfactoria de un objeto donde la forma y el tamaño son características inseparables. En definitiva el tamaño es un parámetro dimensional que da alguna idea de la medida del objeto ya que desde el punto de vista práctico la medición de varios ejes mutuamente perpendiculares en sin embargo suficiente para la especificación de la forma teórica (Pantastico, 1979)

b. Textura: Es una propiedad física que es medida por el sentido del tacto, la mano y la boca son nuestros instrumentos primarios. La textura generalmente se mide por el principio de resistencia a una presión que ejercen los tejidos del fruto; utilizándose como instrumentos de medida los tenderómetros, el fibrómetro, el penetrómetro, dado que la textura de las fruta y hortalizas depende de la

turgencia, cohesión, forma y tamaño de las células, la presencia de tejidos de sostén y de la composición de la planta (Reina, 1998).

c. Color: Esta propiedad es la percepción de la luz de una cierta longitud de onda, reflejada por un objeto y se puede cuantificar ya sea por absorbancia o transmitancia. Un cuerpo rojo, por ejemplo, refleja la luz con la longitud de onda correspondiente al rojo y absorbe la luz de todas las demás longitudes de onda del espectro visible (Watts *et. al.*, 1992).

El color de un objeto tiene tres características:

- **Tono:** Está determinado por el valor exacto de la longitud de onda de la luz reflejada.
- **Intensidad:** Depende de la concentración de las sustancias colorantes dentro del objeto.
- **Brillo:** Depende de la cantidad de luz que refleja el cuerpo en comparación con la luz que incide sobre él.

Existen diferentes tipos de colores:

- **Simples o básicos:** Llamados también primarios y estos se derivan por combinación, de los demás tonos. Dichos colores son rojos, amarillos y azules. La relación entre los diversos colores se expresa en el hexágono cromático.
- **Dobles:** Están formados por mezclas de dos radiaciones simples. Estos colores dobles son tres tonos dobles principales, que están compuestos por mezclas equilibradas de dos radiaciones simples y por ello en el hexágono cromático, se colocan en lugares intermedios entre los simples. Algunos de estos colores son el verde, el naranja y el violeta. Hay también seis tonos dobles transitivos, los cuales son transiciones intermedias entre cada dos de los ya descritos.

En colorimetría a nivel internacional se utiliza la escala de color L, a, b. El parámetro L tiene un intervalo de valores entre 0 y 100, correspondiendo el color negro al primer valor y el blanco al segundo. Las lecturas de los valores de los parámetros a y b corresponden a los colores sencillos (básicos) y dobles que aparecen en el hexágono cromático.

d. Sólidos solubles (SST): Indica el porcentaje de sólidos solubles que comprende azúcares, ácidos y sales (A.O.A.C., 1984).

Los hidratos de carbono sufren cambios bioquímicos durante la maduración por la degradación de los polisacáridos de las membranas celulares, ejercen una contribución importante sobre el aumento en contenido de azúcares. La

proporción de estos sólidos se expresa en grados Brix y se mide con el refractómetro (Pantastico, 1979).

e. pH: Está dado por la ionización parcial de los ácidos orgánicos presentes en la muestra y se define como el inverso de la concentración de hidrogeniones en la solución (A.O.A.C., 1984).

Matemáticamente está dado por la fórmula: $pH = 1 / \log (H +)$

f. Acidez total titulable. Comprende los ácidos libres o titulable, principalmente orgánicos que son los predominantes en la fruta, como el cítrico, tartárico y málico (A.O.A.C., 1984), teniendo en cuenta que los ácidos cítricos son los más frecuentes y abundantes en tejidos de plantas comestibles. En la mayoría de las frutas, el contenido de ácidos orgánicos disminuyen durante y después del proceso de maduración (Reina, 1998).

g. Índice de madurez: La madurez hortícola es la fase en la cual un producto ha alcanzado un estado suficiente de desarrollo como para que después de la cosecha y del manejo postcosecha (Incluyendo la maduración comercial si se requiere), su calidad sea, por lo menos, la mínima aceptable.

Cuando se busca un método para determinar la madurez de un producto perecedero deben considerarse aspectos como: Las mediciones deben ser simples, fáciles de llevar a cabo en el campo y requerir equipo relativamente barato, el índice debe ser objetivo, de preferencia (una determinación cuantitativa.), el índice debe relacionarse de la misma forma a la calidad y vida postcosecha del producto sin que importen los productores, el distrito o la estación (FEDECAFE, 1985).

h. Respiración: Montaña, (2007) define la respiración en tres fases:

- La descomposición de polisacáridos en azúcares simples.
- La oxidación de azúcares a ácido pirúvico.
- La transformación aeróbica del pirúvico y de otros ácidos orgánicos en CO₂, agua y energía.

Pantastico, (1979), establece que la tasa de respiración es un buen índice de la longevidad del fruto después de cosechado. La Intensidad respiratoria es considerada como una medida de la tasa en que se está realizando el metabolismo y como tal con frecuencia se considera como una indicación de la vida potencial de almacenamiento del fruto. Además define los factores que la afectan como son:

- **Factores Internos:** tales como estado de desarrollo, composición química del tejido, tamaño del producto, cubiertas naturales y tipo de tejido.
- **Factores externos:** tales como temperatura, etileno, oxígeno disponible, dióxido de carbono, reguladores del crecimiento, lesiones a los frutos.

4.5 ANÁLISIS SENSORIAL DE ALIMENTOS

Definido como el análisis que se realiza al alimento a través de los sentidos del hombre, el cual percibe, integra e interpreta las características del alimento. El análisis sensorial involucra además aspectos psicológicos y fisiológicos de las personas que lo realizan (Arango, 1992).

Los sentidos del hombre son un instrumento valioso e irremplazable para la evaluación de características tales como: color, sabor, aroma. Los análisis sensoriales deben ser empleados para determinar, salida del producto al mercado, con antelación su aceptación por el consumidor y la medida de la posibilidad de compra (Arango, 1992).

Pangborn, (1996), establece que la evaluación sensorial se ocupa de la medición y cuantificación de las características de un producto y sus ingredientes, las cuales son percibidas por los sentidos humanos. Entre dichas características se pueden mencionar, por su importancia:

- **Apariencia:** conformación uniforme.
- **Olor:** los miles de compuestos volátiles que contribuye al aroma.
- **Sabor:** dulce, amargo, salado y ácido.
- **Color:** nublado o característico de la fruta

Los panelistas indican el grado en que le agrada cada muestra escogiendo la categoría apropiada (Arango, 1992).

4.6 ANÁLISIS BROMATOLÓGICOS

La bromatología es la encargada de realizar un análisis integral de diferentes alimentos. Uno de los objetivos principales de la bromatología es conocer la estructura cualitativa y cuantitativa, tanto del alimento, como de las materias primas con las que se elaboran, para así poder estudiar los productos que están alimentando a determinadas especies y, por ende, saber cuáles son los beneficios que le aporta a su nutrición. (Lara *et al.*, 2007)

Lara *et al.*, (2007) establece que el análisis bromatológico determina la calidad de los alimentos por los componentes nutricionales que forman parte de la dieta alimenticia tales como:

- Proteína en microkjedhal y macrokjedhal
- Cenizas
- Fibra cruda
- Extracto etéreo
- Carbohidratos
- Humedad
- Calcio ,Magnesio, Fósforo y Potasio
- Micro elementos: Hierro, Cobre, Manganeseo y Zinc
- Pared Celular o Fibra Neutro detergente
- Fibra Acido detergente

5. METODOLOGÍA

5.1 MATERIAL VEGETAL

Los genotipos de lulo (*Solanum quitoense* Lam.) fueron obtenidos de la colección realizada por Gelpud *et al.* (2011) en seis municipios del Departamento de Nariño (La Florida, San Pedro de Cartago, La Unión, Berruecos, Buesaco y San Lorenzo) y de los municipio de Santiago y Colón en Putumayo; los cuales mostraron una reacción de resistencia, resistencia moderada y susceptible al ataque del nemátodo *Meloidogyne* spp. a nivel de invernadero (Tabla 3.).

Dicho material vegetal, se sembró en la vereda Arguello bajo, del municipio de Yacuanquer, Departamento de Nariño, zona agroecológica con fuerte presión del nemátodo del nudo radical.

Tabla 3. Clasificación de genotipos de lulo según su reacción al nemátodo *Meloidogyne* spp. y datos de colecta.

Genotipo*	Reacción	Ubicación geográfica	Procedencia	Altura (msnm)	
SQBR05	Resistente	N 01, 28, 56,2 W 077, 08, 08,7	Berruecos	1.892	
SQLF03		N 01,20, 18,9 W 77,25, 20,0	La Florida	2.343	
SQBR03		N 01, 28, 55,9 W 077, 08, 08,2	Berruecos	1.893	
SQLF04		N 01,20, 19,0 W 77, 25,19,9	La Florida	2.341	
SQBR 01	Moderadamente resistente	N 01, 28, 43.5 W 077, 07, 55.4	Berruecos	1.889	
SQCR010		N 01, 33, 59,0 W 077, 06, 59,8	San Pedro de Cartago	1.984	
SQUN01		N 01, 21, 40.8 W 077, 10, 26.1	La Unión	1.991	
SQSY06		N 01,08,49,6 W 76,01, 16,7	Valle de Sibundoy	2.230	
SQCR09		N 01, 33, 59,4 W 077, 07, 00,1	San Pedro de Cartago	1.980	
SQCR07		N 01, 33, 59, 0 W 077, 06,59,9	San Pedro de Cartago	1.985	
SQSL03		N 01, 51160 W 077, 23322	San Lorenzo	1.988	
SQSL04			San Lorenzo		
Genotipo			Ubicación geográfica	Procedencia	Altura (msnm)
SQBR02		Susceptible	N 01,28, 55,9. W 77, 01, 40.1	Berruecos	1.879
SQSY07	N 01, 08 , 44,4 W 76,00, 30.5		Valle de Sibundoy	2.171	
SQCR03	N 01, 33, 59,9 W 077, 07, 02,0		San Pedro de Cartago	1.971	
SQBC04	N 01, 21, 21,8 W 077, 11, 04,4		Buesaco	1.959	

*dónde: SQLF = Municipio de la Florida (N); SQCR = Municipio de San Pedro de Cartago (N); SQUN = Municipio de La Unión (N); SQBR = Vereda de Berruecos (N); SQBC = Municipio de Buesaco (N); SQSL = Municipio de San Lorenzo (N) y SQSY = Valle de Sibundoy (P).

Fuente: Gelpud *et al.* (2011).

Después de la primera fase de cosecha (11 meses después de la siembra), se recolectó los frutos de forma manual en canastillas considerando los frutos de lulo en estado de madurez 4 y 5 como se indican en la Figura 3. para luego ser transportados a la planta piloto de la Facultad de Ingeniería Agroindustrial de la

Universidad de Nariño, ahí se realizó la limpieza adecuando los frutos para posteriormente ser llevados a una temperatura de conservación de 4°C, en el cuarto frío.

Figura 1. Cultivo de lulo (*Solanum quitoense* Lam.) Arguello – Yacuanquer.



Fuente: Esta Investigación.

5.1.1 Lavado y desinfección. Se realizó un lavado por inmersión en agua, utilizando una concentración de hipoclorito de sodio de 30 ppm y retirando impurezas de tierra y materiales extraños adheridos al fruto.

Figura 2. Lavado, desafección y adecuación de los genotipos de lulo



Fuente: Esta Investigación

5.1.2 Selección y Clasificación. Se realizó a través de una inspección visual y se separó los frutos en buen estado y frutos sobre maduros o con daños mecánicos. La fruta se clasificó teniendo en cuenta el grado de madurez de acuerdo a su color, en los estados 4 y 5 y en un diámetro promedio seleccionado de manera visual.

Figura 3. Estados fisiológicos del lulo (*Solanum quitoense* Lam.).



Fuente: Esta Investigación

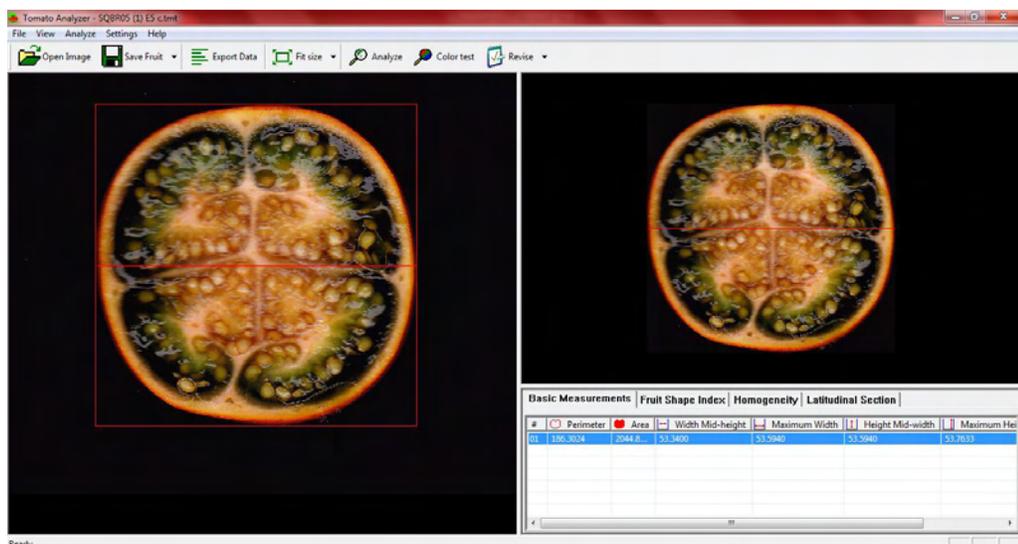
Figura 4. Selección y clasificación de los genotipos de lulo.



Fuente: Esta Investigación

5.1.3 Caracterización general. Mediante el *software Tomato Analyzer ©*, se determinó las medidas básicas como perímetro y área siguiendo las especificaciones del software para la cual se escaneó un fruto completo y cortado de manera ecuatorial.

Figura 5. Lulo analizado en el *software Tomato Analyzer ©*.



Fuente: Esta Investigación

5.2 EVALUACIÓN DE CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS

5.2.1 Extracción de la pulpa. Para la obtención de pulpa de cada fruto se realizó una separación manual de semillas y pulpa mediante un tamiz.

Porcentaje de pulpa se obtuvo mediante la separación de la pulpa y la cascara, se estableció la relación del peso de la pulpa respecto al peso total del fruto el resultado se expresó en porcentaje, como lo determina la Norma Técnica Colombiana – NTC 5093 (ICONTEC, 2002) y mediante la aplicación de la siguiente ecuación.

$$\text{Contenido de pulpa} = \frac{\text{Peso de Pulpa}}{\text{Peso del Fruto}} \times 100$$

Las demás semillas que fueron extraídas se secaron y posteriormente se entregaron al grupo de investigación *GRISAV* para nuevas evaluaciones.

Figura 6. Determinación del contenido de pulpa de lulo.



Fuente: Esta Investigación

5.2.2 Variación de Sólidos Solubles Totales (SST). Se determinó por lectura directa de la pulpa de lulo mediante el refractómetro ATAGO ATC - 1 con escala entre 0 y 30°, los resultados se expresó en °Brix, de acuerdo a la metodología citada por Bernal (1993).

Figura 7. Refractómetro ATAGO ATC – 1.



Fuente: Esta investigación

5.2.3 Potencial de Hidrogeno (pH). Se determinó esta variable de medida siguiendo la metodología descrita por la A.O.A.C., (1984), realizando lecturas directamente a la pulpa de lulo de cada genotipo a temperatura ambiente con un potenciómetro HANNA Instrument, Modelo Checker.

Figura 8. Medición de pH.



Fuente: Esta Investigación

5.2.4 Acidez Total Titulable. Se determinó la acidez titulable como porcentaje de ácido cítrico. Se realizó por titulación de 2 ml de pulpa de lulo con la ayuda de NaOH 0,1N el punto final de titulación se determinó mediante el protocolo descrito por la A.O.A.C. (1984) con el viraje a color rosa del indicador fenolftaleína, previamente adicionado a la pulpa con una concentración del 1%. Se calculó como peso en gramos del ácido predominante por cada 100 g de pulpa, (Mercado, 1998; Hernández *et al.*, 2007; Fischer *et al.*, 2011), aplicando la siguiente ecuación:

$$A = \frac{100 V_{NaOH} N_{NaOH} P_{eq}}{W}$$

Dónde:

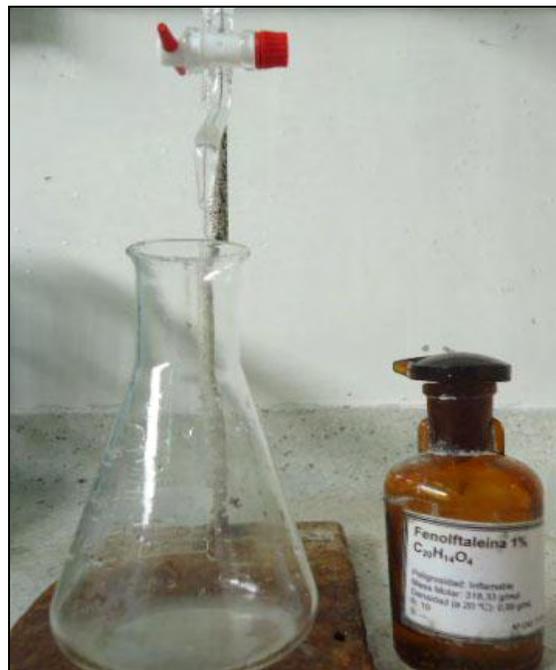
V_{NaOH} = volumen (mL) NaOH utilizado.

N_{NaOH} = Normalidad (0,01 meq/mL).

$P_{eq/g}$ = el peso equivalente del ácido mayoritario en la fruta (0,064 para el ácido cítrico).

W = peso en gramos de la muestra titulada.

Figura 9. Medición de acidez por titulación.



Fuente: Esta Investigación

5.2.5 Resistencia a penetración. Se calculó a través del uso de un penetrómetro BISHOP FT 327 con una punta de 5mm de diámetro el cual opera en un rango de 0 – 27 Kgf/cm² como lo describe la A.O.A.C. (1984).

Figura 10. Medición de resistencia a penetración.



Fuente: Esta Investigación

5.2.6 Índice de madurez. Se realizó teniendo en cuenta la relación entre el contenido de sólidos solubles y la acidez total siguiendo la relación de Galvis (1992).

$$I.M. = S.S.T / \text{acidez}$$

Dónde:

I.M.= índice de madurez.

S.S.T.= sólidos solubles totales.

5.2.7 Índice de color. Se estableció a partir de la medida de los valores triestímulos o coordenadas (L*), donde L* representa la luminosidad con intervalo desde cero para el negro y cien para el blanco, a, a* y b* corresponde al tono de colores que varía del verde para valores negativos al rojo para valores positivos, y b* corresponde al color azul para valores negativos y amarillo para valores positivos (Restrepo, 1995). Las lecturas para el color se realizó mediante el programa Photoshop CS5 ©, usando la función **Lab**, donde la utilidad de esta

función reside en que protege los colores de forma que se puede ajustar lo clara u oscura que es la imagen sin alterar los colores (Delgado, 2002).

Teniendo en cuenta la ecuación propuesta por Restrepo (1995) el cual determinó que el índice de color (*IC*), adaptado para los frutos en grado de madurez de cosecha es:

$$IC = 1000 \frac{a^*}{L^* b^*}$$

En función del índice de color los intervalos que caracterizan la coloración de los frutos de acuerdo a la metodología citada por Restrepo (1995) son:

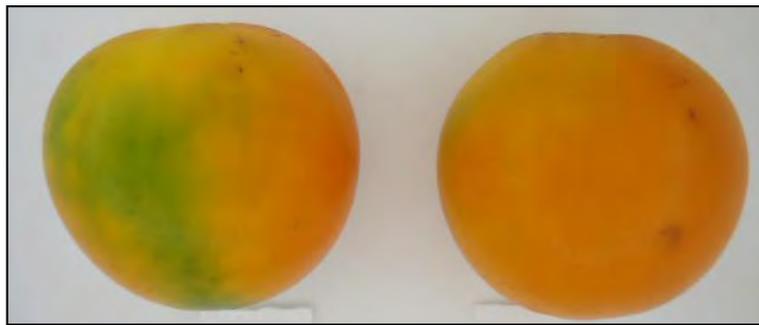
-7 < IC < 0 = Coloración verde amarillosa

IC ~ 0 = Coloración amarilla

0 < IC < 7 = Coloración anaranjada

IC > 7 = Coloración anaranjada intensa

Figura 11. Lulos en estado 4 y 5 para evaluación colorimétrica.



Fuente: Esta Investigación

5.3 FISIOLÓGÍA DEL LULO

5.3.1 Índice de Respiración. El índice de respiración se determinó mediante el medidor de CO₂ Lutron GC 2028, el cual registra la concentración de CO₂ en ppm por unidad de volumen. Aproximadamente 400 g de frutos de lulo se colocó de forma individual en un recipiente hermético de vidrio, se midió la producción de CO₂ en función del tiempo a 20°C. Los resultados se expresaron como mg de CO₂ kg⁻¹ h⁻¹. Las observaciones se las realizaron por cada uno de los genotipos en

estado de madurez cinco (5) (Cortés, 2011), teniendo en cuenta las siguientes ecuaciones:

El sensor reportó ppm de CO₂ mediante estequiometria se obtuvo la respiración de los genotipos de lulo en miligramos de CO₂ por kilogramo de lulo por hora (Red-Alfa Lagrotech, 2008).

Para el cálculo de la tasa respiratoria en mg CO₂ /Kg*h se realizó el siguiente procedimiento (Bosquez, 1992):

Se realiza un Δ ppm CO₂, para lo cual se resta el dato final menos el inicial de la curva de respiración en cada tratamiento.

$$\Delta \text{ ppm CO}_2 = \text{ppm CO}_2 \text{ en el tiempo 2} - \text{ppm CO}_2 \text{ en el tiempo 1}$$

Este valor se expresa en porcentaje con la ayuda de la siguiente ecuación.

$$\% \Delta \text{ ppm CO}_2 = \frac{\Delta \text{ ppm CO}_2}{10.000}$$

Para un sistema cerrado se utiliza la ecuación:

$$\frac{\text{mL CO}_2}{\text{Kg} \times \text{h}} = (\% \Delta \text{ ppm CO}_2 \times 10)(\text{volumen contenedor litros})(\text{Peso producto Kg})(\text{Tiempo en horas})$$

Donde el volumen del espacio libre del contenedor se calcula restando el volumen total del contenedor menos el volumen de los lulos y del sensor.

Los mililitros de CO₂ se convierten en mg para eliminar el efecto de la temperatura sobre el volumen del gas de manera que se puedan realizar comparaciones de manera directa, y se realiza una corrección por temperatura con la siguiente ecuación.

$$\text{mg CO}_2 = \frac{\text{mL CO}_2}{0,546}$$

Figura 12. Medición del Índice de respiración.



Fuente: Esta Investigación

5.4 ANÁLISIS SENSORIAL

El análisis sensorial se llevó a cabo en las instalaciones de la Planta Piloto de la Facultad de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad de Nariño, se presentaron a 20 jueces no entrenados suministrándoles a cada uno 20 ml de néctar de lulo en diluciones (2/1) (v/v), previamente codificados con su respectivo número.

Para el análisis del néctar de cada genotipo se aplicó inicialmente una prueba de preferencia, una prueba de medición del grado de satisfacción y finalmente una prueba de comparación múltiple (ANEXO 1) (Anzaldua, 1994).

5.4.1 Prueba preferencia. Para la cuantificación de preferencia de los jueces respecto a los diferentes genotipos evaluados. Se presentó cuatro muestras de néctar de lulo, esta evaluación no busco determinar si los jueces podían distinguir entre dos muestras – donde no importan los gustos personales – si no, se pretendió evaluar si realmente prefieren una determinada muestra de las cuatro presentadas (Anzaldua, 1994).

5.4.2 Prueba de medición del grado de satisfacción. El objeto de esta prueba fue obtener la mayor información sobre las muestras de néctar de lulo presentadas, las cuales de manera objetiva, se implementó una escala hedónica en la cual se describía de manera verbal la sensación que les produjo la muestra de néctar de lulo, incluyendo siempre el punto central, **<<ni me gusta ni me**

disgusta>>. A este punto se le asignó la calificación cero. A los puntos por encima de este valor se les otorga valores numéricos positivos, indicando que las muestras son agradables; en cambio, a los puntos por debajo del valor de indiferencia se les asignó valores negativos, correspondiendo a la calificación de disgusto, como se describe en la **Tabla 4**. Siguiendo la metodología descrita por Anzaldua (1994).

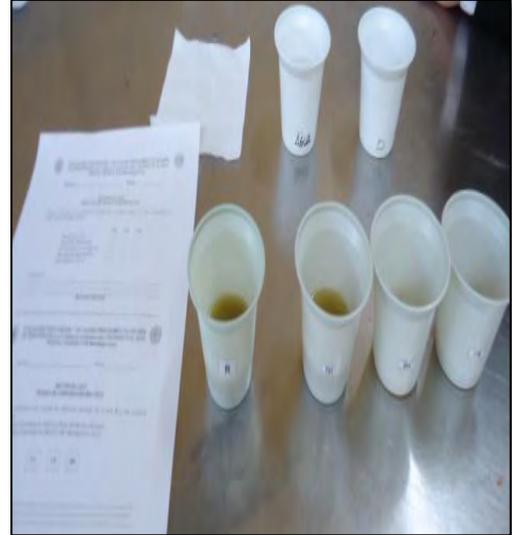
Tabla 4. Escala hedónica verbal implementada en las pruebas de análisis sensorial de néctar de lulo

DESCRIPCION	CALIFICACION
ME GUSTA MUCHO	2
ME GUSTA LIGERAMENTE	1
NI ME GUSTA NI ME DISGUSTA	0
ME DISGUSTA LIGERAMENTE	-1
ME DISGUSTA MUCHO	-2

Fuente: (Anzaldua, 1994)

5.4.3 Prueba comparación múltiple. En esta prueba se presentó al panel de catación la muestra patrón o de referencia en este caso el néctar de un lulo comercial, contra las tres muestras de los genotipos que obtuvieron mayor aceptación en la prueba de medición del grado de satisfacción, buscando contrastar la calidad sensorial de los lulos de los tres mejores genotipos con un estándar comercial y analizar su similitud en cuanto al establecido en el mercado (Anzaldua, 1994).

Figura 13. Preparación de las muestras para realizar análisis sensorial.



Fuente: Esta investigación.

Figura 14. Aplicacion de la prueba de preferencia.



Fuente: Esta investigacion.

Figura 15. Aplicación de la prueba de compracion multiple.



Fuente: Esta Investigación

5.5 ANÁLISIS BROMATOLÓGICOS

Tabla 5. Descripción del Análisis Bromatológico.

PARÁMETRO	MÉTODO	TÉCNICA
Humedad	Secado estufa	Gravimétrica
Materia Seca	Secado estufa	Gravimétrica
Ceniza	Incineración mufla	Gravimétrica
Grasa	Extracción Soxhlet	Gravimétrica
Fibra Cruda	Digestión acida – básica. Crisol Gooch	Gravimétrica
Proteína	Kjeldahl (N°6,25)	Volumétrica
Extracto No Nitrogenado	Cálculo matemático	Calculo matemática

Fuente: Laboratorio Especializados, Universidad de Nariño 2013.

5.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se utilizó el Software estadístico InfoStat® versión 2012 (Di Rienzo *et al.*, 2012) para el procesamiento de los datos obtenidos en esta investigación. Para las pruebas fisicoquímicas, físicas y de postcosecha se utilizó el procedimiento de análisis de varianza (ANOVA), encontrando diferencias significativas entre ellas, fueron separadas a través del test de Tukey ($\alpha=0,05$). Los ensayos se realizaron tomando el valor de cinco repeticiones en cada uno de los casos.

Para las pruebas sensoriales como primera medida se agruparon los dieciséis genotipos mediante un análisis multivariado de agrupación de tipo jerárquico con variables escaladas y con una distancia euclidea², evaluando las características fisicoquímicas (pH, Brix, acidez) obtenidas para el estado de madurez cinco (5).

Para la prueba de aceptación la interpretación de las respuestas se accedió a las Tablas (Roessler *et al.*, 1948) citadas por Anzaldúa, (1994), ubicando el número de jueces que intervinieron en la prueba relacionado con el número mínimo de respuestas coincidentes para que haya diferencias significativa ($P\leq 0,05$), finalmente se realizaron graficas de barras y de torta para comparar los de manera descriptiva los resultados en este ítem.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se determinó inicialmente si existen diferencias estadísticas para las variables fisicoquímicas (pH, °Brix, acidez, índice de madurez) y de postcosecha (porcentaje de pulpa), entre los dos estados fisiológicos de cosecha cuatro (4) y cinco (5). Primero se consideró una clasificación visual de dichos estados según el diámetro, color y aspecto general presentado para cada fruto, teniendo en cuenta la tabla de escala visual de color según el grado de madurez del lulo (Figura 3).

6.1 EVALUACIÓN DE ESTADO FISIOLÓGICO DEL FRUTO

El análisis estadístico referente a los estados fisiológicos de cosecha de frutos de lulo (*Solanum quitoense* Lam.), relacionados con las variables de pH, °Brix, acidez, índice de madurez y porcentaje de pulpa, determinaron que solo existen diferencias significativas entre el estado 4 y el estado 5 para las variables grados Brix ($P=0,0016$), según la prueba de comparación de medias de Tukey, con un nivel de confianza de 95%. Se evidencia en el análisis de ANOVA para cada uno de los casos (ANEXO 2), en la Tabla 6 se muestra las medias de cada variable y el p- valores en cada uno de los estados, en el análisis se indica la variación en los datos en °Brix evaluados que registran letras similares.

Tabla 6. Análisis de estados de madurez fisiológicos respecto a características fisicoquímicas.

Variables	Estado de Madurez	Media	D.E.	p- valor
pH	4	2,74	a	±0,27
	5	2,74	a	±0,22
Brix	4	7,42	a	±0,98
	5	7,96	b	±0,22
Acidez	4	2,92	a	±0,45
	5	3,02	a	±0,60
Índice de Madurez	4	2,59	a	±0,52
	5	2,70	a	±0,53
Porcentaje de pulpa	4	57,24	a	±5,26
	5	56,92	a	±4,29

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($P \geq 0,05$).

Fuente: Esta investigación.

Al finalizar las evaluaciones fue posible determinar en la caracterización de los genotipos de lulo una interacción discreta entre los dos estados de madurez,

mostrando un comportamiento ascendente de sólidos solubles totales del estado 4 al estado 5.

Campana (2007) afirma que los grados °Brix aumentan hasta que el almidón se hidroliza completamente y luego decrecen por efecto de respiración. Los azúcares entran al fruto vía tras-localización de la sacarosa proveniente de las hojas y pueden aumentarse, también, por la conversión de ácidos orgánicos a azúcares mediante gluconeogénesis (Kays, 2004). Por lo tanto es importante destacar que a nivel industrial los sólidos solubles totales son un determinante en el momento de definir el destino de los frutos en este caso de los lulos, por lo tanto dentro de la investigación se decidió realizar un análisis general del estado de madurez cinco (5), debido a que no se presentan diferencias estadísticas significativas entre las variables de pH, acidez, índice de madurez y porcentaje de pulpa frente al estado de madurez cuatro (4) y considerando que en el estado 5 posee más sólidos solubles totales óptimos a nivel comercial.

6.2 CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE 16 GENOTIPOS DE LULO (*Solanum quítense* Lam.), EN ESTADO DE MADUREZ 5.

En la Tabla 7. se describen las variables físicas de cada uno de los genotipos en estado 5, el perímetro y el área, determinados mediante el software *Tomate fotográfico Analyzer*®, este análisis permite establecer la importancia de la relación del perímetro y área, usar estos resultados como parte del diseño de plantas, adecuación en el transporte de los frutos, ajustado a los requerimientos contemplados en la NTC 5422 (ICONTEC, 2007), respecto al empaque y embalaje de frutas frescas y de acuerdo a lo establecido en la Norma Técnica Colombiana 1265 (ICONTEC, 1979), respecto al rotulado y al empaquetado en la construcción de empaques, para lulo (*Solanum quitoense* Lam.).

Tabla 7. Descripción de parámetros físicos de 16 genotipos de lulo en estado 5 obtenidos mediante *Tomato Analyzer*®.

No.	Genotipo	Perímetro (cm)	Área (cm²)
1	SQBR05	18,63	20,45
2	SQLF03	16,32	17,50
3	SQBR03	17,12	12,66
4	SQLF04	16,91	18,99
5	SQBR01	16,35	18,71
6	SQCR010	15,67	17,08
7	SQUN01	16,98	17,84
8	SQSY06	17,32	17,12
9	SQCR09	16,72	16,16
10	SQCR07	17,49	14,26
11	SQSL03	16,80	18,16
12	SQSL04	16,79	18,21
13	SQBR02	15,14	12,64
No.	Genotipo	Perímetro (cm)	Área (cm²)
14	SQSY07	18,26	23,27
15	SQCR03	15,60	16,39
16	SQBC04	16,22	16,70

Fuente: Esta Investigación.

6.3 ANÁLISIS DE PARÁMETROS FÍSICOS Y COMPOSICIÓN DEL FRUTO

El análisis físico y de composición del fruto permitió determinar que existen diferencias significativas en cuanto al peso, peso de semillas, y peso de cascara de los 16 genotipos de lulo evaluados en estado de madurez 5, en contraste el diámetro, peso de pulpa y porcentaje de pulpa no presentaron diferencias estadísticamente diferentes según el test de Tukey a un nivel de significancia del 0,05, como se registran en los p-valores en las Tablas ANOVAS para cada uno de los caso ANEXO 3.

Según la FAO (2006), el peso y el tamaño promedio para los frutos de lulo se encuentra en los rangos de 4 a 8 cm de diámetro y un peso entre 80 y 100 gramos, consecuentes con esta investigación los dieciséis genotipos evaluados se encuentran en estos rangos de diámetro y peso establecidos por esta organización.

La relación de diámetros y pesos presentados en la NTC 5093 (ICONTEC, 2002) permiten establecer que las condiciones de diámetro de cada uno de los genotipos se encuentran en un promedio de 4,6 cm a 5,6 cm, entre los límites indicados en esta norma técnica corresponden a un peso de 58 a 98 gr. Consecuente a los resultados expuestos en la en la Tabla 8. se muestran tres grupos de diámetros

los cuales se establecen valores promedios dentro de los rangos mencionados por la norma.

Según datos reportados por García (2001), determina que la clasificación de los lulos, de acuerdo a los diámetros se considera “categoría extra” con valores de diámetros superiores a 3,5 cm consecuente con la investigación los genotipos evaluados pertenecen a esta categoría y debido a que los frutos maduros mostraron un peso, un poco menor de 100 g, pueden ser clasificados como medianamente livianos, según la clasificación de Pantástico (1979) para frutos tropicales con alta aceptación en la industrial.

La Tabla 8. muestra además los datos promedio de las características postcosecha de cada uno de los genotipos indicando un porcentaje de pulpa promedio de 57 %, lo cual concuerda con la investigación realizada por Zuleta (2010) donde el tamaño y peso del fruto son las características más relevantes para todos los actores de la cadena del lulo y en general, el peso del fruto de los materiales evaluados, está constituido en un 57% por pulpa y un 42% por cáscara y semillas. En esta investigación también considera que el mejoramiento genético debe buscar el aumento en la relación pulpa / desecho, para que los materiales evaluados se han aceptados por los diferentes mercados (Moteiro *et al.*, 2013).

El comportamiento de la variable porcentaje de pulpa se debe al incremento desde el estado verde a pintón y maduro marcadamente, en un 179,7%, el aumento de la proporción de la pulpa confirma la estructura del fruto del lulo como una baya, en la cual el pericarpio es carnoso cuando madura (Gil, 2006; Fischer *et al.*, 2012) lo que significa tener rendimientos más altos de pulpa para la agroindustria en los estados avanzados de madurez (Botero, 2010), relacionando esta investigación con lo descrito con Zuleta (2010) y con Botero (2010) los dieciséis genotipos evaluados presentan su máximo rendimiento en pulpa en promedio del 57%, exceptuando el caso de los genotipos **SQBR02, SQSL03, SQSL04 y SQBC04** los cuales presentan valores superiores al 59% de porcentaje de pulpa y considerando que su clasificación permite aprovechar por completo su potencial a nivel de la industria.

Tabla 8. Parámetros Físicos y Composición del Lulo (*Solanum quitoense* Lam.).

GENOTIPO	VARIABLES											
	DIAMETRO (cm)		PESO DEL FRUTO (gr)		PESO DE SEMILLAS (gr)		PESO DE CASCARA (gr)		PESO DE PULPA (gr)		%PULPA	
	Media	D.E	Media	D.E	Media	D.E	Media	D.E	Media	D.E	Media	D.E
SQBC04	4,56	a ±0,39	58,23	ab ±9,09	2,86	ab ±0,41	20,65	abc ±2,66	34,72	a ±9,16	58,87	a ±8,26
SQBR01	5,06	a ±0,34	69,01	ab ±14,57	2,57	a ±0,38	24,53	bcd ±7,07	41,92	a ±16,46	59,19	a ±16,14
SQBR02	4,81	a ±0,16	58,07	ab ±6,75	3,92	cde ±0,39	18,98	ab ±2,27	35,17	a ±5,51	60,37	a ±3,61
SQBR03	5	a ±0,55	65,77	ab ±4,45	2,58	a ±0,54	24,48	bcd ±0,85	38,71	a ±5,4	58,64	a ±4,38
SQBRO5	4,6	a ±0,12	51,91	a ±4,7	4,28	de ±0,42	19,78	ab ±1,18	27,85	a ±5,52	53,25	a ±6,21
SQCR 03	4,66	a ±0,15	52,68	ab ±9,06	3,39	abc ±0,3	19,88	abc ±4,69	29,41	a ±7,04	55,63	a ±6,87
SQCR 09	4,6	a ±0,41	62,28	ab ±8,55	3,48	bcd ±0,37	25,83	bcd ±3,69	32,97	a ±10,08	52,08	a ±9,46
SQCR010	5,16	a ±0,48	73,24	ab ±18,85	3,64	bcd ±0,17	26,9	bcd ±5,33	42,7	a ±14,42	57,57	a ±4,8
SQCR07	4,56	a ±0,5	59,2	a ±11,58	2,55	a ±0,23	24,6	bcd ±4,67	32,05	a ±7,89	53,74	a ±4,33
SQLF03	5,36	a ±0,27	80,88	b ±12,14	4,63	e ±0,32	29,68	d ±4,55	46,56	a ±8,05	57,44	a ±2,45
SQLF04	4,76	a ±0,27	59,86	ab ±3,68	4,15	cde ±0,14	21	abcd ±2,88	34,71	a ±3,94	57,93	a ±4,67
SQSL03	4,56	a ±0,22	52,52	a ±5,99	5,68	cd ±0,72	15,18	a ±0,39	31,66	a ±6,01	59,89	a ±3,35
SQSL04	4,97	a ±0,29	64,98	ab ±10,37	3,75	f ±0,54	22,66	abcd ±3,6	38,56	a ±7,24	59,15	a ±3,35
SQSY06	4,76	a ±0,46	61,43	ab ±19,12	3,3	abc ±0,15	21,93	abcd ±3,36	36,21	a ±21,31	54,72	a ±18,96
SQSY07	4,78	a ±0,23	53,65	ab ±7,02	3,6	bcd ±0,24	20,47	abc ±3,63	29,58	a ±8,45	54,35	a ±10,18
SQUN 01	5,04	a ±0,58	70,09	ab ±7,6	3,53	bcd ±0,32	28,79	cd ±5,8	37,77	a ±3,34	54,13	a ±4,28

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($P \geq 0,05$).

Fuente: Esta investigación.

Tabla 9. Caracterización de textura y colorimetría entre los 16 genotipos de lulo (*Solanum quitoense* Lam.) prueba de comparación de medias (Tukey)

Genotipo	Textura (kgf/cm ²)			Colorimetría				Coloración
	Media	D.E.	L	a	b	IC		
SQLF04	3,46	a	±0,30	54,63	23,88	60,56	7,22	Anaranjada Intensa
SQBC04	3,64	ab	±0,40	53	20,4	56,3	6,84	Anaranjada
SQSY07	4,1	ab	±0,44	53,25	20,65	58,85	6,59	Anaranjada
SQCR07	3,78	ab	±0,57	52,75	22,05	58,5	7,15	Anaranjada Intensa
SQSL03	3,88	ab	±0,58	50,2	21,65	55,45	7,78	Anaranjada Intensa
SQBR03	3,88	ab	±0,31	52,3	20,1	56,55	6,80	Anaranjada
SQBR02	3,82	ab	±0,38	53,35	17,45	56,8	5,76	Anaranjada
SQUN01	4,06	ab	±0,37	54,03	18,18	58,90	5,71	Anaranjada
SQLF03	3,78	ab	±0,15	54,65	17,4	58,2	5,47	Anaranjada
SQCR03	4	ab	±0,60	52,3	20,5	56,4	6,95	Anaranjada
SQBRO5	4,28	abc	±0,41	54,2	16,5	59,65	5,10	Anaranjada
SQSY06	3,44	abc	±0,38	51,05	22,8	56,95	7,84	Anaranjada Intensa
SQCR09	4,56	abcd	±0,34	52,25	18,95	57,4	6,32	Anaranjada
SQCR010	4,64	bcd	±1,05	53,9	21	59,55	6,54	Anaranjada
SQSL04	5,28	cd	±0,46	53,55	11,3	58,85	6,84	Anaranjada
SQBR01	5,66	d	±0,67	52,5	20,1	55,95	6,84	Anaranjada

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($P \geq 0,05$).

Fuente: Esta Investigación

Tabla 10. Análisis de varianza para las características de textura entre los 16 genotipos tolerantes al nudo radical *Meloidogyne* spp.

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	Razón -F	P-Valor
Genotipo	26,01	15	1,63	6,58	0,0001
Error	15,56	64	0,25		
Total	41,57	79			

Fuente: Esta Investigación

Se analizó la variable textura de cada uno de los genotipos de lulo obtenidas en esta investigación, dentro del proceso estadístico se puede contemplar que existen diferencias altamente significativas entre los datos encontrados, ya que el P-valor=0,001 como se lo describe en la Tabla 10. según lo establecido en NTC 5093 (ICONTEC, 2002), donde se contempla que independientemente del estado

de madurez los valores de fuerza deben estar contemplados en 6,0 kgf/cm², los datos encontrados en la investigación son inferiores a los reportados en esta norma técnica contemplando un rango de 3,46 a 5,66 kgf/cm², sin embargo teniendo en cuenta aspectos nombrados por Kader (2002), quien señala que en el caso de la fruta, el sabor es el factor que mayor ponderación debe tener.

Dentro de esta investigación los valores de fuerza reportados en la Tabla 9. permiten predecir que los niveles de madurez están al máximo nivel de consumo, a pesar de que no están dentro de los datos reportados por la norma técnica, el aspecto físico visual predijo que los lulos eran aptos para su evaluación y se consideró que el lulo al ser un fruto climatérico esta netamente relacionado con el tiempo y la fuerza de firmeza, de acuerdo a Barbosa *et al.* (2003), quienes afirman que la fuerza de firmeza es el mejor indicador a nivel práctico para determinar la maduración de una fruta en sus diferentes etapas, ésta determina los niveles óptimos de consumo, transporte y manejo del producto. Situación similar expresan Crisosto *et al.* (1998), quienes afirman que la fuerza de firmeza además de determinar el estado de maduración de una fruta y adicionalmente es un buen predictor de su vida útil potencial y grado de ablandamiento.

El color sin embargo es la característica más evidente en muchos frutos durante su maduración, y por esta razón, se utiliza como criterio para definir su madurez (Reid, 2002). Como describe Sozzi (2007), los cambios de color están asociados a la maduración, siendo este un atributo clave, junto con la textura, para determinar la calidad organoléptica, lo que se convierte, en muchos casos, en el índice de madurez más adecuado para realizar la cosecha. Los cambios de color se deben a la degradación de clorofila, la cual en mascara otros pigmentos, particularmente el β -caroteno (Sozzi, 2007; Wills *et al.*, 2007).

La relación establecida entre la textura y el color de los genotipos de lulo evaluados afirman lo descrito anteriormente el desarrollo de los frutos en estado 5 permiten establecer valores de textura bajos, la denotación “anaranjada intensa” se ven reflejadas en valores de textura bajos en rangos de 3,8 a 3,4 kgf/cm² mostrando que son frutos más blandos, de consumo inmediato. Es importante destacar la relación en el análisis que la textura y el color definen el potencial comercial de los lulos ya que son la primera impresión que el consumidor tiene sobre ella.

6.4 DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS: PH, ACIDEZ TITULABLE, SÓLIDOS SOLUBLES TOTALES E ÍNDICE DE MADUREZ, PARA ESTADO DE MADUREZ 5.

El análisis estadístico que compara los genotipos en relación a las variables pH, °Brix, Acidez e índice de madurez, presentó que los datos de interés tienen diferencias significativas, ya que poseen un P-valor inferior al 0,05; considerando que en este caso la caracterización fisicoquímica genera datos dispersos propios de cada variable, presentando congruencia debido que mientras la acidez disminuye los grados Brix aumentan considerando una relación directamente proporcional al índice de madurez (Díaz, 2002).

6.4.1 Potencial de Hidrogeno (pH):

Tabla 11. Análisis de varianza para la variable pH frente a los 16 genotipos tolerantes al nudo radical *Meloidogyne* spp.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Grados de Libertad</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón -F</i>	<i>P-Valor</i>
Genotipo	3,43	15	0,23	31,13	<0,0001
Error	0,47	64	0,01		
Total	3,90	79			

Fuente: Esta Investigación

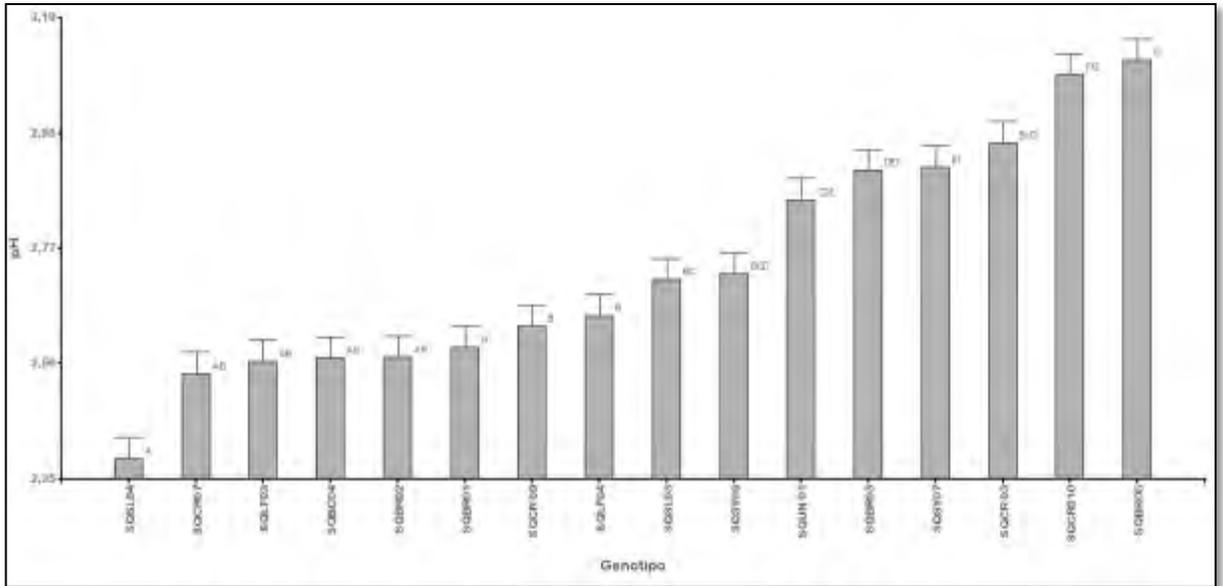
Tabla 12. Prueba de comparación de medias (Tukey) para la variable pH de 16 genotipos de lulo en estado de madurez 5.

No.	Genotipo	Media		D.E
1	SQSL04	2,39	a	±0,04
2	SQCR07	2,54	ab	±0,04
3	SQLF03	2,57	ab	±0,04
4	SQBC04	2,57	ab	±0,04
5	SQBR02	2,57	ab	±0,04
6	SQBR01	2,59	b	±0,04
7	SQCR09	2,63	b	±0,04
8	SQLF04	2,65	b	±0,04
9	SQSL03	2,72	bc	±0,04
10	SQSY06	2,73	bcd	±0,04
11	SQUN01	2,86	cde	±0,04
12	SQBR03	2,92	def	±0,04
13	SQSY07	2,92	ef	±0,04
14	SQCR03	2,97	efg	±0,04
15	SQCR010	3,09	fg	±0,04
16	SQBRO5	3,12	g	±0,04

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($P \geq 0,05$).

Fuente: Esta investigación.

Figura 16. Prueba de comparación de medias (Tukey) para la variable pH de los 16 genotipos de lulo (*Solanum quitoense* Lam.).



Fuente: Esta investigación.

Los resultados observados para pH en la Tabla 12 y Figura 16. expresan el comportamiento de las medias de la variable entre los genotipos analizados en una prueba de Tukey al 95% de confiabilidad, indica que los datos tienen diferencias significativas, Sin embargo dentro de los 16 genotipos evaluados el único material que concuerda con los valores obtenidos en el estudio realizado por Galvis (2001), autor que reporta un intervalo de pH entre 3,1 a 3,5 en materiales de lulo, es el genotipo **SQBR05** con un pH de 3,12; los resultados obtenidos difieren también de los expuestos en la NTC 5093, la cual expresa que el valor mínimo de pH, independiente del estado de madurez es de 3,20 (ICONTEC, 2002).

El comportamiento de esta variable se debe a que en el estado cinco se presenta un aumento de pH (Mejía *et al.*, 2012), este incremento es debido a que durante el desarrollo de los frutos, una gran parte de la actividad de acumulación se realiza por symport, donde los iones H^+ no solo juegan un papel importante, sino que también aportan a la formación de sustratos tales como sacarosa y glucosa, y en menor cantidad la concentración en la vacuola durante el último estado de maduración, lo que aumenta ligeramente el pH (ICONTEC, 1999), esta observación probablemente corresponde a un incremento en el libre contenido de aminoácidos debido a la degradación enzimática de proteínas y otras estructuras poliméricas en la fruto (Gallo, 1999; Cayón, 2000).

Según Reina *et al.* (1998), el lulo puede ser clasificado como un fruto altamente ácido, una propiedad importante para la agroindustrialización puesto que el grado

de acidez inhibe el crecimiento microbiano y disminuye la resistencia de los microorganismos al calor, que son características deseables para la conservación de alimentos (Matas, 2008). Los resultados coinciden con los encontrados en este estudio y clasifican los genotipos de lulo con un sabor agridulce con pH cercanos a 3 (Marín y Hernández, 1988), destacando el genotipo SQSL04 con un valor de 2,39 como el más ácido de todos los estudiados; considerando también que los genotipos de frutos ácidos son los más recomendables, debido a que tiene mejor aceptación en el mercado (García, 1997).

Los resultados obtenidos concuerda en parte con los reportados por Galvis *et al.*, (1999), y Casierra *et al.* (2004), quienes observaron que durante la maduración del lulo, el valor de pH es muy similar y se encuentra en rangos entre 2,9 y 3,2 después de la cosecha, pero se encuentra mayor similitud del presente análisis con los valores descritos por Marín y Hernández, (1988), donde el pH tiene un rango de variación limitado y oscilan entre 2,5 y 3,6 con un promedio de 3,16 considerándolos también como frutos agridulces. Esto indica que el valor del pH no debe ser tomado como un parámetro para determinar la madurez de los frutos del lulo, tal como lo reporta Thompson (1998). En contraste con lo anterior el análisis difiere en lo descrito por Ospina *et al.* (2007), para los frutos de lulo en dos estados de madurez: semi maduros y maduros, donde el pH no cambia y tiene un valor promedio de 3,30 en relación a la observación promedio de esta investigación el cual indica un valor promedio de 2,97.

6.4.2 Sólidos solubles totales (SST) o grados Brix (°Brix):

Tabla 13. Análisis de varianza para la variable Brix entre los 16 genotipos tolerantes al nudo radical *Meloidogyne* spp.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Grados de Libertad</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón –F</i>	<i>P-Valor</i>
Genotipo	68,33	15	4,56	8,38	<0,0001
Error	34,80	64	0,54		
Total	103,13	79			

Fuente: Esta investigación.

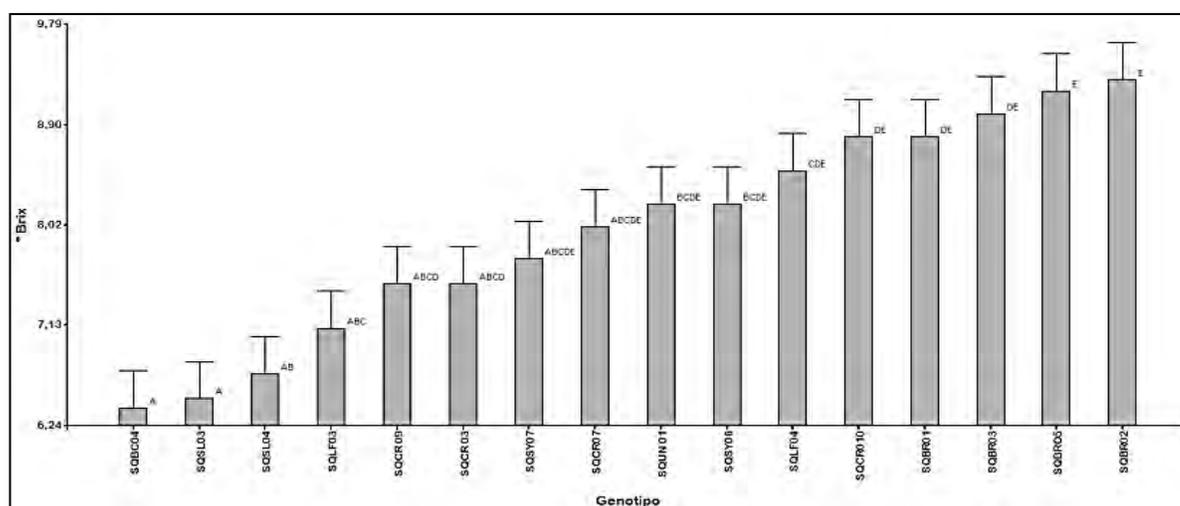
Tabla 14. Prueba de comparación de medias (Tukey) para la variable Brix de 16 genotipos de lulo en estado de madurez 5.

Genotipo	Media		D.E.
SQBC04	6,40	a	±0,33
SQSL03	6,48	a	±0,33
SQSL04	6,70	a b	±0,33
SQLF03	7,10	a b c	±0,33
SQCR09	7,50	a b c d	±0,33
SQCR03	7,50	a b c d	±0,33
SQSY07	7,72	a b c d e	±0,33
SQCR07	8,00	a b c d e	±0,33
SQUN 01	8,20	b c d e	±0,33
SQSY06	8,20	b c d e	±0,33
SQLF04	8,50	c d e	±0,33
SQCR010	8,80	d e	±0,33
SQBR01	8,80	d e	±0,33
SQBR03	9,00	d e	±0,33
SQBR05	9,20	e	±0,33
SQBR02	9,30	e	±0,33

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($P \geq 0,05$).

Fuente: Esta Investigación.

Figura 17. Diagrama de la prueba de comparación de medias (Tukey) para la variable Brix de los 16 genotipos de lulo (*Solanum quitoense* Lam.).



Fuente: Esta investigación.

Con respecto a la variable de SST se ha encontrado que están constituidos por 80% a 95% de azúcares y su valor se encuentra asociado con los azúcares

disueltos en el jugo celular (Osterloh *et al.*, 1996), en menor grado contienen también ácidos orgánicos, proteínas, grasas y varios minerales (Campana, 2007); en el caso del lulo, los sólidos solubles totales se incrementan durante el periodo de maduración variando de 7,8 a 9,3 después de la cosecha (Galvis y Herrera, 1999). Además, según los mismos autores, el comportamiento de esta variable es directamente proporcional con el grado de maduración en el cual fueron cosechados los frutos, esta información corrobora los resultados obtenidos en el presente ensayo. Así, los frutos de los genotipos evaluados, cosechados en estados de maduración más tardíos, tendrán una mayor concentración de sólidos solubles totales que aquellos colectados en estados de maduración tempranos (Mejía *et al.*, 2012).

Para el caso de sólidos solubles totales (°Brix), en la Tabla 14. y Figura 17. se observa el comportamiento de las medias de los genotipos en esta variable en donde los datos obtenidos en su mayoría concuerdan con los expuestos por Galvis (2001) en un intervalo de 7,5 a 9,2; Los genotipos que no cumplen con estas relaciones son **SQBC04**, **SQSL03**, **SQSL04**, **SQLF03** presentando valores inferiores a 7,5 y el genotipo **SQBR02** con un valor promedio de 9,30 siendo superior al descrito por el autor.

Por otro lado se encuentra que la investigación realizada por Mejía *et al.* (2012) en donde para el lulo variedad castilla en estado de madurez cinco los sólidos solubles totales deben encontrarse en un promedio de 10,3 para lo cual los resultados generados en esta investigación no coinciden, lo mismo ocurren en comparación con la NTC 5093 (ICONTEC, 2002) donde el intervalo para sólidos solubles totales se encuentra entre 9,9 a 10,1, contrarrestando lo anterior la investigación realizada por Viteri *et al.*, (2009) prueba que los SST de los materiales evaluados en esta investigación están dentro de los rangos establecidos por el departamento de Nutrición y Calidad.

Por lo tanto, habrá un mayor concentración de sólidos solubles totales en las muestras cosechadas en etapas de maduración más tardía que en los frutos que se recogieron en una etapa de maduración temprana (Chen, 2002; Ospina *et al.*, 2007), los valores obtenidos en esta investigación concuerdan con los reportados por Ospina *et al.* (2007), donde los valores °Brix se encuentran entre una pequeña gama de variación, en maduración etapas semi maduros y maduros, con una media de 8,25 ° Brix; debido a la hidrólisis del almidón almacenado en vacuolas y espacios intercelulares durante el fruto en crecimiento (Viteri *et al.*, 2009).

6.4.3 Acidez titulable:

Tabla 15. Análisis de varianza para la variable Acidez entre los 16 genotipos tolerantes al nudo radical *Meloidogyne* spp

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Grados de Libertad</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón -F</i>	<i>P-Valor</i>
Genotipo	20,69	15	1,38	11,87	<0,0001
Error	7,44	64	0,12		
Total	28,13	79			

Fuente: Esta investigación

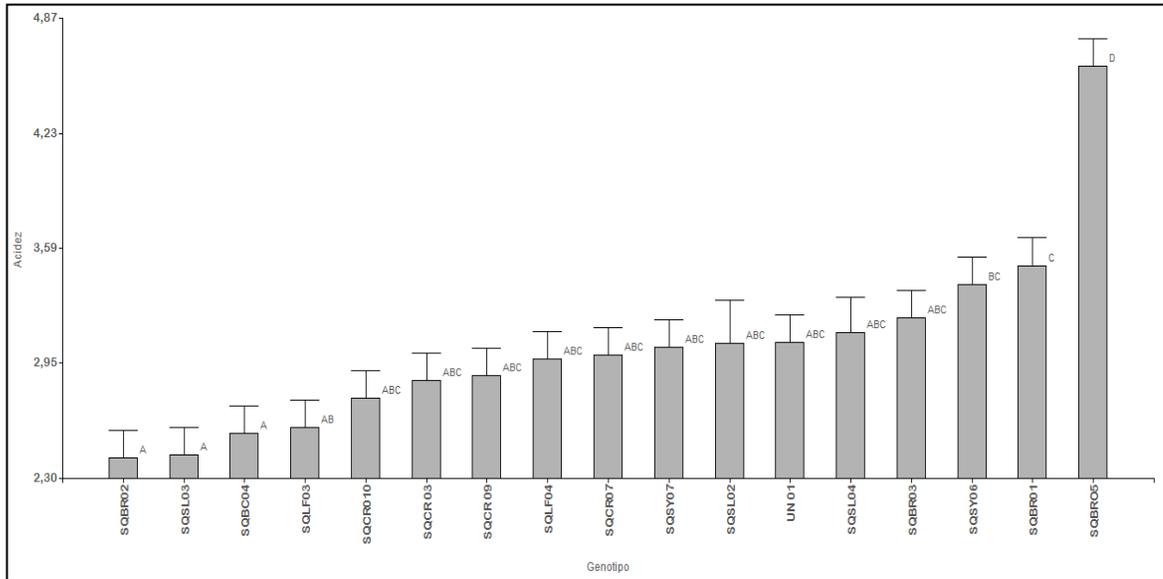
Tabla 16. Prueba de comparación de medias (Tukey) para la variable Acidez de 16 genotipos de lulo en estado de madurez 5.

Genotipo	Media		D.E.
<i>SQBR02</i>	2,42	a	±0,15
<i>SQSL03</i>	2,43	a b	±0,15
<i>SQBC04</i>	2,55	a b	±0,15
<i>SQLF03</i>	2,59	a b	±0,15
<i>SQCR010</i>	2,75	a b	±0,15
<i>SQCR03</i>	2,85	a b c	±0,15
<i>SQCR09</i>	2,88	a b c	±0,15
<i>SQLF04</i>	2,97	a b c	±0,15
<i>SQCR07</i>	2,99	a b c	±0,15
<i>SQSY07</i>	3,04	a b c	±0,15
<i>SQUN01</i>	3,06	a b c	±0,15
<i>SQSL04</i>	3,09	a b c	±0,15
<i>SQBR03</i>	3,20	b c	±0,15
<i>SQSY06</i>	3,39	c	±0,15
<i>SQBR01</i>	3,49	c	±0,15
<i>SQBRO5</i>	4,60	d	±0,15

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($P \geq 0,05$).

Fuente: Esta investigación

Figura 18. Prueba de comparación de medias (Tukey) para la variable acidez de los 16 genotipos de lulo (*Solanum quitoense* Lam.).



Fuente: Esta Investigación.

De acuerdo con la Norma Técnica Colombiana NTC 5093 (ICONTEC, 2002), el contenido máximo de ácido cítrico, independientemente de la fase de maduración, es 3,23%, en la Tabla 16 y Figura 18 se muestra el grafico y datos obtenidos en la prueba de comparación de Tukey con un nivel de confiabilidad del 95%, que compara los genotipos evaluados con el porcentaje de acidez expresada en ácido cítrico, donde la mayoría de los frutos de lulo estudiados tienen valores inferiores al considerado en la NTC 5093 (ICONTEC, 2002), pero dentro de los mismos se encuentran genotipos que superan dicha especificación, los cuales son **SQSY06**, **SQBR01**, **SQBR05** con valores de 3,39, 3,49 y 4,60 respectivamente, que en comparación con la investigación de Galvis (2001), el rango óptimo en el cual debe estar el lulo maduro es de 2,7 a 3,0, considerando estas especificaciones solo cinco de los genotipos estudiados; este comportamiento puede ser generado por la conducta de la acidez con respecto a la maduración descrito por Mejía *et al.* (2012) donde este ácido, muestra un incremento en las estados de maduración 0 – 2 y un notable disminución en la etapa 3, considerado como el momento óptimo para la cosecha, elevándose de nuevo en los estados 4 y 5 de este empieza a disminuir incrementando los sólidos solubles totales (SST) y el pH (Rodríguez *et al.*, 2005).

Con respecto a las diferencias que presentan los materiales de lulo en cuanto a la concentración de ácidos en los frutos, Pinzón (2000) encontró diferencias en la concentración de ácidos en clones de lulo La Selva comparados con el lulo de Castilla; también reporta que el ácido cítrico es el más abundante en los

materiales de lulo evaluados, con concentraciones alrededor de 13% en jugo de frutos con 75% de maduración. Además, en el mismo grado de maduración, los ácidos cítrico, málico y oxálico alcanzan su mayor concentración en los frutos. La misma autora encontró que durante la postcosecha, en los clones de lulo La Selva y de Castilla evaluados, la concentración total de ácidos orgánicos se incrementa del cuarto al sexto día de almacenamiento a 7° C y luego decrece drásticamente a partir del sexto día. En el presente trabajo, los genotipos de lulo colectados en grado de madurez cinco, mostraron en su mayoría valores de ácidos totales superiores a los reportados por Pinzón (2000), pero similares con los resultados obtenidos por Galvis y Herrera (1999), quienes encontraron valores de acidez titulable (expresada como ácido cítrico) entre 2,8 y 5,3 después de la cosecha, de los cuales 11 de los 16 genotipos estudiados coinciden.

Los valores de acidez obtenidos coincide con el estado de madurez cinco (5) y la acumulación de azúcares (ICONTEC, 1999). Esta observación se ha llevado a cabo en otras frutas y hortalizas durante la maduración (Guzmán, 1989). Los ácidos orgánicos han sido identificados como una fuente de energía durante la respiración muy activa que se produce en la maduración, con su consecuente disminución (Osterloh *et al.*, 1996; Lancho *et al.*, 2007). El ácido orgánico contenido hace una gran contribución a color, aroma y sabor tanto en frutas y verduras, con parámetros que varían durante la maduración, en función del índice de maduración o la relación entre los sólidos solubles totales y el porcentaje de acidez mencionados (Wills, 1998).

6.4.4 Índice de Madurez:

Tabla 17. Análisis de varianza para la variable Índice de Madurez entre los 16 genotipos tolerantes al nudo radical *Meloidogyne* spp.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Grados de Libertad</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón -F</i>	<i>P-Valor</i>
Genotipo	13,17	15	0,88	6,14	0,0001
Error	9,15	64	0,12		
Total	22,32	79			

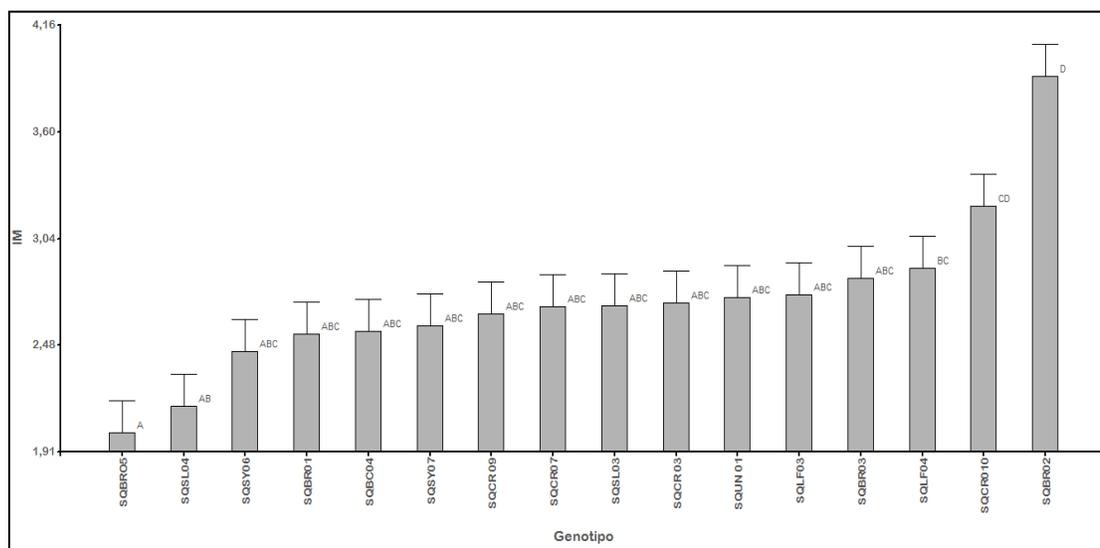
Fuente: Esta investigación.

Tabla 18. Prueba de comparación de medias (Tukey) para la variable Índice de Madurez de 16 genotipos de lulo en estado de madurez 5.

Genotipo	Media	D.E
SQBRO5	2,02	a
SQSL04	2,15	a b
SQSY06	2,44	a b c
SQBR01	2,53	a b c
SQBC04	2,55	a b c
SQSY07	2,58	a b c
SQCR09	2,64	a b c
SQCR07	2,68	a b c
SQSL03	2,68	a b c
SQCR03	2,70	a b c
SQUN01	2,73	a b c
SQLF03	2,74	a b c
SQBR03	2,83	a b c
SQLF04	2,88	b c
SQCR010	3,21	c d
SQBR02	3,89	d

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \geq 0,05$).
Fuente: Esta investigación.

Figura 19. Comparación de medias (Tukey) para la variable índice de madurez de los 16 genotipos de lulo (*Solanum quitoense* Lam.).



Fuente: Esta Investigación

En la Tabla 18, se muestran los datos de medias emitidos en el análisis estadístico con prueba de Tukey con un nivel de confianza del 95%; el cual indico que el índice de madurez de 8 genotipos de los 16 analizados se encuentran dentro de los parámetros de lulos para comercialización citados por García *et al.*, (2001) establecidos entre rangos de 2,6 a 3,2, en contraste con los datos obtenidos en esta investigación los genotipos que no están entre los rangos de índice de madurez establecido por García (2001) son **SQBR05** (2,02), **SQSL04** (2,15), **SQSY06** (2,44), **SQBR01**(2,53), **SQBC04** (2,55), **SQSY07** (2,58), estando por debajo del límite inferior de índice de madurez de 2,6; por otro lado se encuentran los genotipos **SQCR010** y **SQBR02** con valores de 3,21 y 3,89 respectivamente, resultados mayores al límite superior 3,2.

De lo anterior se deduce que los genotipos de lulo considerado como un fruto climatérico poseen un comportamiento normal el cual según el estudio realizado por Mejía *et al.*, (2012), denominado “*Caracterización Fisicoquímica de la Variedad Castilla del Lulo (Solanum quitoense Lam.) en Seis Estados de Maduración*”, que en el caso del estado 5 la acidez tiene un comportamiento ascendente desde su punto óptimo de cosecha el cual se presenta en el estado 3 y en el caso de los grados Brix estos tienden a incrementar durante el tiempo de maduración; lo que permite concluir que los genotipos que presentan un mayor índice de madurez, poseen mayor contenido de sólidos solubles totales (°Brix) debido a la reacción de degradación de los carbohidratos y azúcares, lo cual favorece al sabor, la textura y la consistencia del fruto, haciéndolo más dulce y con mayor aceptabilidad (García *et al.*, 2001).

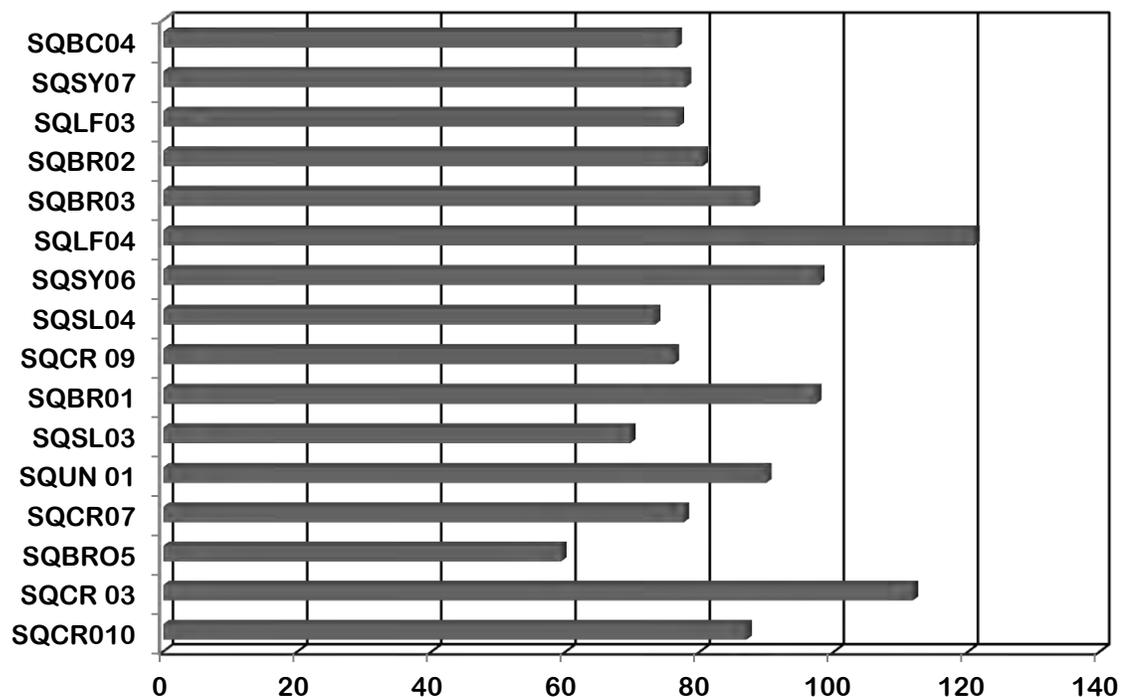
6.5 DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE POST-COSECHA: ÍNDICE DE RESPIRACIÓN.

Tabla 19. Respiración de 16 genotipos de lulo (*Solanum quitoense* Lam.)

Numero	Genotipo	Índice de Respiración (mg CO ₂ /Kg-h)	Numero	Genotipo	Índice de Respiración
1	SQCR010	86,908	9	SQSL04	73,275
2	SQCR 03	111,676	10	SQSY06	97,736
3	SQBRO5	59,276	11	SQLF04	120,900
4	SQCR07	77,554	12	SQBR03	88,107
5	SQUN 01	89,836	13	SQBR02	80,339
6	SQSL03	69,546	14	SQLF03	76,784
7	SQBR01	97,270	15	SQSY07	77,867
8	SQCR 09	76,054	16	SQBC04	76,473

Fuente: esta investigación.

Figura 20. Comportamiento de la variable Respiración en 16 genotipos de lulo (*Solanum quitoense* Lam.) para el estado 5.



Fuente: esta investigación.

La respiración es una variable relevante en la vida útil de cualquier fruta debido al intercambio gaseoso con el ambiente (Hernández, 2001). A su vez, Larcher (2003) argumenta que durante la maduración la lulo es considerado como un fruto climatérico, con una relativamente baja tasa de respiración, incluso durante el pico climatérico (Arango, 1999; Casierra, 2004), este comportamiento es descrito también por Joas *et al.*, (2012) quienes discuten que en general, los tejidos jóvenes de células en crecimiento activo tienen tasas de respiración mayor que las células más viejas o maduras.

La Figura 20. y Tabla 19. muestra los resultados obtenidos en la variable de respiración que según lo reportado por García (2001), solo 8 de los 16 genotipos estudiados cumplen con los promedios descritos por el autor para esta variable el cual se encuentra en un rango entre 55 a 77 mg CO₂/Kg.h; los demás genotipos estudiados están por encima del límite superior citados por García (2001).

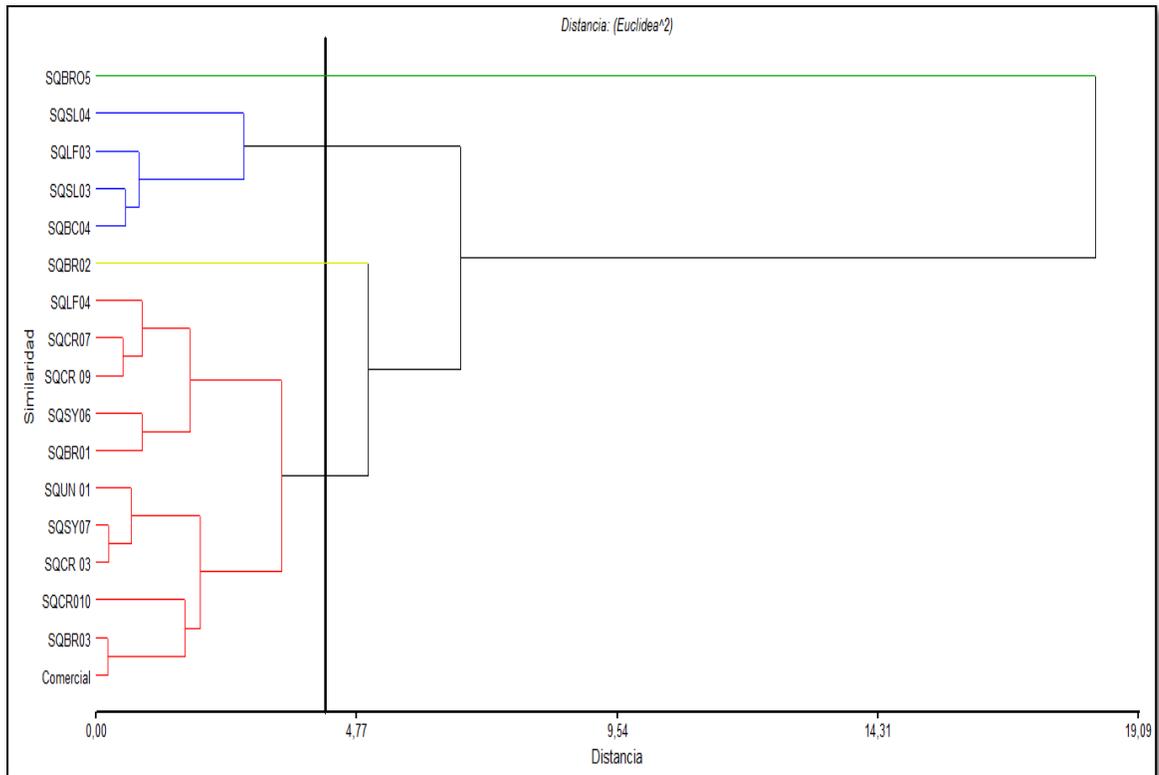
La intensidad de la tasa de respiración es un buen índice de longevidad del producto después de cosechado, indicando el deterioro en la calidad y el valor nutritivo del producto, puesto que indica la velocidad a la que la fruta consume sus reservas alimenticias (García, 2001), la producción de CO₂ se disminuye en las últimas etapas de maduración, en este caso para el estado cinco. Esta disminución es brusca en la actividad respiratoria probablemente ocasionada por la reducción de la proliferación celular con el tiempo de cosecha, se produce esta disminución debido a que los ácidos orgánicos son ampliamente utilizados como sustratos en el proceso de respiración y transformación de azúcares que conduce a un aumento en sólidos solubles (Monteiro, 2013).

En el caso de los genotipos cuya respiración es mayor a 77 mg CO₂/Kg.h hay un incremento en la producción de CO₂ que se caracteriza por el punto de climaterio, hasta alcanzar un valor máximo, lo que concuerda con la investigación realizada por Joas *et al.* (2012) que alcanzan a producir 120.99 mg CO₂.kg⁻¹.h⁻¹, explicando tal comportamiento como la entrada a la etapa de senescencia descrita por el autor.

6.6 EVALUACIÓN ORGANOLÉPTICA DE 16 GENOTIPOS DE LULO

Determinación de agrupaciones para análisis sensorial: El análisis de clúster se llevó a cabo mediante una agrupación de tipo jerárquico con variables escaladas y con una distancia Euclídea². Los clúster obtenidos en la Figura 21. permiten evaluar las agrupaciones entre las muestras, conservando la información obtenidas respecto a las variables de pH, °Brix, acidez parámetros que influyen directamente en el sabor del material vegetal.

Figura 21. Dendograma por observaciones de propiedades fisicoquímicas del lulo.



Fuente: Esta investigación

En la Figura 21. se indican cuatro clúster o agrupaciones (similaridad de 0,85) como lo detalla la Tabla 20. En donde se agrupan en orden de mayor a menor similaridad, formando grupos con colores coincidentes; debido a que en el clúster arrojó cuatro grupos de cuatro genotipos cada uno, se consideró realizar la organización presentada en dicha Tabla, conservando la similaridad y adecuando a las condiciones existentes en el análisis. Estas agrupaciones fueron usadas para realizar la prueba sensorial de preferencia, presentando grupos distribuidos así:

Tabla 20. Agrupación de genotipos para evaluación sensorial de acuerdo al análisis de clúster.

GENOTIPOS	GRUPO 1	GRUPO2	GRUPO 3	GRUPO 4
SQBR05		SQSL04		SQBR01
SQBR02		SQLF03		SQUN01
SQCR010		SQSL03		SQSY07
SQBR03		SQBC04		SQCR03

Fuente: Esta investigación

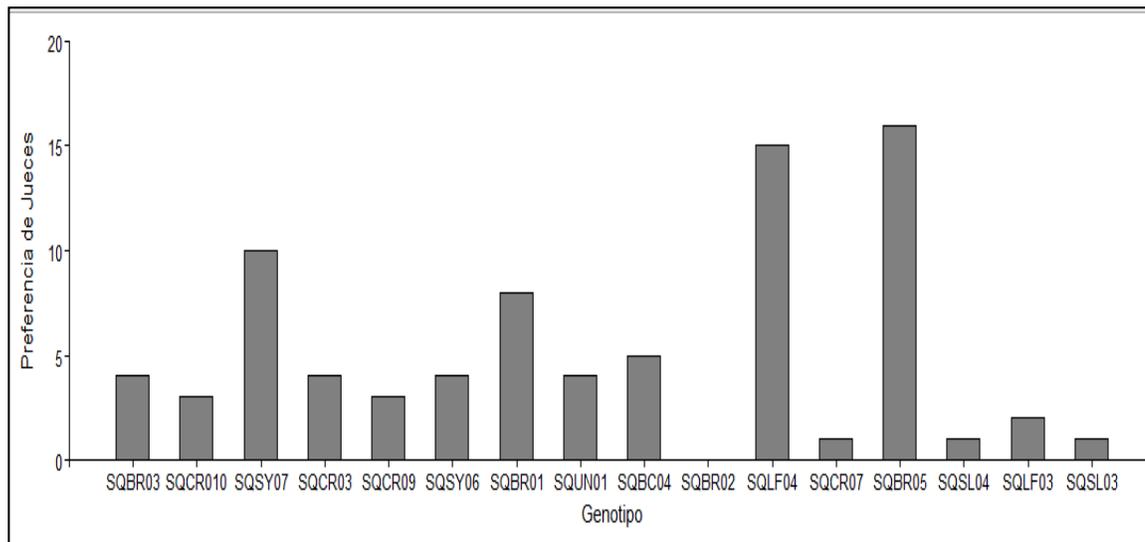
6.6.1 Prueba de preferencia. La prueba de preferencia aplicada a 20 jueces en cuatro sesiones de las agrupaciones de genotipos presentadas anteriormente (Tabla 20) arrojó los siguientes resultados.

Tabla 21. Preferencia de jueces frente a los 16 genotipos

Genotipo	Numero de Observaciones positivas (preferencias)	Significancia
SQBR03	4	Valoraciones estadísticamente no significativas.
SQCR010	3	
SQSY07	10	
SQCR03	4	
SQCR09	3	
SQSY06	4	
SQBR01	8	
SQUN01	4	
SQBC04	5	
SQBR02	0	
SQLF04	15	Quince de los jueces prefirieron este genotipo, lo cual indica que existe una diferencia significativa con un 5% de probabilidad de error (Roessler <i>et al.</i> , 1948).
SQCR07	1	Valoraciones estadísticamente no significativas.
SQBR05	16	Dieciséis de los jueces prefirieron este genotipo, lo cual indica que existe una diferencia significativa con un 5% de probabilidad de error (Roessler <i>et al.</i> , 1948).
SQSL04	1	Valoraciones estadísticamente no significativas.
SQLF03	2	
SQSL03	1	

Fuente: Esta Investigación.

Figura 22. Prueba sensorial de preferencia de los 16 genotipos.



Fuente: Esta Investigación.

La prueba de preferencia determinó que el genotipo **SQBR05** y el genotipo **SQLF04** obtuvieron una respuesta positiva mayor o igual a 15 jueces como lo establece la prueba de dos colas a un nivel de probabilidad de error 5% (Roessler *et al.*, 1948), existe diferencias significativas frente a los otros genotipos presentados en la evaluación organoléptica.

En esta investigación también se consideró al genotipo **SQSY07** el cual obtuvo un puntaje alto de aceptación de 10 observaciones positivas, aunque la prueba de dos colas a un nivel de probabilidad del 5% se considera que no existen diferencias estadísticamente significativas, sin embargo en el proceso será considerado como un material llevado a evaluación.

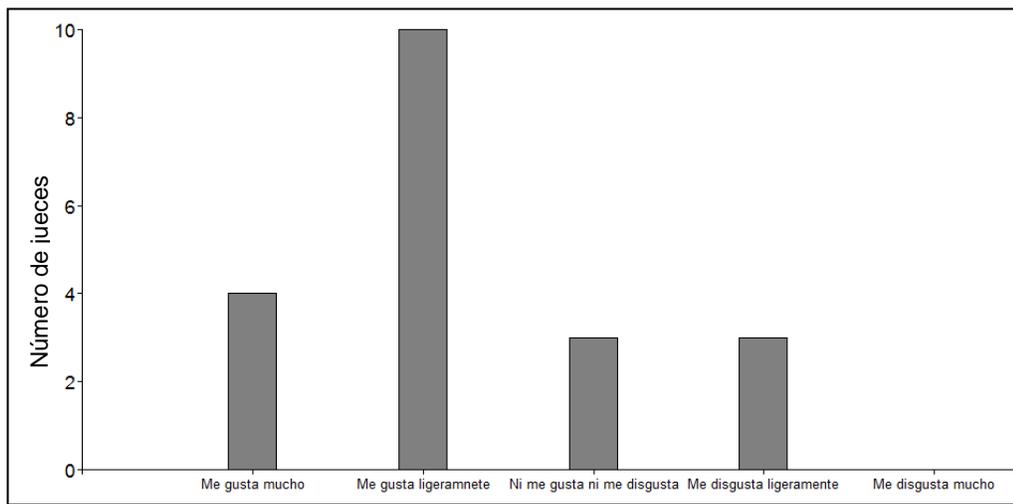
Tabla 22. Prueba de medición del grado de satisfacción.

Escala Hedónica verbal.	Genotipo		
	SQBR05	SQLF04	SQSY07
Me gusta mucho	4	7	1
Me gusta ligeramente	10	5	3
Ni me gusta ni me disgusta	3	3	14
me disgusta ligeramente	3	5	1
me disgusta mucho	0	0	1

Fuente: Esta investigación.

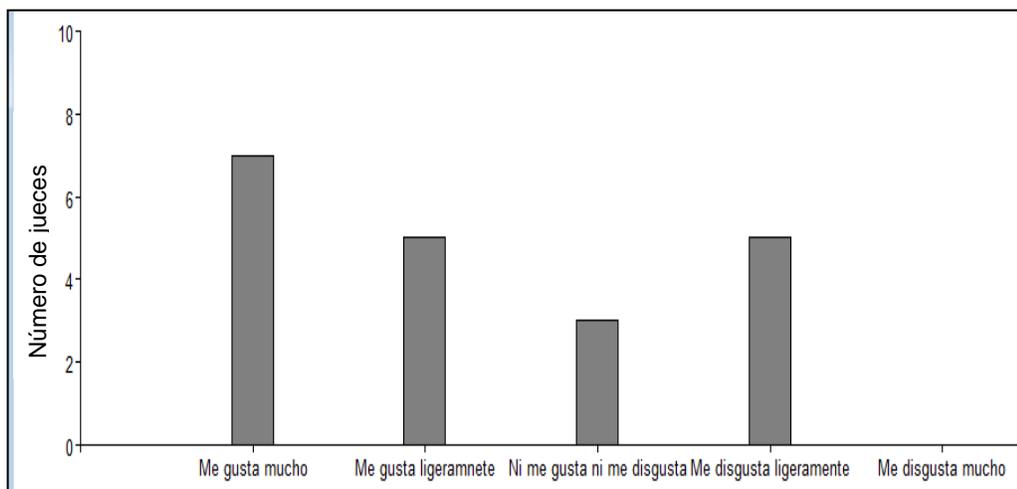
El análisis de la prueba sensorial de satisfacción permite caracterizar los genotipos evaluados de una forma objetiva en donde se considera que para los 20 jueces que representan a los consumidores cotidianos consideran el calificativo “*gusta mucho*” las cualidades organolépticas del genotipo SQLF04 considerado el mejor material de los 16 evaluados. Además el análisis permitió cualificar que el genotipo SQBR05 “*gusta ligeramente*”, y que el genotipo SQSY07 “*ni gusta ni disgusta*”, las Figuras 23, 24 y 25 determinan de forma relativa la evaluación de preferencia.

Figura 23. Prueba sensorial de satisfacción para el genotipo SQBR05.



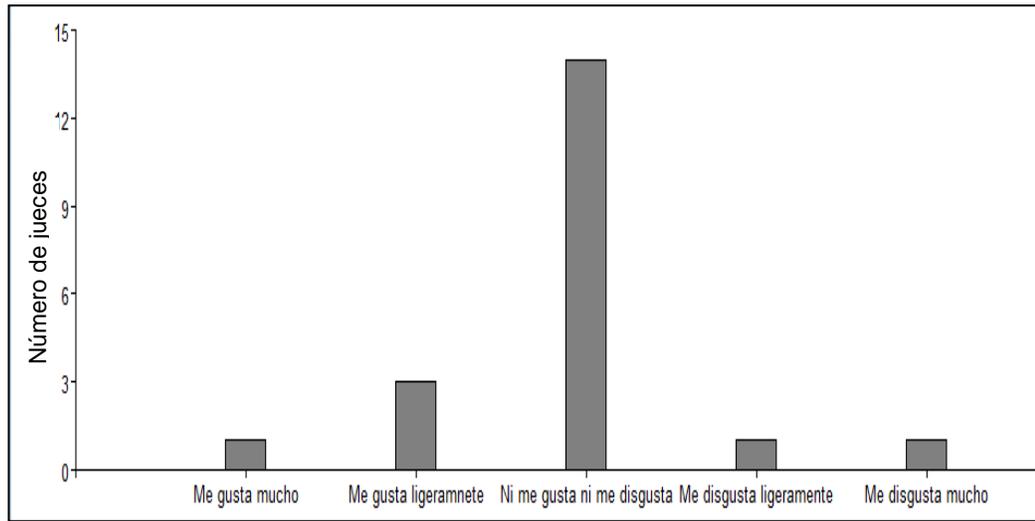
Fuente: Esta Investigación.

Figura 24. Prueba sensorial de satisfacción para el genotipo SQLF04.



Fuente: Esta Investigación

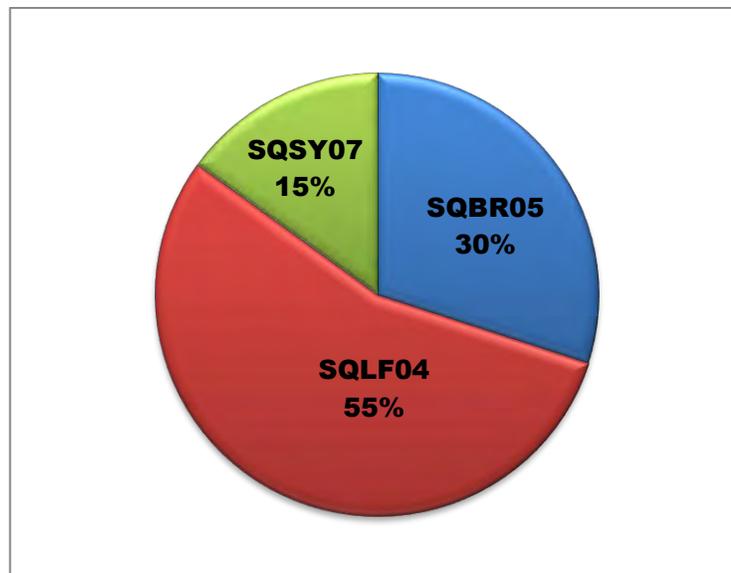
Figura 25. Prueba sensorial de satisfacción para el genotipo SQSY07.



Fuente: Esta Investigación.

6.6.2 Prueba de comparación múltiple. La prueba de comparación múltiple permitió establecer un paralelo entre los genotipos de mayor aceptación con un lulo variedad castillo tipo comercial.

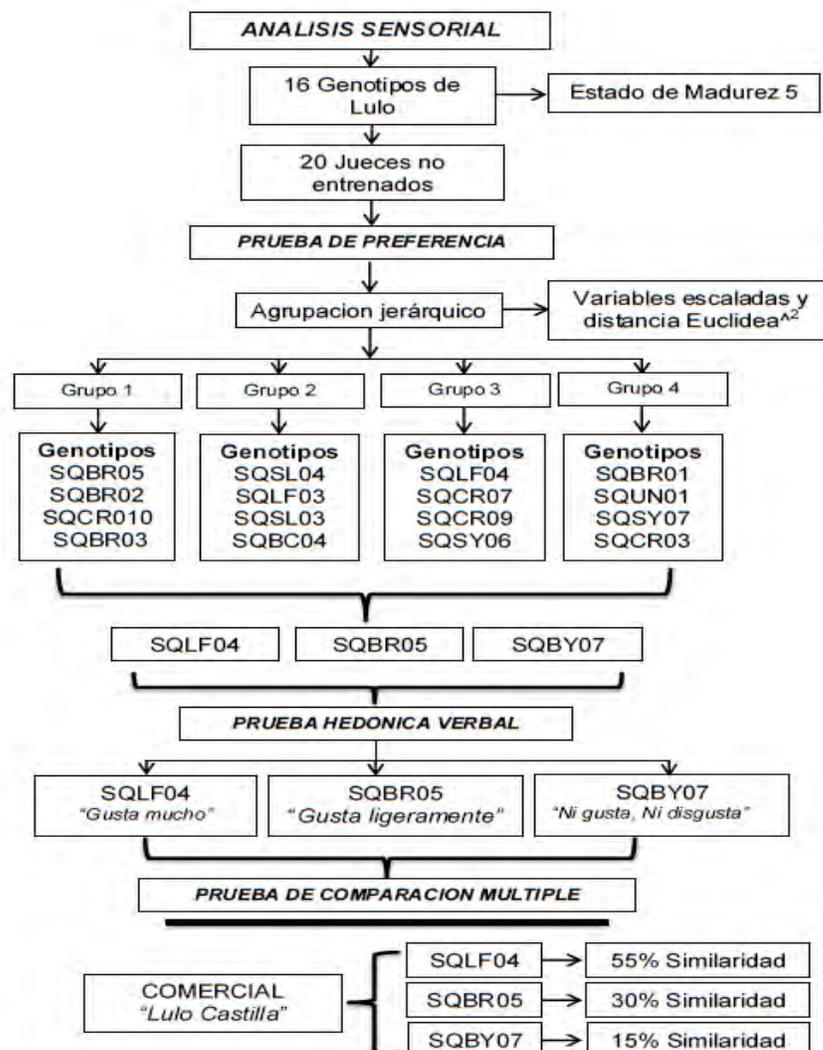
Figura 26. Prueba sensorial de comparación múltiple



Fuente: Esta Investigación.

Los jueces determinaron que el genotipo que presenta mayor similitud con el lulo comercial es el genotipo **SQLF04** considerando que a los jueces “*gusta mucho*” con un porcentaje del 55% de aceptación, es admitida satisfactoriamente y puede ser introducido en el mercado para su utilización en fresco o en procesos agroindustriales. El genotipo **SQBR05** presenta diferencias organolépticas en comparación con el lulo comercial indicando un valor de similitud del 30% descrito por los jueces que participaron en la evaluación; el genotipo **SQSY07** muestra que un porcentaje reducido de observaciones, se encaminan a indicar similitud con el néctar de lulo comercial, el análisis organoléptico califico este como neutro en la aceptación por parte de los jueces, con un porcentaje de similitud del 15%.

Figura 27. Diagrama de resultados de las pruebas de evaluación sensorial.



Fuente: Esta Investigación.

6.7 ANÁLISIS BROMATOLÓGICOS DE LOS GENOTIPOS SQLF04, SQSY07 y SQBR05

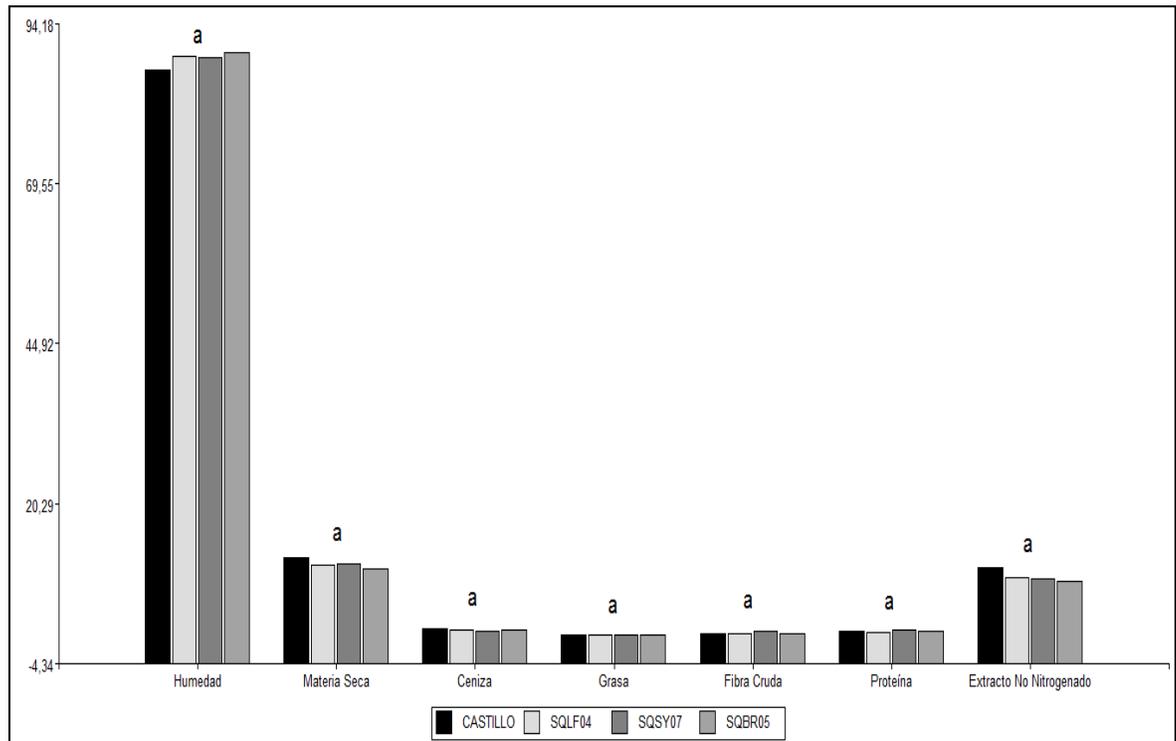
Los análisis bromatológicos realizados a los tres mejores genotipos de lulo SQLF04, SQSY07 y SQBR05 según las pruebas sensoriales aplicadas en esta investigación, evaluados por los laboratorios especializados de la Universidad de Nariño, permitieron realizar una caracterización más profunda de los genotipos evaluados, además definir variables básicos nutricionales.

Tabla 23. Resultados Bromatológicos de la pulpa de los genotipos SQLF04, SQSY07 Y SQBR05 frente a los datos teóricos del lulo comercial.

Parámetro	Unidad de medida	Variedad Castilla*	Pulpa de lulo		
			Genotipo SQLF04	Genotipo SQSY07	Genotipo SQBR05
Humedad	g/100g	87	89,2	89,0	89,7
Materia Seca	g/100g	12	10,8	11,0	10,3
Ceniza	g/100g	0,95	0,87	0,72	0,82
Grasa	g/100g	0,16	0,14	0,13	0,14
Fibra Cruda	g/100g	0,26	0,25	0,58	0,27
Proteína	g/100g	0,74	0,54	0,87	0,66
Extracto No Nitrogenado	g/100g	10,5	9,00	8,67	8,38

Fuente: Laboratorios Especializados Universidad de Nariño *(Franco, 2002).

Figura 28. Comparación de los resultados del análisis bromatológico frente al lulo variedad castillo



Fuente: Esta Investigación.

Los resultados encontrados en la investigación reportados por los Laboratorios especializados de la Universidad de Nariño (ANEXO 4), en comparación con el lulo comercial variedad castilla reportado por Franco, (2002) permiten establecer que los tres genotipos SQLF04, SQSY07 y SQBR05 se encuentran dentro de los rangos descritos teóricamente, de acuerdo a las variables evaluadas: humedad, materia seca, ceniza, grasa, fibra cruda, proteínas y extracto no nitrogenado, como se muestra en la Figura 28; en donde la comparación de los datos teóricos con los obtenidos no presenta variabilidad.

La caracterización bromatológica de los genotipos antes mencionados en conjunto con la caracterización fisicoquímica y sensorial permiten establecerlos en el mercado como lulos aprovechables que a nivel nutricional, no muestran diferencias entre los resultados teóricos y los resultados obtenidos en esta investigación (ANEXO 4), presentando características agronómicas descritas por Gelpud *et al.*, (2011), respecto a la incidencia del nemátodo, para la investigación al ser moderadamente resistentes (genotipos SQLF04 y SQSY07 y resistente (genotipo SQBR05), a la enfermedad del nudo radical del lulo.

7. CONCLUSIONES

Las características físicas diámetro y peso de los genotipos permitió clasificar a los lulos de acuerdo a la norma técnica NTC 5093 de 2002 como frutos en categoría extra considerando diámetros superiores a 3,5 cm y para el caso del peso como medianamente livianos por poseer pesos inferiores a 100 gr.

El estado de madurez tiene un relación directamente proporcional con el color e inversamente proporcional a la textura, ya que los frutos del lulo que presentan mayor intensidad en la tonalidad anaranjada tiene menores valores de textura en cada uno de los genotipos evaluados para estado de madurez cinco (5).

El porcentaje de pulpa promedio de los materiales evaluados se encontró en 57%, lo cual indica que los genotipos pueden ser aceptados a nivel industrial por su potencialidad de material aprovechable.

La caracterización de los frutos de lulo permitió establecer contrastes que registro diferencias significativas entre los genotipos de acuerdo a las variables fisicoquímicas, postcosecha y sensoriales en donde se destacan los tres mejores genotipos: **SQLF04** y **SQSY07** (moderadamente resistentes al nematodo) y el genotipo **SQBR05** (resistente frente a la enfermedad del nudo radical) generar ventajas en la productividad agrícola y por ende en la procesamiento y comercialización del producto.

La caracterización sensorial permitió definir a los tres mejores genotipos entre los cuales el más destacado es el genotipo SQLF04 con valores de aceptación de 15 jueces y una similitud del 55% respecto al lulo comercial, seguido por el genotipo SQBR05 con aceptación de 16 jueces y una similitud del 30% y finalmente el genotipo SQSY07 con valores de aceptación de 10 jueces y similitud del 15% frente al lulo comercial.

Las variables bromatológicas de humedad, materia seca, ceniza, grasa, fibra cruda, proteína, y extracto no nitrogenado, determinados en esta investigación son consecuentes con los datos teóricos reportados para el lulo, es por ello que los genotipos evaluados se encuentran dentro de los rangos aceptables como parte de la caracterización nutricional para los frutales como lo es para la variedad del lulo castillo.

8. RECOMENDACIONES

Ampliar las investigaciones respecto a los genotipos evaluados en diferentes estados de madurez fisiológica que permitan evaluar su comportamiento a lo largo de toda su vida útil.

Enfocar estudios en cuanto al procesamiento y aprovechamiento de los mejores genotipos arrojados en la investigación que permitan determinar un canal de comercialización propendiendo a contribuir al desarrollo social sostenible de la región.

Es importante indicar que la caracterización fisicoquímica debe propender a indicar nuevos materiales de lulo (*Solanum quitoense* Lam.), que pueda ser resistente al nemátodo del nudo radical causado por *Meloydoyine* ssp. y cumpla con los requerimientos básicos de comercialización.

BIBLIOGRAFIA

ANZALDUA, A. La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y en la práctica. Zaragoza. Editorial ACRIBIA, S.A. 1994.

AOAC. (Association of Official Analytical Chemists). Official Methods of Analysis. Virginia, 1990.

ARANGO, H.; VAILLANT, F.; VÉLEZ, C.; MILLAN, P.; REYNES, M. Evaluation of post-harvest performance of naranjilla (*Solanum quitoense* Lam.) fruits packed under modified atmosphere. *Fruits*. No. 54: 1990.

BERNAL, I. Análisis de alimentos. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Bogotá, 1994.

BERNAL, J.; CORDOBA, O.; FRANCO, G. Cultivo del Lulo (*Solanum quitoense* Lam.). Memorias, Primer Seminario de Frutales de Clima Frio Moderado. Manizales, Colombia. En: PINZON, M.L. (2000). Propiedades Físicas de Cosecha y Postcosecha de Frutos de Lulo "LA SELVA". Armenia, Colombia. 1996.

BOSQUEZ, E. Actividad Respiratoria. Manual de prácticas de laboratorio de fisiología postcosecha de frutas y hortalizas, 1992.

BOTERO, C. Descripción morfológica y determinación de tiempos fenológicos, cualificación del vigor en 15 materiales de lulo (*Solanum quitoense* Lam.) en el departamento de Risaralda. Tesis de pregrado. Facultad de Ciencias Agrícolas. Programa de Agronomía. Santa Rosa de Cabal, Risaralda, Colombia. (Trabajo en proceso). 2010.

CAMPANA, B. Índices de madurez, cosecha y empaque de frutas. pp. 705-768. En: Sozzi, G.O. (ed.). Árboles frutales: ecofisiología, cultivo y aprovechamiento. Editorial Facultad de Agronomía, Buenos Aires: Universidad de Buenos Aires, 2007.

CARDENAS, E. Identificación de Híbridos de Lulo y Tomate de Árbol (*Solanum betaceum* Cav.) Mediante Marcadores Moleculares Cos II. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá. En: RIASCOS, M., SANTACRUZ, A., LAGOS, C., CHECA, O. (2009). Caracterización Morfológica de 39 Genotipos de la Colección de Lulo *Solanum quitoense* Lam. De la Universidad de Nariño en el Municipio de Buesaco - Nariño.

CASIERRA, F.; GARCÍA, E.; LUDDERS, P. Determinación del punto óptimo de cosecha en el lulo (*Solanum quitoense* Lam. var. *quitoense* y *septentrionale*). *Agronomía Colombiana*. 2004.

CAYÓN, D.; GIRALDO, G.; ARCILA, M. Postcosecha y agroindustria del plátano en el eje cafetero de Colombia. Bogotá, Colombia: CORPOICA. 2000.

CEPEDA, M. Nematología Agrícola. México: Trillas, 1996. 305p.

CHECA, O. Caracterización Morfológica de 39 Genotipos de la Colección de Lulo *Solanum quitoense* Lam. De la Universidad de Nariño en el Municipio de Buesaco - Nariño. 2009.

CHEN, C.; RAMASWAMY, H. Color and texture change kinetics in ripening bananas. *LWT-Food Sci Technol.* Aug; 35 (5): 2002.

CHRISTIE, J. Nemátodos de los vegetales: su ecología y control. Limusa, México. 275p. En: MOLINA, M., ROSERO, V., SALAZAR, C., (2007). Biocontrol del Nemátodo Agallador *Meloidogyne* spp. En Lulo *Solanum quitoense* Lam. En Invernadero. Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad de Nariño. San Juan de Pasto.

CONSOLIDADO AGROPECUARIO DE NARIÑO. San Juan de Pasto, Septiembre de 2009.

CORTÉS, M. Desarrollo de productos de manzana deshidratados enriquecidos con vitamina E. [PhD Thesis]. Valencia, España: Universidad Politécnica de Valencia. 2011.

DELGADO, M. Manual imprescindible de Photoshop 7. Madrid: Ed. Anaya Multimedia. 2002.

DI RIENZO, J.; CASANOVES, F.; BALZARINI, N.; GONZALES, L.; TABLADA, M.; ROBLEDO, C. InfoStat Versión 2012. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL [http:// www.infostat.com.ar](http://www.infostat.com.ar).

DÍAZ, J.; MANZANO, J. Calidad en Lulo (*Solanum quitoense* Lam.) Almacenados a Diferentes Temperaturas, Univ. Centro occidental Lisandro Alvarado, Apto 400, Barquisimeto, Lara, Venezuela. *Proc. interamer. Joe. Trop. Hort.* 2002. 46:27-28.

FAO, Manual para el mejoramiento del manejo postcosecha de las frutas y hortalizas, serie tecnológica postcosecha 6. 2006.

FISCHER, G. Ecofisiología de frutales de clima frío moderado. p.51-59. En: Memorias III Seminario Nacional e Internacional de Frutales de Clima Frío. Centro de Desarrollo Tecnológico de Frutales, CDTF, Manizales, Colombia. 2000.

FISCHER, G.; HERRERA A.; ALMANZA, P. Cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.). pp. 374-396. En: Yahia E.M. (ed.). *Postharvest biology and technology of*

tropical and subtropical fruits. Vol. 2. Acai to citrus. Woodhead Publishing Ltd., Cambridge, UK. 2011.

FISCHER, G.; RAMÍREZ, F.; ALMANZA-MERCHÁN, P. Inducción floral, floración y desarrollo del fruto. pp. 120-140. En: Fischer, G. (ed.). Bogotá: Manual para el cultivo de frutales en el trópico. Produmedios, 2012.

FONDO NACIONAL DE FOMENTO HORTIFRUTÍCOLA (FNFH). Asociación Hortifrutícola de Colombia (Asohofrucol), Sociedad de Agricultores y Ganaderos del Valle del Cauca (SAG). Plan Frutícola Nacional (PFN). Desarrollo de la fruticultura en Nariño Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR). Gobernación de Nariño. Pasto, 2006.

FONDO REGIONAL DE TECNOLOGÍA AGROPECUARIA “FONTAGRO”, Informe final técnico proyecto —productores de lulo y mora competitivos mediante selección participativa de clones élite, manejo integrado del cultivo y fortalecimiento de cadenas de valor fontagro mora lulo, Centro Internacional de Agricultura Tropical –CIAT, Palmira. II 2008.

FORY, S. P. 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. 2005. 89p.

GALLO, F. Manual de fisiología, patología postcosecha y control de calidad de frutas y hortalizas. 2nd Ed. Armenia, Colombia: Editorial SENA Regional Quindío. Convenio SENA-Reino Unido. 1999. p. 406.

GALVIS, A.; HERRERA, A. El Lulo Manejo Postcosecha. Convenio SENA-UN ICTA. 2001.

GALVIS, J.; HERRERA, A. El lulo *Solanum quitoense* Lam. Manejo de postcosecha. Convenio SENA – Universidad Nacional de Colombia- Instituto Colombiano de Ciencia y Tecnología de Alimentos (ICTA). Bogotá: Colombia: Publicaciones SENA. 1999. 59 p.

GARCÍA, F.; OBANDO, J.; BETANCOURT, C. Reconocimiento de especies de *meloidogyne* en Tomate de árbol (*Solanum betacea* L.) y lulo (*Solanum quitoense* L.) en la zona norte del Departamento de Nariño. Revista de Ciencias Agrícolas - Volumen XXI- Número I-II. 2004.

GARCIA, M. & GARCIA, H. Manejo Cosecha y Postcosecha de mora, lulo y tomate de Árbol. Bogotá: CORPOICA, 2001. 2001.

GARCÍA, R. El cultivo de lulo en la zona cafetera colombiana. Federación Nacional de Cafeteros. Revista cafetera de Colombia. V3 N°2 1997.

GELPUD C, MORA E, SALAZAR C, BETANCOURTH C. Susceptibilidad de genotipos de *Solanum* spp. al nemátodo causante del nudo radical *Meloidogyne* spp. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, Pasto, Colombia. 2011.

GIL, G. Fruticultura: la producción de fruta. Ediciones Universidad Católica de Chile, Santiago. 2006.

GÓMEZ, E.; FRANCO C.; GALLEGO, J. Análisis de crecimiento de lulo “La Selva” (*Solanum quitoense* Lam), en condiciones del departamento de Caldas. Rev. Comalfi 32(1): 43-51 2005.

GRIERSON, D.; SMITH, C.; MORRIS, P. Manipulating fruit ripening physiology. In Manipulation of Fruit (ed. C Wright), Butterworths, London. En: PINZON, M. (2000). Propiedades Físicas de Cosecha y Postcosecha de Frutos de Lulo “LA SELVA”. Armenia, Colombia. 1989.

GUZMÁN, N.; SEGURA, E. Tecnología de frutas y hortalizas. Bogotá, Colombia: Editorial Unisur; 1989.

HART, L. Y JOHNSTONE, H. Análisis Moderno de los Alimentos. Acriba, Zaragoza, 1991.

HEISER, C., The naranjilla (*Solanum quitoense*), the cocona (*S. sessiliflorum*) and their hybrid. Gene conservation and exploitation. 20 th Stadler Generics Symposium/Stadler Genetics Symposium. New York. En: PINZON, M.L. (2000). Propiedades Físicas de Cosecha y Postcosecha de Frutos de Lulo “LA SELVA”. Armenia, Colombia. 1993.

HERNÁNDEZ, G.; JIMÉNEZ, G.; JIMÉNEZ, A. Y ARCEO, G. Caracterización de las intoxicaciones agudas por plaguicidas: perfil ocupacional y conductas de uso de agroquímicos en una zona agrícola del Estado de México, México. Rev. *Int. Contam. Ambient.* Vol. 23, 159-167. 2007.

HERNÁNDEZ, M. & MARTÍNEZ, O. Modelos de crecimiento para el fruto del lulo (*Solanum quitoense* Lam). En: Agricultura Tropical. Vol. 30, No. 3; p. 85-97. http://www.agronet.gov.co/www/docs_agronet/20101715620_AnuarioEstadisticoodefrutasyhortalizas2004-2008.pdf 10p.; consulta: marzo 2010. En: MOLINA, M.,

INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO. Manejo fitosanitario del cultivo del lulo (*Solanum quitoense* Lam.). Medidas para la temporada Invernal. Bogotá. 2011.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Norma Técnica Colombiana. NTC 4623. Productos de frutas y verduras. Determinación de la acidez titulable. Bogotá. 1999.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. NORMA TÉCNICA COLOMBIANA. NTC 5093. Frutas frescas. Lulo de Castilla. Especificaciones. Bogotá: ICONTEC; 2002.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. NORMA TÉCNICA COLOMBIANA. NTC 5422. Empaque y embalaje de frutas, hortalizas y tubérculos frescos. Bogotá: ICONTEC; 2007.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. NORMA TÉCNICA COLOMBIANA. NTC 1265. Lulo. Bogotá: ICONTEC; 1979.

JOAS, J.; VULCAIN, E.; DESVIGNES, C.; MORALES, E.; LÉCHAUDEL, M. Physiological age at harvest regulates the variability in postharvest ripening, sensory and nutritional characteristics of mango (*Mangifera indica* L.) cv. Cogshall due to growing conditions. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, London, v. 92, n. 6, 2012.

KAYS, S. *Postharvest biology*. Exon Press, Athens, GA. 2004.

LANCHERO, O.; VELANDIA, G.; FISCHER, G.; VARELA, N.; GARCIA, H. Comportamiento de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) en postcosecha bajo condiciones de atmósfera modificada activa. *Revista Corpoica. Ciencia y Tecnología Agropecuaria*. 8 (1); 2007.

LARA, C.; NEIRO, L.; OVIEDO, L. Evaluación fisicoquímica y bromatológica de la guayaba agria (*Psidium araca*) en dos estados de maduración. Universidad de Córdoba. Departamento de Química. Montería Colombia. 2007.

LARCHER, W. *Physiological plant ecology: ecophysiology and stress physiology of functional groups*. 4ed. New York: Springer. 2003.

LOBO, M. Papel de la variabilidad genética en el desarrollo de los frutales andinos como alternativa productiva. En: *Memorias. 3er Seminario de Frutales de Clima Frío Moderado*. Centro de Desarrollo Tecnológico de Frutales, Manizales, Noviembre 15 al 17 de 2000.

LOBO, M. Posibilidades y perspectivas del desarrollo de programas de mejoramiento en frutales andinos. Visión conceptual. En: *Memorias V Seminario Nacional e Internacional de Frutales*. C.D.T.F.; Universidad Nacional, sede Manizales; CDC; Universidad de Caldas, Corpoica. 11-13 agosto de 2004. Manizales. 2000.

LONDOÑO M. Diferencias entre variedades del Lulo [En línea]. [27 de Julio de 2013]. Disponible en: http://www.elcolombiano.com/BancoConocimiento/D/diferencias_entre_variedades_de_lulo/diferencias_entre_variedades_de_lulo.asp.

MARÍN, P.; HERNÁNDEZ, M. Descripción preliminar u montaje de bando de germoplasma de materiales de lulo (*Solanum quitoense* Lam.) y especies relacionadas. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. Citado por Gamboa F.; Morera v. 2002. Caracterización morfológica de tres introducciones de naranjilla (*Solanum quitoense* Lam.). Costa Rica 1988.

MATAS, E.El pH en la conservación de alimentos. En: Aula Chocovic, <http://www.aulachocovic.es/docs>; consulta: agosto de 2008.

MEJIA, A. & MUÑOZ, L. Productores de Lulo y Mora Competitivos Mediante Selección Participativa de Clones Elite. En: MOLINA, M., ROSERO, V., 2008.

SALAZAR, C., Biocontrol del Nemátodo Agallador *Meloidogyne* spp. En Lulo *Solanum quitoense* Lam. En Invernadero. Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad de Nariño. San Juan de Pasto. 2007.

MEJÍA, D.; GAVIRIA, A.; DUQUE, C.; RENGIFO, R.; AGUILAR, F.; ALEGRÍA, S. Caracterización Físicoquímica de la Variedad Castilla del Lulo (*Solanum quitoense* Lam.) en Seis Estadios de Maduración. Centro de Biología Molecular y Biotecnología (CENBIOTEP). Universidad Tecnológica de Pereira. A.A 097. Pereira, Risaralda, Colombia. 2012.

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL. (n: Anuario estadístico de frutas y hortalizas 2004-2008 sus calendarios de siembras y cosechas Colombia

MOLINA, M.; ROSERO, V.; SALAZAR, C. Biocontrol del Nemátodo Agallador *Meloidogyne* spp. En Lulo *Solanum quitoense* Lam. En Invernadero. Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad de Nariño. San Juan de Pasto. 2007.

MONTAÑO P., TORO J., Frutas tropicales de Colombia para el mundo: producción, agroindustria, comercialización y cadena productiva Colombian tropical fruits for the world: production, agroindustry, marketing and productive chain, Primer Simposio Colombiano sobre Producción, Agroindustria y Comercialización de Frutas Tropicales, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA), Centro de Investigación de Palmira, Corporación Regional Autónoma del Valle del Cauca (CVC). 2007.

MONTEIRO, P.; LOPES, D.; CHAMHUM, L.; PEREIRA, D.; CECON, P. DESENVOLVIMENTO DOS FRUTOS DE LULO (*Solanum quitoense* LAM), EM

VIÇOSA-MG. Mestre. Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Fitotecnia. Av. Peter Henry Rolfs, s/n, 36570-000 Viçosa-MG. pedro.matarazzo@yahoo.com.br (endereço para correspondência), Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal - SP, v. 35, n. 1 2013.

MUNERA, G. Nemátodos asociados con el cultivo del lulo. pp. 135-141. En: Giraldo, M.J. y J.P. Higuera. (eds.). Memorias IV Seminario de Frutales de Clima Frío Moderado. Corpoica Universidad Pontificia Bolivariana, Centro de Desarrollo Tecnológico de Frutales, Medellín. En: MOLINA, M., ROSERO, V., 2002.

OSPINA-MONSALVE D, CIRO-VELÁSQUEZ H, ARISTIZÁBAL-TÓRRES I. Determinación de la fuerza de la fractura superficial y fuerza de firmeza en frutas de lulo (*Solanum quitoense* x *Solanum hirtum*). Rev Fac Nal Agr.; 60 (2): 4163-4178. 2007.

OSTERLOH, A.; EBERT, G.; HELD, WH.; SCHULZ, H.; URBAN, E. Lagerung von Obst und Südfrüchten. Stuttgart, Duetschland: Ulmer Verlag. 1996.

PANTASTICO, E. Fisiología de la post-recolección, manejo y utilización de frutas y hortalizas tropicales y subtropicales. México: Continental. 1979.

PINZON, M. Propiedades Físicas de Cosecha y Postcosecha de Frutos de Lulo "LA SELVA". Armenia, Colombia. 2002.

PITARCH, A.; LÓPEZ, F.; SERRANO, R. Y HERNÁNDEZ, F. Multiresidue determination of organophosphorus and organochlorine pesticides in human biological fluids by capillary gas chromatography. Fresen. J. Anal. Chem. 369, 502-509. 2001.

REID, M. Maturation and maturity indices. pp. 55-62. En: Kader, A.A. (ed.). Postharvest technology of horticultural crops. 3th edition. University of California, Agricultura and Natural Resources, Publication 3311. Oakland, CA. 2002.

REINA, C.; ARAUJO, C.; MANRIQUE, I. Manejo postcosecha y evaluación de la calidad del Lulo (*Solanum quitoense* sp.) que se comercializa en la ciudad de Neiva. Facultad de Ingeniería, Universidad Sur-colombiana, Neiva, Colombia. 1988.

RENQUIST, R.A. & J.B. REID. Quality of processing tomato (*Lycopersicon esculentum*) fruit from four bloom dates in relation to optimal harvest timing. New Zeal. J. Crop Hort. Sci. 26. 1998.

RIASCOS, M.; SANTACRUZ, A.; LAGOS, C.; CHECA, O. Caracterización Morfológica de 39 Genotipos de la Colección de Lulo (*Solanum quitoense* Lam.) De la Universidad de Nariño en el Municipio de Buesaco - Nariño. 2009.

RODRÍGUEZ, D.; PATIÑO, M.; MIRANDA, D.; FISCHER, G.; GALVIS, J. Efecto de dos índices de madurez y dos temperaturas de almacenamiento sobre el comportamiento en postcosecha de la pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus* Haw.). *Rev Fac Nal Agr Medellín*. 58 (2): 2827-2857. 2005.

ROSETO, V., SALAZAR, C., Biocontrol del Nemátodo Agallador *Meloidogyne* spp. En Lulo *Solanum quitoense* Lam. En Invernadero. Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad de Nariño. San Juan de Pasto. 2007.

SALAZAR, C. Biocontrol del Nemátodo Agallador *Meloidogyne* spp. En Lulo (*Solanum quitoense* Lam.) En Invernadero. Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad de Nariño. San Juan de Pasto. 2007.

SECRETARIA DE AGRICULTURA Y MEDIO AMBIENTE FONDO NACIONAL DE FOMENTO HORTOFRUTÍCOLA. Acuerdo de competitividad de la cadena productiva de los cítricos en Colombia. 2007.

SEGOVIA, B. Optimización de la generación de lulo (*Solanum quitoense*) orientado a la transformación genética de la planta. Universidad Internacional de Andalucía y el CIAT. En: RIASCOS, M., SANTACRUZ, A., LAGOS, C., CHECA, O. (2009). Caracterización Morfológica de 39 Genotipos de la Colección de Lulo *Solanum quitoense* Lam. De la Universidad de Nariño en el Municipio de Buesaco - Nariño. 2002.

SOZZI, G. Fisiología de maduración de los frutos de especies leñosas. pp. 668-687. En. Sozzi, G.O. (ed.). Árboles frutales: ecofisiología, cultivo y aprovechamiento. Editorial Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires. 2007.

TAMAYO, P.. Principales Enfermedades del Tomate de Árbol, la Mora y el Lulo en Colombia. CORPOICA. Regional Cuatro. Centro de Investigación "LA SELVA". Rionegro. Antioquia. 2001.

VITERI, D.; VÁSQUEZ, C.; LEÓN, F.; VIERA, W.; POSSO, M.; HINOJOSA, A.; REVELO, J.; OCHOA, J. Características agronómicas de naranjilla de jugo mejorada INIAP quitoense- 2009 injertada en patrones de solanáceas silvestres resistentes a *Fusarium oxysporum* y *Meloidogyne incognit*. Instituto Nacional de Investigadores Agropecuarias. 2009.

WALISZEWSKI, S.; BERMÚDEZ, M.; SILVA, C.; INFANZÓN, R.; CARVAJAL, O.; GÓMEZ, A.; VILLALOBOS, P.; SALDAÑA, V.; MELO, G.; ESQUIVEL, S.; CASTRO, F.; OCAMPO, H.; TORRES, J. Y HAYWARD JONES, P. DDT's, HCH and HCB levels in breast adipose tissue in women with breast tumors. *Rev. Int.Contam. Ambient.* 2, 2005.

WILLS, R.; MCGLASSON, B.; GRAHAM, D.; JOYCE, D. Postharvest. An introduction to the physiology and handling of fruit, vegetables and ornamentals. 4th ed. Adelaide, Australia: Hyde Park Press; 1988.

ZULETA, J. Caracterización morfo agronómica de germoplasma de lulo *Solanum quitoense* Lam y *Solanum quitoense* x *Solanum hirtum* y evaluación de la resistencia al pasador del fruto *Neoleucinodes elegantalis* Guenée. Tesis de maestría. Facultad de Ciencias Agrícolas. Programa de Agronomía. Santa Rosa de Cabal, Risaralda, Colombia. (Trabajo en proceso). 2010.

ANEXOS

ANEXO 1. Formatos de pruebas sensoriales para el análisis de 16 genotipo de lulo (*Solanum quitoense* Lam.).



EVALUACIÓN POSTCOSECHA Y DE CALIDAD FÍSICOQUÍMICA DE DIECISÉIS (16) GENOTIPOS DE LULO (*Solanum quitoense* Lam.) TOLERANTES AL NUDO RADICAL CAUSADO POR *Meloidogyne* spp.



Nombre: _____ Fecha: _____

**NECTAR DE LULO
PRUEBA DE ACEPTACION**

Frente a usted encontrara cuatro muestras codificadas, pruébelas e indique cuál de las cuatro muestras prefiere usted respecto al sabor.

731
435
964
894

OBSERVACIONES:

MUCHAS GRACIAS



EVALUACIÓN POSTCOSECHA Y DE CALIDAD FÍSICOQUÍMICA DE DIECISÉIS (16) GENOTIPOS DE LULO (*Solanum quitoense* Lam.) TOLERANTES AL NUDO RADICAL CAUSADO POR *Meloidogyne* spp.



Nombre: _____ Fecha: _____

**NECTAR DE LULO
MEDICION DEL GRADO DE SATISFACCION**

Pruebe el producto que se presenta a continuacion. Por favor marque con una X que indique su opinion acerca de cada muestra.

	312	918	549
Me gusta mucho	_____	_____	_____
Me gusta ligeramente	_____	_____	_____
Ni me gusta ni me disgusta	_____	_____	_____
Me disgusta ligeramente	_____	_____	_____
Me disgusta mucho	_____	_____	_____

Comentarios:

MUCHAS GRACIAS



**EVALUACIÓN POSTCOSECHA Y DE CALIDAD FÍSICOQUÍMICA DE DIECISÉIS
(16) GENOTIPOS DE LULO (*Solanum quitoense* Lam.) TOLERANTES AL NUDO
RADICAL CAUSADO POR *Meloidogyne* spp.**



Nombre: _____ Fecha: _____

**NECTAR DE LULO
PRUEBA DE COMPARACION MULTIPLE**

Frente a usted encontrara una muestra de referencia marcada con la letra **R**, y cuatro muestras marcadas en clave.

Una de las muestras presentadas es idéntica a **R** las demás son diferentes.

¿Cuál de las muestras presentadas es idéntica a **R**? Márquela con una X.

312

918

549

OBSERVACIONES: _____

MUCHAS GRACIAS.

ANEXO 2. ANOVAS para características fisicoquímicas entre estados de madurez 4 y 5.

TABLA ANOVA para pH entre Estado 4 y Estado 5.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Grados de Libertad</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón -F</i>	<i>P-Valor</i>
Genotipo	6,4E-04	1	6,4E-04	0,01	0,9186
Error	9,64	158	0,06		
Total	9,64	159			

Fuente: Esta Investigación

TABLA 24. ANOVA °Brix entre estado 4 y Estado 5.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Grados de Libertad</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón -F</i>	<i>P-Valor</i>
Genotipo	11,67	1	11,67	10,27	0,0016
Error	179,59	158	1,14		
Total	191,26	159			

Fuente: Esta Investigación

TABLA ANOVA para Acidez para estado 4 y Estado 5.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Grados de Libertad</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón -F</i>	<i>P-Valor</i>
Genotipo	0,38	1	0,38	1,36	0,2450
Error	43,85	158	0,28		
Total	44,23	159			

Fuente: Esta Investigación

TABLA ANOVA para Índice de Madurez para estado 4 y Estado 5.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Grados de Libertad</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón -F</i>	<i>P-Valor</i>
Genotipo	0,47	1	0,47	1,70	0,1943
Error	43,67	158	0,28		
Total	44,14	159			

Fuente: Esta Investigación.

TABLA ANOVA para porcentaje de pulpa para estado 4 y Estado 5.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Grados de Libertad</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón -F</i>	<i>P-Valor</i>
Genotipo	4,17	1	4,17	0,18	0,6713
Error	3596,65	156	23,06		
Total	3600,82	157			

Fuente: Esta Investigación

ANEXO 3. ANOVAS para parámetros físicos estado de madurez 5.

TABLA. ANOVA para diámetro.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Grados de Libertad</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón -F</i>	<i>P-Valor</i>
Genotipo	4,50	15	0,30	2,23	0,0141
Error	8,63	64	0,13		
Total	13,13	79			

Fuente: Esta Investigación

TABLA ANOVA para peso.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Grados de Libertad</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón -F</i>	<i>P-Valor</i>
Genotipo	5054,49	15	336,97	2,99	0,0012
Error	7214,83	64	112,73		
Total	12269,32	79			

Fuente: Esta Investigación

TABLA ANOVA para peso de semillas.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Grados de Libertad</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón -F</i>	<i>P-Valor</i>
Genotipo	50,84	15	3,39	23,21	<0,0001
Error	9,35	64	0,15		
Total	0,19	679			

Fuente: Esta Investigación

TABLA ANOVA para peso de cascara.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Grados de Libertad</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón -F</i>	<i>P-Valor</i>
Genotipo	1113,75	15	74,25	4,74	<0,0001
Error	1001,99	64	15,66		
Total	2115,75	79			

Fuente: Esta Investigación

TABLA ANOVA para peso de pulpa.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Grados de Libertad</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón -F</i>	<i>P-Valor</i>
<i>Genotipo</i>	2026,52	15	135,10	1,38	0,1869
<i>Error</i>	6285,88	64	98,22		
<i>Total</i>	8312,40	79			

Fuente: Esta Investigación

TABLA ANOVA para porcentaje de pulpa.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Grados de Libertad</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón -F</i>	<i>P-Valor</i>
<i>Genotipo</i>	531,52	15	35,43	0,51	0,9280
<i>Error</i>	4474,12	64	69,91		
<i>Total</i>	5005,64	79			

Fuente: Esta Investigación

ANEXO 4. RESULTADOS bromatológicos para genotipos SQSLF04, SQBR05, SQSY07.

 Universidad de Nariño	SECCIÓN DE LABORATORIOS		Código: LBE-PRS-FR-76		
			Página: 1 de 1		
			Versión: 1		
	REPORTE DE RESULTADOS LABORATORIO BROMATOLOGÍA		Vigente a partir de: 26/04/2010		

DATOS USUARIO		DATOS MUESTRA		Reporte No.	LB-R-110A-12
Solicitante:	Lucía de Los Angeles Casanova	Muestra:	Pulpa de Lulo congelada. No. 3.	Código lab	570
Dirección:	Carrera 4 No. 21 - 100 B/ San Vicente. Pasto		<i>Solanum quitoense</i>		
cc / nit:	1.085.921.969	Procedencia:	Municipio: Yacuanquer		
Teléfono:	3113 745 3743	Fecha de Muestreo	DD 12 MM 09 AA 12		
e-mail	lucia3.6@hotmail.com	Fecha Recepción Muestra	DD 01 MM 10 AA 12		
		Fecha Reporte	DD 18 MM 10 AA 12		
ANÁLISIS SOLICITADO		Proximal			

PARÁMETRO	MÉTODO	TÉCNICA	UNIDAD DE MEDIDA	LÍMITE DE DETECCIÓN	Pulpa de Lulo congelada No. 3
Humedad	Secado estufa	Gravimétrica	g/100g	-	89,2
Materia seca	Secado estufa	Gravimétrica	g/100g	-	10,8
Ceniza	Incineración mufla	Gravimétrica	g/100g	-	0,87
Grasa	Extracción Soxhlet	Gravimétrica	g/100g	-	0,14
Fibra cruda	Digestión ácida-básica. Crisol Gooch	Gravimétrica	g/100g	-	0,25
Proteína	Kjeldahl (N*6,25)	Volumétrica	g/100g	-	0,54
Extracto No Nitrogenado	Cálculo matemático	Cálculo matemático	g/100g	-	9,00

OBSERVACIONES		RESULTADOS VÁLIDOS ÚNICAMENTE PARA LA MUESTRA ANALIZADA Composición por cada 100 g de parte comestible
Aseguramiento de Calidad de Resultados		Certificado Icontec GP-CER 112082 NTCPR 100:2009 Certificado Icontec SG-CER 110449 ISO 9001:2008 - NTC ISO 9001 : 2008 Certificado IQNET CO-SE-CER 110449

 Universidad de Nariño	SECCIÓN DE LABORATORIOS REPORTE DE RESULTADOS LABORATORIO BROMATOLOGÍA	Código: LBE-PRS-FR-76
		Página: 1 de 1
		Versión: 1
		Vigente a partir de: 28/04/2010

DATOS USUARIO		DATOS MUESTRA		Reporte No.	LB-R-110B-12
Solicitante:	Lucía de Los Angeles Casanova	Muestra	Pulpa de Lulo congelada. No. 12.	Código lab	571
Dirección:	Carrera 4 No. 21 - 100 B/ San Vicente. Pasto		<i>Solanum quitoense</i>		
cc / nit:	1.085.921.969	Procedencia	Municipio: Yacuanquer		
Teléfono:	3113 745 3743	Fecha de Muestreo	DD 12 MM 09 AA 12		
e-mail	lucia3.6@hotmail.com	Fecha Recepción Muestra	DD 01 MM 10 AA 12		
		Fecha Reporte	DD 18 MM 10 AA 12		
ANÁLISIS SOLICITADO		Proximal			
PARÁMETRO	MÉTODO	TÉCNICA	UNIDAD DE MEDIDA	LÍMITE DE DETECCIÓN	Pulpa de Lulo congelada No. 12
Humedad	Secado estufa	Gravimétrica	g/100g	-	89,0
Materia seca	Secado estufa	Gravimétrica	g/100g	-	11,0
Ceniza	Incineración mufla	Gravimétrica	g/100g	-	0,72
Grasa	Extracción Soxhlet	Gravimétrica	g/100g	-	0,13
Fibra cruda	Digestión ácida-básica. Crisol Gooch	Gravimétrica	g/100g	-	0,58
Proteína	Kjeldahl (N*8,25)	Volumétrica	g/100g	-	0,87
Extracto No Nitrogenado	Cálculo matemático	Cálculo matemático	g/100g	-	8,67
OBSERVACIONES	RESULTADOS VÁLIDOS ÚNICAMENTE PARA LA MUESTRA ANALIZADA Composición por cada 100 g de parte comestible				
Aseguramiento de Calidad de Resultados	Certificado Icontec GP-CER 112082 NTCPR 100:2008 Certificado Icontec SG-CER 110449 ISO 9001:2008 - NTC ISO 9001 : 2008 Certificado IQNET CO-SE-CER 110449				



Universidad de
Nariño

SECCIÓN DE LABORATORIOS

REPORTE DE RESULTADOS LABORATORIO BROMATOLOGÍA

Código: LBE-PRS-FR-78

Página: 1 de 1

Versión: 1

Vigente a partir de:
26/04/2010

DATOS USUARIO		DATOS MUESTRA		Reporte No.	LB-R-110C-12
Solicitante:	Lucía de Los Angeles Casanova	Muestra:	Pulpa de Lulo congelada. No. 15.	Código lab	572
Dirección:	Carrera 4 No. 21 - 100 B/ San Vicente. Pasto	<i>Solanum quitoense</i>			
cc / nit:	1.085.921.969	Procedencia: Municipio: Yacuanquer			
Teléfono:	3113 745 3743	Fecha de Muestreo	DD 12 MM 09 AA 12		
e-mail	lucia3.6@hotmail.com	Fecha Recepción Muestra	DD 01 MM 10 AA 12		
		Fecha Reporte	DD 18 MM 10 AA 12		
ANÁLISIS SOLICITADO		Proximal			
PARÁMETRO	MÉTODO	TÉCNICA	UNIDAD DE MEDIDA	LÍMITE DE DETECCIÓN	Pulpa de Lulo congelada No. 15
Humedad	Secado estufa	Gravimétrica	g/100g	-	89,7
Materia seca	Secado estufa	Gravimétrica	g/100g	-	10,3
Ceniza	Incineración mufla	Gravimétrica	g/100g	-	0,82
Grasa	Extracción Soxhlet	Gravimétrica	g/100g	-	0,14
Fibra cruda	Digestión ácida-básica. Crisol Gooch	Gravimétrica	g/100g	-	0,27
Proteína	Kjeldahl (N*8,25)	Volumétrica	g/100g	-	0,66
Extracto No Nitrogenado	Cálculo matemático	Cálculo matemático	g/100g	-	8,38
OBSERVACIONES	RESULTADOS VÁLIDOS ÚNICAMENTE PARA LA MUESTRA ANALIZADA Composición por cada 100 g de parte comestible				
Aseguramiento de Calidad de Resultados	Certificado Icontec GP-CER 112092 NTCPR 100:2009 Certificado Icontec SG-CER 110449 ISO 9001:2008 - NTC ISO 9001 : 2008 Certificado IQNET CO-SE-CER 110449				