

**EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN, RENDIMIENTO Y CALIDAD DE FRUTOS
DEL CULTIVO DE LULO (*Solanum quitoense* Lam) EN LA FINCA LA REJOYA
MUNICIPIO DE POPAYÁN**



MARITZA LORENA ORTIZ ORDOÑEZ

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
PROGRAMA INGENIERÍA AGROPECUARIA
POPAYÁN
2010**

**EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN, RENDIMIENTO Y CALIDAD DE FRUTOS
DEL CULTIVO DE LULO (*Solanum quitoense* Lam) EN LA FINCA LA REJOYA
MUNICIPIO DE POPAYÁN**

**Proyecto de grado presentado como requisito parcial para optar el título de
Ingeniero Agropecuario**

MARITZA LORENA ORTIZ ORDOÑEZ

**Directores
Víctor Felipe Terán Gómez, Esp.
Fabio Alonso Prado Cerón, M sc.**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA
POPAYÁN
2010**

Nota de aceptación

Los directores y el jurado han leído el presente documento, han escuchado la sustentación del mismo por su autora y lo encuentran satisfactorio.

**Sandra Godoy
Presidente del jurado**

**Oswaldo Collazos E.
Jurado**

**Fabio Alonso Prado Cerón
Director**

**Víctor Felipe Terán Gómez
Coodirector**

Popayán, 3 de Febrero de 2010.

DEDICATORIA

A Dios por permitirme vivir y guiarme. A toda mi familia, pero en especial a mi madre Gaby Ordóñez que con tanto esfuerzo, enseñanzas y dedicación hicieron posible la culminación de mis estudios. A todas aquellas personas que contribuyeron al logro de este objetivo y que de manera incondicional me apoyaron durante el desarrollo de mi formación profesional y personal.

Maritza Lorena Ortiz Ordóñez

AGRADECIMIENTOS

A los directores del trabajo de grado M.Sc. FABIO ALONSO PRADO CERÓN V. y Eps. VÍCTOR FELIPE TERÁN GÓMEZ, por su valiosa orientación, ayuda y constante apoyo en este trabajo.

A la Universidad del Cauca y a los profesores de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y del Programa de Ingeniería Agropecuaria, por los conocimientos, experiencia y ayuda brindada durante el transcurso de la carrera.

A los Docentes SANDRA PATRICIA GODOY y OSWALDO COLLAZOS, Jurados evaluadores por la revisión y las sugerencias hechas a esta investigación.

A los Docentes Consuelo Montes Rojas y Sandra Morales por su valiosa colaboración en el desarrollo de este trabajo.

A todas aquellas personas que de una u otra manera contribuyeron en la realización de este trabajo.

CONTENIDO

| | pág. |
|---------------------------------|-------------|
| INTRODUCCIÓN | 15 |
| 1. MARCO TEÓRICO | 17 |
| 1.1 ORÍGEN | 17 |
| 1.2 TAXONOMÍA | 17 |
| 1.3 MORFOLOGÍA | 18 |
| 1.3.1 Raíz. | 18 |
| 1.3.2 Tallo. | 18 |
| 1.3.3 Hojas. | 18 |
| 1.3.4 Flor. | 18 |
| 1.3.5 Fruto. | 18 |
| 1.3.6 Semilla. | 19 |
| 1.4 VARIEDADES | 19 |
| 1.5 PROPAGACIÓN | 20 |
| 1.5.1 Propagación por semillas. | 20 |
| 1.5.2 Propagación por estaca. | 20 |
| 1.5.3 Propagación por injerto. | 20 |
| 1.6 AGROECOLOGÍA | 21 |
| 1.7 PERÍODO VEGETATIVO | 21 |
| 1.8 PRÁCTICAS CULTURALES | 22 |
| 1.8.1 Semilleros. | 22 |
| 1.8.2 Siembra. | 22 |
| 1.8.3 Fertilización. | 23 |
| 1.8.4 Encalamiento. | 23 |

| | |
|---|----|
| 1.8.5 Control de malezas | 23 |
| 1.8.6 Podas. | 24 |
| 1.8.7 Tutorado y aporque | 24 |
| 1.9 MANEJO POSTCOSECHA DE LOS FRUTOS DE LULO | 24 |
| 1.9.1 Factores precosecha que inciden en la postcosecha. | 24 |
| 1.9.2 Recolección del fruto. | 25 |
| 1.9.3 Acondicionamiento de la fruta. | 25 |
| 1.10 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y MORFOLÓGICAS DE LAS FRUTAS | 28 |
| 1.10.1 Forma y tamaño. | 29 |
| 1.10.2 Color. | 29 |
| 1.10.3 Firmeza. | 29 |
| 1.10.4 Índices de Madurez. | 29 |
| 1.11 CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DEL FRUTO | 29 |
| 1.11.1 Grados Brix (°Brix). | 29 |
| 1.11.2 pH | 30 |
| 1.11.3 Acidez titulable. | 30 |
| 2. METODOLOGÍA | 31 |
| 2.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA | 31 |
| 2.2 MATERIALES Y MÉTODOS | 31 |
| 2.3 DISEÑO EXPERIMENTAL | 33 |
| 2.4 VARIABLES EVALUADAS | 34 |
| 2.4.1 Variables de producción. | 34 |
| 2.4.2 Variable de rendimiento | 35 |
| 2.4.3 Variables de calidad. | 35 |
| 2.5 ACTIVIDADES PREVIAS AL ESTUDIO DE EVALUACIÓN | 38 |

| | |
|---|----|
| 2.5.1 Calidad de fruto. | 38 |
| 2.5.2 Siembra de las plántulas en campo. | 39 |
| 2.5.3 Control de arvenses y plateo. | 39 |
| 2.5.4 Podas. | 39 |
| 2.5.5 Fertilización. | 40 |
| 2.5.6 Control de plagas. | 40 |
| | |
| 3. ANÁLISIS DE RESULTADOS | 41 |
| 3.1 VARIABLES DE PRODUCCIÓN | 41 |
| 3.1.1 Número de racimos promedio por planta | 44 |
| 3.1.2 Número de botones por racimo. | 44 |
| 3.1.3 Número de flores por racimo. | 44 |
| 3.1.4 Número de frutos promedio por planta. | 44 |
| 3.1.5 Porcentaje de cuajamiento | 45 |
| 3.1.6 Producción por planta y rendimiento por hectárea. | 48 |
| 3.2 VARIABLES DE CALIDAD DEL FRUTO DE LULO | 49 |
| 3.2.1 Características físicas. | 49 |
| 3.2.2 Características fisicoquímicas del fruto. | 62 |
| 3.3 SELECCIÓN DE LOS MEJORES MATERIALES | 70 |
| | |
| 4. CONCLUSIONES | 73 |
| | |
| 5. RECOMENDACIONES | 74 |
| | |
| BIBLIOGRAFÍA | 76 |
| | |
| ANEXOS | 80 |

LISTA DE TABLAS

| | pág. |
|---|------|
| Tabla 1. Composición nutricional del fruto de lulo en 100 gramos de parte comestible. | 19 |
| Tabla 2. Etapas fenológicas del cultivo de lulo <i>Solanum quitoense</i> Lam | 21 |
| Tabla 3. Clasificación para lulo de Castilla teniendo en cuenta tamaño y peso de los frutos cosechados | 36 |
| Tabla 4. Contenido de sólidos solubles totales expresados como grados Brix (°Brix) de acuerdo con la tabla de color | 37 |
| Tabla 5. Características fisicoquímicas de la pulpa de lulo <i>Solanum quitoense</i> Lam. | 37 |

LISTA DE CUADROS

| | pág. |
|---|------|
| Cuadro 1. Procedencia de los materiales de lulo <i>Solanum quitoense</i> Lam., evaluados en la investigación. | 32 |
| Cuadro 2. Distribución de los materiales de lulo del 1 al 21 en el lote 1 | 33 |
| Cuadro 3. Distribución de los materiales de lulo del 22 al 42 en el lote 2 | 34 |
| Cuadro 4. Componentes de producción para los 42 materiales de lulo evaluados | 42 |
| Cuadro 5. Características físicas de los frutos de lulo para los 42 materiales evaluados. | 50 |
| Cuadro 6. Clasificación por color del fruto de los diferentes materiales evaluados | 56 |
| Cuadro 7. Características fisicoquímicas de los frutos de lulo evaluados | 63 |
| Cuadro 8. Relación de los mejores materiales de lulo según variables evaluadas | 71 |

LISTA DE FIGURAS

| | pág. |
|--|-------------|
| Figura 1. Mapa representativo del lugar donde se realizó el trabajo de campo. | 31 |
| Figura 2. Equipos utilizados para determinar las características físicas de los frutos de lulo | 36 |
| Figura 3. Equipos empleados para determinar las características fisicoquímicas de los frutos de lulo evaluados | 38 |
| Figura 4. Daños ocasionados por plagas en los frutos de lulo evaluados | 59 |
| Figura 5. Patógenos que afectaron la calidad de los frutos de lulo | 60 |
| Figura 6. Daños fisiológicos que alteraron la calidad de los frutos de lulo | 60 |

LISTA DE GRÁFICAS

| | pág. |
|---|------|
| Gráfica 1. Relación entre número de racimos, número de botones y porcentaje de cuajamiento de los 35 materiales de lulo evaluados | 46 |
| Gráfica 2. Relación entre en diámetro y el número de frutos en los 35 materiales de lulo evaluados | 47 |
| Gráfica 3. Peso promedio de los frutos de lulo de Castilla <i>Solanum quitoense</i> Lam. | 52 |
| Gráfica 4. Diámetro ecuatorial de los frutos de lulo de Castilla <i>Solanum quitoense</i> Lam | 53 |
| Gráfica 5. Correlación entre tamaño y resistencia del lulo <i>Solanum quitoense</i> Lam. | 62 |
| Gráfica 6. Correlación entre grados Brix y tamaño en el fruto de lulo <i>Solanum quitoense</i> Lam. | 65 |
| Gráfica 7. Correlación entre grados Brix y penetración en el fruto de lulo <i>Solanum quitoense</i> Lam | 66 |
| Gráfica 8. Correlación entre pH y tamaño en el fruto de lulo <i>Solanum quitoense</i> Lam | 67 |
| Gráfica 9. Relación entre °Brix, pH y acidez titulable, para los 35 materiales de lulo evaluados | 68 |

LISTA DE ANEXOS

| | pág. |
|---|-------------|
| Anexo a. Registro para medición de producción en el cultivo de lulo | 80 |
| Anexo b. Registro para determinar calidad física de los frutos | 81 |
| Anexo c. Tabla de colores para lulo de Castilla | 82 |
| Anexo d. Registro para determinar calidad bioquímica de los frutos | 83 |
| Anexo e. Análisis de varianza ANOVA ($p < 0.005$) para las variables de producción. | 84 |
| Anexo f. Análisis de Tukey para número de racimos | 85 |
| Anexo g. Análisis de Tukey para botones por racimo. | 86 |
| Anexo h. Análisis de Tukey para número de flores por racimo | 87 |
| Anexo i. Análisis de Tukey para frutos por planta | 88 |
| Anexo j. Correlaciones de Pearson para las variables evaluadas | 89 |

RESUMEN

En los predios de la finca de la Universidad del Cauca, ubicados en la Vereda La Rejoja, al nor-occidente del Municipio de Popayán, a una altura de 1800 metros sobre el nivel del mar y una temperatura promedio de 18°C, se realizó la evaluación de la producción, rendimiento y calidad de frutos de lulo *Solanum quitoense* Lam proporcionados por el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Como material de investigación, se emplearon 41 materiales de lulo debidamente identificados, los cuales fueron trasplantados en bolsas para su previa adaptación. Allí permanecieron hasta su enraizamiento (tres semanas) y luego se trasplantaron al sitio de siembra en dos lotes con 21 materiales cada uno para la respectiva evaluación.

Se utilizó el método estadístico de bloques completamente al azar; con cuatro repeticiones, cada repetición contó con 21 parcelas, la parcela útil se conformó por seis unidades experimentales, las cuales se sembraron a una distancia de 2,5 metros entre surcos y dos metros entre plantas, el sistema de siembra fue a tres bolillo o en triángulo y para las variables de producción se empleó un análisis de varianza (ANOVA).

Según los resultados, en lo concerniente a la variable número de racimos promedio por planta, el mejor grupo estuvo comprendido por los materiales SER15, PL8, SEC31, PL35, SEC27, PL11, SER7, PL24 y SER9 con valores entre los 16 y 34 racimos por planta; mientras que los materiales que presentaron los menores valores fueron: WME1, SEC39, DPE1, EC28 y ER19. En cuanto al número de botones por racimo los 42 materiales presentaron un rango entre 7 a 11 botones por racimo y el mayor número de flores formadas correspondió a los materiales PL8, PL35, PL11, SER15, SEC27, SEC31, SER9, PL24, SER7, FGE1 y PL19 ubicados en el rango entre 10 a 19 flores, el material ER19 con tres flores presentó el menor comportamiento. Los materiales que mostraron el menor número de frutos por planta presentaron entre 3 y 26 y los de mayor cantidad fueron: PL35, PL8 y SER15 con 66, 93 y 106 frutos respectivamente. Además se encontró que 14 materiales superaron el 20% de cuajamiento siendo el EC39 con un valor de 41.4% el más alto, un segundo grupo de diez materiales entre 16 y 20% y el resto de materiales no superaron el 16% de cuajamiento. Para la variable producción por planta y rendimiento por hectárea el material PL35 obtuvo una producción de 4.5 kilogramos por planta, lo que sería igual a 8.9 toneladas por hectárea, el cual superó el promedio regional; seguido por los materiales PL8, PL11, SER15 y FGE1 con 3.4, 2.8, 2.58 y 2.57 kilogramos por planta respectivamente. Al realizar un manejo fitosanitario controlado se infiere que la producción puede llegar a 30.000 kilogramos por hectárea.

Al analizar las variables de calidad física de los frutos se encontró que en cuanto al peso promedio 11 materiales superaron los 85 gramos y cuatro de ellos alcanzaron valores mayores a 100 gramos así: FGE1, ORE2, JSE1 y ORE1; nueve materiales presentaron promedios entre 60 y 85 gramos por fruto clasificándose por su peso como de segunda categoría y finalmente 15 materiales estuvieron por debajo de 60 gramos que corresponden a la tercera categoría. En cuanto al tamaño se encontró que 13 materiales se clasificaron como de primera categoría al superar los cinco centímetros de diámetro ecuatorial, destacándose los materiales FGE1, ORE2, JSE1 y ORE1, 19 materiales presentaron frutos de segunda categoría y los restantes clasificados como de tercera o industrial. En cuanto a la variable color de cáscara y pulpa se pudo observar que los materiales PHE1, SSE1, SSE2, JYE1, WME1, PHS1, DPE1, JSE3, YDE3, 120044 y 120052 presentaron color de cáscara amarilla y pulpa amarillo-verdosa, siete materiales SEC31, SEC27, SER9, SER15, FGE1, 120043 y 120055 presentaron cáscara amarilla con pulpa de color verde, cinco materiales PL8, PL11, PL19, PL34 y PL35 presentaron cáscara y pulpa amarilla, cuatro materiales LHE1, YDS1, YDE2 y OJVE1 presentaron cáscara naranja y pulpa amarillo-verdosa y ocho materiales JSE1, JSE2, ORE1, ORE2, AGE1, AGE2, VME1 y VME2 presentaron coloración naranja de la cáscara y pulpa verde siendo los frutos de pulpa verde los más apetecidos en el mercado. En la variable sanidad se encontraron algunos factores que afectaron la calidad de los frutos debido al ataque de insectos, enfermedades y daños fisiológicos. Finalmente se evaluó la resistencia de los frutos a la penetración donde los materiales PL11, PL35, 120052, SSE2, PHE1, VME1 y VME2, presentaron una mayor resistencia en el momento de realizar los respectivos análisis de calidad, en comparación con los materiales SSE1, SEC27 y SEC31 quienes mostraron una resistencia menor a la penetración.

Las variables fisicoquímicas de los frutos estuvieron determinadas por los sólidos solubles (°Brix) donde el 40% de los materiales presentaron un grado de sólidos solubles entre 9.2 y 10.1°Brix representados por 14 materiales, un segundo grupo (20%) presenta valores superiores a 10.1 °Brix. Los resultados obtenidos al evaluar el pH indicaron que la totalidad de los materiales presentaron valores por encima de 3.2, siendo de 3.25 para el LHE1 como el más bajo y de 4.0 para PL35 como el más alto. Finalmente se evaluó la acidez titulable y los resultados obtenidos mostraron que los materiales AGE1 y JSE1 presentaron mayores niveles de ácido cítrico (mayor a tres), siete materiales (AGE2, ORE2, FGE1, LHE1, PL24, SSE2 y SSE1) están ubicados en el rango esperado y por último 25 materiales (74%) se encontraron por debajo del rango mínimo.

ABSTRACT

In the facilities of the farm of the University of the Cauca, located in the Sidewalk The Rejoya, to the nor-occident of the Municipality of Popayan, to a height 1800 m.a.s.l. and a temperature average of 18°C, was done the study of the production, yield and quality of lulo fruits *Solanum quitoense* sp collected by the ICTA (International Center of Tropical Agriculture). As investigation material 42 materials of properly coded lulo were used, which were transplanted in bags for its previous acclimatization. There they stayed until their formation of roots (3 weeks) and then they were transplanted to the sowing place in two lots with 21 materials each one for the respective evaluation.

As statistical method that of random complete blocks; with 4 repetitions, each repetition had 21 parcels, the useful parcel it was conformed to 6 experimental units, which were sowed at a distance of 2.5 meters between furrows and 2 meters among plants, the sowing method went to triangle and for the production variables was carried out a statistical analysis (ANOVA).

According to the results, in the concerning thing to the variable number of clusters average for plant, the best group was conformed by the material SER15, PL8, SEC31, PL35, SEC27, PL11, SER7, PL24 and SER9 with values between the 16 and 34 clusters for plant; while the materials that presented the smallest values were: WME1, SEC39, DPE1, EC28 and ER19. As for the number of floral buttons for cluster the 42 materials presented a range among 7 to 11 buttons for cluster and the biggest number of formed flowers corresponded the material PL8, PL35, PL11, SER15, SEC27, SEC31, SER9, PL24, SER7, FGE1 and PL19 located in the range among 10 to 19 flowers, the material ER19 with 3 flowers presented the smallest behavior. The materials that presented the smallest number of fruits for plant presented between 3 and 26 and those of more quantity they were: PL35, PL8 and SER15 with 66, 93 and 106 fruits respectively. It was also found that 14 materials overcame 20% of filled of fruits being the EC39 with a value of 41.4% the highest, a second group of 10 materials between 16 and 20% and the rest of materials didn't overcome 16% of filled of fruits. For the variable production for plant and yield for hectare the material PL35 obtained a production of 4.5 kilograms for plant, what would be similar to 8.9 tons for hectare, which overcame the regional average; continued by the material PL8, PL11, SER15 and FGE1 with 3.4, 2.8, 2.58 and 2.57 kilograms for plant respectively. When carrying out a handling controlled of the plants it would infer that the production would arrive to 30.000 kilograms for hectare.

When analyzing the variables of physical quality of the fruits it was found that as for the weight average 11 materials they overcame the 85 grams and four of them they reached bigger values to 100 grams: FGE1, ORE2, JSE1 and ORE1;

9 materials presented averages between 60 and 85 grams for fruit being classified by their weight as of second category and finally 15 materials were below 60 grams that correspond to the third category. As for the size it was found that 13 materials were classified as of first category when overcoming the five centimeters of equatorial diameter, standing out the material FGE1, ORE2, JSE1 and ORE1, 19 materials presented fruits of second category and the remaining ones classified as of third or industrial. As for the variable shell color and pulp it could observe that the material PHE1, SSE1, SSE2, JYE1, WME1, PHS1, DPE1, JSE3, YDE3, 120044 and 120052 presented color of yellow shell and yellow-greenish pulp, seven material SEC31, SEC27, SER9, SER15, FGE1, 120043 and 120055 presented yellow shell with pulp of green color, five material PL8, PL11, PL19, PL34 and PL35 presented shell and yellow pulp, four material LHE1, YDS1, YDE2 and OJVE1 presented shell orange and yellow-greenish pulp and eight material JSE1, JSE2, ORE1, ORE2, AGE1, AGE2, VME1 and VME2 presented coloration orange of the shell and green pulp being the fruits of green pulp those more felt like in the market. In the variable sanity they were some factors that affected the quality of the fruits due to the attack of insects, illnesses and physiologic damages. Finally the resistance was evaluated in the fruits to the penetration where the material PL11, PL35, 120052, SSE2, PHE1, VME1 and VME2, presented a bigger resistance in the moment to carry out the respective analyses of quality, in comparison with the material SSE1, SEC27 and SEC31 who showed a smaller resistance to the penetration.

The variable of smell and taste of the fruits was determined by the soluble solids ($^{\circ}$ Brix) where 31.4% of the materials presented a grade of soluble solids among 8,7 and 9,2 $^{\circ}$ Brix represented by 11 materials, a second group (51.4%) it presents superior values to 9.2 $^{\circ}$ Brix. The opposing results when evaluating the pH indicated that the entirety of the materials presented values above 3.2, being of 3.25 for the LHE1 like the lowest and of 4.0 for PL35 like the highest. Finally the titulable acidity was evaluated and the obtained results showed that the material AGE1 and JSE1 presented bigger levels of citric acid (bigger at 3), 7 materials (AGE2, ORE2, FGE1, LHE1, PL24, SSE2 and SSE1) they are located in the prospective range and lastly 25 materials (74%) they were below the minimum range.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de lulo (*Solanum quitoense* Lam) es considerado una especie promisoriosa desde hace setenta años y Colombia hace parte de su centro de origen, es una de las frutas exóticas más apetecidas en los mercados nacionales e internacionales debido al color y el sabor agridulce de la pulpa que la hacen atractiva en comparación con otras frutas (Reina, 1998).

Colombia posee condiciones agroecológicas favorables para el desarrollo del cultivo del lulo, actualmente cultivado en los departamentos de Huila, Risaralda, Caldas, Quindío, Valle, Cauca, Nariño, Antioquia, Cundinamarca, Caquetá y Meta, siendo un cultivo de creciente interés en el sector agrícola para agricultores que buscan nuevas alternativas de producción y rentabilidad (Franco *et al* 2002).

El departamento del Cauca presenta excelentes condiciones para el cultivo pero no ha alcanzado el grado de desarrollo esperado debido a que pocos son los estudios realizados sobre nuevos materiales que se adapten a las condiciones climáticas de nuestra región y que garanticen una buena producción, rendimiento y la calidad del fruto para competir en el mercado con características deseables para el consumidor. Lo anterior requiere adelantar procesos de caracterización y evaluación de nuevos materiales de lulo en el Departamento, con el fin de encontrar materiales que mediante un manejo adecuado en la cosecha y postcosecha del fruto, reduzcan al mínimo las pérdidas, garantizando un producto de mejor calidad a precios razonables para el consumidor y mayor rentabilidad para el agricultor (Rojas *et al*, 2004).

Atendiendo la necesidad de plantear alternativas de solución a la problemática del cultivo de lulo en el Departamento del Cauca, el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) en convenio con la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad del Cauca, promovieron el desarrollo de esta investigación para encontrar los materiales con mayores producciones y mejor calidad de fruto en las condiciones agroclimáticas de la Vereda la Rejoya, Municipio de Popayán, Departamento del Cauca.

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo general evaluar 42 materiales de lulo (*Solanum quitoense* Lam.) en términos de producción, rendimiento y calidad de fruto en las condiciones agroclimáticas de la Vereda La Rejoya, Municipio de Popayán, Departamento del Cauca.

Para lograr este objetivo se plantearon los siguientes objetivos específicos:

- Determinar las características físicas de los frutos evaluados en cuanto a peso, tamaño, color, sanidad y resistencia a la penetración, para así seleccionar los mejores materiales.
- Establecer las características químicas de los frutos en cuanto al contenido de acidez titulable, pH y sólidos solubles (°Brix) en los diferentes materiales de lulo.
- Comparar producción, rendimiento y la relación de las características fisicoquímicas de los diferentes materiales evaluados, para seleccionar el o los mejores materiales para la zona.

MARCO TEÓRICO

El lulo es una planta semisilvestre que crece en ecosistemas creados por el hombre, especialmente en sitios frescos, sombreados y con buena humedad (áreas de sotobosque en las partes bajas del bosque primario), bajo estas condiciones, la planta es exuberante, muy verde y vigorosa.

1.1 ORIGEN

El lulo o naranjilla *Solanum quitoense* Lam., es una planta originaria de los bosques húmedos de los Andes de Suramérica, más específicamente de Colombia, Ecuador y Perú, en regiones frescas y sombreadas. Esta especie que se ha difundido a lo largo del continente Americano, desde Chile hasta México, se cultiva en países como Perú, Ecuador, Colombia, Panamá, Costa Rica y Honduras (Reina, 1998).

1.2 TAXONOMÍA

Reino: Vegetal
Subreino: Spermatophyta
División: Angiospermas
Subdivisión: Dicotiledóneas
Clase: Simpétala
Subclase; Pentacíclicas
Orden: Tubiflorales
Familia: Solanáceas
Género: Solanum
Especie: *Solanum quitoense* Lam.

Variedades: - quitoense quitoense (Schultes y Cuatecasas), tallos sin espinas.
- quitoense septentrional (Schultes y Cuatecasas), tallos con espinas (Franco *et al*, 2002).

1.3 MORFOLOGÍA

El lulo *Solanum quitoense* Lam., pertenece a la familia de las solanáceas, es una de las doce especies de la sección lasiocarpa del género *Solanum*. Se conocen tipos o formas con espinas (Septentrional) y sin espinas (Quitoense) (Reina, 1998).

1.3.1 Raíz. Es fibrosa, pivotante y superficial, puede penetrar hasta 50 centímetros en buenas condiciones de suelo. Se extiende hasta el fondo y lateralmente, es carnosa, con raíces secundarias (Franco *et al*, 2002).

1.3.2 Tallo. Crece erecto y a veces ramificado desde el suelo. Es robusto, succulento, semileñoso, cilíndrico, vellosos y siempre verde. Presenta de cuatro a cinco ramificaciones laterales. La ramificación está dispuesta en forma alterna, está formado por una serie de ramas que crecen radicalmente lo cual impide un tallo principal (Franco *et al*, 2002).

1.3.3 Hojas. Pueden presentar o no espinas, son grandes, palmeadas, compuestas, con dimensiones máximas de 50 centímetros de largo por 35 centímetros de ancho. Son de color verde intenso por el haz y verde amarillento por el envés, sus nervaduras son de color morado, carnosas y aterciopeladas. Las hojas son oblongas y ovaladas (Franco *et al*, 2002).

1.3.4 Flor. Están agrupadas en cimas, de color blanco y en forma estrellada. Los estambres son largos de color amarillo en el centro. Existen flores de pistilo largo, medio y corto; las de pistilo corto no son polinizadas, lo que ocasiona una caída de flores. Es pentámera y perfecta, con ovario bilocular de color amarillo y pubescente. Se agrupan en corimbos pequeños, sobre un pedicelo corto, que contiene hasta 10 flores justamente debajo y enfrente de las hojas (Franco *et al*, 2002).

1.3.5 Fruto. Son bayas globosas de color anaranjado por fuera y verdoso o amarillento en la parte interna. Tienen aproximadamente cinco centímetros de diámetro. La cáscara es delgada y está cubierta de pelillos amarillentos punzantes. Presentan numerosas semillas. En principio son verdes y al madurar se vuelven amarillos. La pulpa es jugosa, de sabor dulce, agrídulce o ácido dependiendo de la variedad. El fruto es una baya que en estado de madurez fisiológica puede alcanzar hasta ocho centímetros de diámetro. La pulpa representa el 90%, la corteza el 4,3% y la semilla 5,2% (Franco *et al*, 2002).

La composición nutricional del fruto de lulo se reporta en la tabla 1 en 100 gramos de parte comestible.

Tabla 1. Composición nutricional del fruto de lulo en 100 gramos de parte comestible.

| Compuesto | Cantidad | |
|---------------|------------------|-----------------|
| | Lulo de Castilla | Lulo "La Selva" |
| Agua | 87.0 % | 88.0% |
| Proteína | 0.74% | 0.68% |
| Grasa | 0.17% | 0.16% |
| Cenizas | 0.95% | 0.82% |
| Carbohidratos | 8.0% | 8.0% |
| Fibra | 2.6% | 2.6% |
| Calcio | 34.2mg | 48.3mg |
| Hierro | 1.19mg | 0.87mg |
| Fósforo | 13.5mg | 25.11mg |
| Vitamina C | 29.4mg | 30.8mg |

Fuente: Franco *et al*, 2002.

1.3.6 Semilla. Son pequeñas de color blanquecino cremoso, redondeadas y aplanadas. Son ricas en aceite. Un kilo de semillas contiene aproximadamente 300.000 unidades. Se necesitan unos 28 gramos de semilla para sembrar una hectárea o el equivalente de la semilla contenida por ocho lulos de buen tamaño. En cada fruto hay aproximadamente de 800 a 1.000 semillas, que secas pesan más o menos 3.5 gramos. Tiene forma de lenteja pequeña. La temperatura óptima para germinar, está entre 21 y 26°C. La semilla almacenada al medio ambiente pierde gradualmente su poder de germinación, pasando de 53% recién extraída a 8.4% al cabo de 150 días (Franco *et al*, 2002).

1.4 VARIEDADES

Entre las variedades están *Solanum quitoense* var. Septentrional R:E: Schultes, que presenta espinas en ramas, tallo, pecíolo y nervaduras; existe también *Solanum Topiro*, llamado tupirú o lulo grande. Algunas especies como *Solanum marginatum*, arbusto de dos a tres metros de altura, contiene un compuesto, la solasadina, usado en la preparación de cortisona y algunas drogas anticonceptivas.

El *Solanum torvum* o *friegaplato*, es una especie resistente a nemátodos y se emplea como patrón para el injerto de púa terminal con el *Solanum quitoense*

Lam. En el Ecuador hay dos tipos de planta sin espinas: la dulce y la agria. Las variedades más cultivadas son las denominadas “agrias y dulces” pero se ha introducido una nueva variedad denominada “Híbrido Puyo”, más resistente a plagas. En menor cantidad se cultivan otras variedades como las denominadas “Baeza”, “Septentrional” y “Bola” (Franco *et al*, 2002).

1.5 PROPAGACIÓN

El lulo puede propagarse por semillas, estacas, injertos o híbridos. De estas, la más utilizada es la propagación por semillas.

1.5.1 Propagación por semillas. Las semillas para la siembra, deben provenir de frutos con buena madurez y de alta productividad, con segundo año de producción y libres de plagas y enfermedades, especialmente cáncer o chancro bacterial. Una vez seleccionados los frutos se cortan transversalmente, colocando las semillas con la pulpa en un frasco cerrado durante dos o tres días para que fermenten. Después de ese tiempo se sacan y se colocan en un cedazo para separar la pulpa con un chorro de agua abundante; acto seguido las semillas se ponen a secar a la sombra y en una toalla de papel hasta que queden listas para la siembra en el semillero. La semilla en poco tiempo pierde su vigor o viabilidad, por esto debe sembrarse antes del mes de extraída y tratarla con un producto protector de semillas (García y García, 2001).

1.5.2 Propagación por estaca. Se deben utilizar brotes laterales que nacen en las axilas de las hojas o en última instancia brotes terminales de las ramas laterales; se les corta las hojas de mayor tamaño y se sumergen en un desinfectante. Luego se ponen a enraizar en arena lavada. A las estacas antes de la siembra, se les frota el extremo del corte con una hormona de enraizamiento. Una vez que las estacas han enraizado, se llevan a bolsas o al campo, seleccionando las más vigorosas y con buen desarrollo de raíces (García y García, 2001).

1.5.3 Propagación por injerto. CORPOICA tiene en fase de experimentación la injertación con otra solanácea (*Solanum torvum*) o “friegaplatos”, como mecanismo promisorio para inducir resistencia a nematodos, uno de los problemas más limitantes en el cultivo y posiblemente resistencia a hongos del suelo. También, tiene en fase de experimentación un híbrido interespecífico entre lulo (*Solanum quitoense*) y “lulo de perro” (*Solanum hirtum*), con el cual se domestica la planta, se le induce resistencia a chizas y nemátodos y se adapta a condiciones de plena exposición (García y García, 2001).

1.6 AGROECOLOGÍA

El cultivo del lulo se encuentra establecido a alturas comprendidas entre los 1.200 y 2.200 metros sobre el nivel del mar pero de acuerdo a la variedad o fenotipo, alcanza rendimientos óptimos en alturas de 1.700 a 2.200 metros sobre el nivel del mar. Necesita una humedad relativa mayor del 80%, requiere de días cortos, ambiente húmedo, sombreado y temperaturas de 16 a 22°C con una óptima de 18°C. No soporta las heladas. Las noches deben ser largas y con una nubosidad casi permanente; se desarrolla bien en suelos de textura franca, profundos, con buen drenaje, alto contenido de materia orgánica y buena capacidad de retención de humedad. El pH debe oscilar entre 5.2 y 5.8, cuando este es menor de 5.2 pueden presentarse enfermedades de la raíz. La planta de lulo no tolera suelos secos, ni muy pesados o muy livianos, que solo dificultan su buen desarrollo.

Las regiones adecuadas para la siembra del cultivo de lulo son aquellas con precipitaciones anuales de 1.500 a 2.500 milímetros y bien distribuidas. Los cultivos a plena exposición solar se desarrollan mal y presentan quemazones en las áreas intervenales de las hojas más jóvenes y en los frutos expuestos a los rayos directos del sol. Es sensible al exceso de sol, como al exceso de lluvias prolongadas, porque en estas condiciones es severa la incidencia de Antracnosis. Una sequía de más de tres semanas puede producir caída de frutos y flores (Franco *et al*, 2002).

1.7 PERÍODO VEGETATIVO

Para establecer el tiempo de duración del cultivo, se tienen las diferentes fases por las que pasa hasta llegar a producción (Tabla 2).

Tabla 2. Etapas fenológicas del cultivo de lulo *Solanum quitoense* Lam

| Etapas | Tiempo en días |
|---|-----------------------|
| Semillero a trasplante | 105 |
| Trasplante a yema floral | 120-130 |
| Yema floral a apertura de flor | 30-35 |
| Apertura de flor a formación de frutos | 7-15 |
| Formación de frutos a iniciación de madurez | 80-90 |
| Iniciación de madurez a madurez completa | 18- |

Fuente: García y García, 2001.

La duración del cultivo depende de la sanidad y manejo del mismo. El lulo vive de tres a cuatro años y comienza a producir al año de edad (García y García, 2001).

1.8 PRÁCTICAS CULTURALES

Dentro de las prácticas culturales que se deben realizar en el cultivo de lulo se tienen las siguientes:

1.8.1 Semilleros. Para la siembra de lulo deben ubicarse en sitios cercanos a una fuente de agua, estar cercados para protegerlos de los animales domésticos, cerca a la plantación definitiva. Debe tener un ancho de 1.20 metros, una altura de 25 centímetros y el largo de acuerdo a la cantidad de semilla a sembrar. El suelo debe desinfectarse. Para el semillero se recomienda la mezcla de tres partes de tierra negra, una parte de gallinaza y una parte de arena fina.

El semillero debe taparse durante cinco días. Luego se hacen los surcos a través de la era cada 15 centímetros, con un centímetro de profundidad depositando a chorrillo la semilla y tapándola posteriormente. La germinación empieza a los 15 días y termina a los 30, dependiendo de la altura sobre el nivel del mar. A los 30 ó 45 días se hace un raleo o entesaque de las plantas más débiles y delgadas. Cuando las plantas tienen cinco centímetros de altura, están listas para trasplantarlas a bolsas. Las plantas en el almácigo permanecen de uno a dos meses y cuando tengan de 25 a 30 centímetros de altura se trasplantan al campo. De la siembra de la semilla al trasplante transcurren de 100 a 110 días. Durante el tiempo que estén creciendo las plantas en el semillero, deben realizarse controles fitosanitarios (Franco *et al*, 2002).

1.8.2 Siembra. Las distancias de siembra dependen, entre otros factores, de la topografía del terreno, del sistema de tutorado empleado y de la fertilidad del suelo. La distancia de siembra más apropiada es de tres metros entre surcos y dos metros entre plantas, para una densidad de 1666 plantas por hectárea.

En la siembra se dejan fajas de bosque alrededor del cultivo, para evitar la proliferación de enfermedades y plagas a cultivos vecinos y facilitar el control biológico natural por insectos benéficos y pájaros. Los cultivos de lulo deben tener discontinuidad geográfica, es decir, estar distantes entre sí.

Los hoyos para la siembra deben hacerse con un mes de anticipación al trasplante. Estos deben tener 40 x 40 x 40 centímetros. En terrenos pendientes, la siembra se hace en curvas a nivel en tresbolillo o en triángulo, empleando distancias de 2.5 x 3.0 metros, entre plantas y surcos respectivamente. Los hoyos deben llenarse con uno ó dos kilos de gallinaza y desinfectarse con un nematicida. Al momento de la siembra, debe fertilizarse. Si no se aplica gallinaza, debe aplicarse úrea en dosis de 50 gramos por hoyo.

Tres meses después de la siembra, debe hacerse una segunda aplicación de nematicida y se recomienda mínimo dos aplicaciones por año. Si se emplea como material de siembra el injerto, no es necesario aplicar nematicidas. El cultivo de lulo se comporta bien en suelos con desmonte, rastrojos altos y bajos, coberturas como eucaliptos, pino, ciprés y acacias bien podadas. La luz en el sombrío debe regularse en un 50% en rastrojos altos, para evitar la deforestación. Se recomienda establecer cultivos con sombrío artificial complementando con prácticas adecuadas de abonamiento (Franco *et al*, 2002).

1.8.3 Fertilización. A los tres meses después de la siembra y antes de iniciarse la floración, debe reabonarse el cultivo con un fertilizante completo aplicado en corona en terrenos planos, o en media luna, en la parte alta del plateo en terrenos pendientes. A los seis meses después de la siembra se hace un segundo abonamiento en forma idéntica al anterior.

La planta de lulo no es ávida por absorber nitrógeno; por eso se le deben suministrar abonos nitrogenados mediante la aplicación de abonos compuestos cada cuatro meses, aplicados en época lluviosa. Los micronutrientes son importantes porque es muy sensible a la deficiencia de boro y magnesio. Se debe continuar aplicando abono orgánico (pulpa de café, gallinaza), a razón de dos kilogramos por árbol cada año (Franco *et al*, 2002).

1.8.4 Encalamiento. Se debe realizar cuando el pH esté por debajo de 5.2 y cuando se presenten dosis altas de aluminio intercambiable; también se debe tener en cuenta la relación calcio-magnesio. En términos generales se recomienda la aplicación de cal dolomita a razón de 500 gramos por hoyo, en la preparación de estos, con anterioridad a la siembra (Franco *et al*, 2002).

1.8.5 Control de malezas. Debe realizarse a mano alrededor de la planta y con machete en las calles, en forma superficial para no provocar erosión en el suelo; durante el establecimiento (primer año), se debe hacer tres veces (Franco *et al*, 2002).

1.8.6 Podas. La poda en el cultivo de lulo tiene gran importancia y se hace con los siguientes fines: mejorar la estructura de la planta, obtener frutos de mayor tamaño, facilitar el manejo del cultivo, eliminar ramas y hojas secas, deformes o enfermas y además, mejorar la efectividad del sistema de tutorado (Osorio y Roldán, 2003).

- **Poda de formación.** Consiste en eliminar los botones o chupones del tallo por debajo de los 50 centímetros de alto, con el fin de evitar el crecimiento excesivo de ramas, mejorar el tamaño de los frutos y disminuir la humedad relativa dentro del cultivo para evitar la presencia de enfermedades. Durante los primeros cuatro meses de establecido el cultivo, se debe evitar el desarrollo de yemas florales, removiendo todas las inflorescencias, para favorecer el crecimiento vegetativo de la planta (Osorio y Roldán, 2003).

- **Poda de mantenimiento.** Consiste en remover partes secas, viejas y enfermas de la planta para disminuir la incidencia de problemas fitosanitarios. Igualmente, se debe evitar el crecimiento excesivo de yemas apicales para mejorar la estructura de la planta, estimular el crecimiento de ramas laterales, renovar la copa, proteger el tutorado y facilitar el manejo del cultivo (Osorio y Roldán, 2003).

1.8.7 Tutorado y aporque. Debido a su gran productividad, las plantas de lulo deben ser tutoradas ya que pueden alcanzar demasiado peso, lo cual ocasiona volcamiento y ruptura de ramas. El sistema de tutorado indicado para este material es el de espaldera sencilla con un solo alambre. El aporque junto con el tutorado, contribuyen para dar mejor anclaje a las plantas, al aumentar el sistema radicular y mejorar el drenaje de las mismas. La tierra para el aporque debe ser rica en materia orgánica pero debe evitarse arrimar estiércol fresco al pie de la planta (Osorio y Roldán, 2003).

1.9 MANEJO POSTCOSECHA DE LOS FRUTOS DE LULO

El manejo adecuado de los frutos requiere del conocimiento de sus características físicas y de las técnicas de recolección, selección, almacenamiento, empaque y transporte hasta que el producto llega al consumidor final. En muchos casos se presentan pérdidas que ascienden a un 50% de la producción debidas al deterioro del producto por el tiempo transcurrido entre su recolección y entrega al consumidor, en inadecuadas condiciones de manejo (Reina, 1998).

1.9.1 Factores precosecha que inciden en la postcosecha. Según Franco *et al* (2002) para obtener frutos de buena calidad en postcosecha se debe:

seleccionar los lotes para la siembra; preparar el terreno adecuadamente, realizar podas, tutorados, fertilización y manejo sanitario en forma oportuna; para sembrar lulo de Castilla se debe seleccionar semilla que provenga de cultivos sanos, escogiendo siempre las mejores plantas (planta madre) y los mejores frutos y para sembrar el híbrido de lulo “La selva” se deben adquirir plantas provenientes de propagación in vitro en laboratorios o de viveros reconocidos

1.9.2 Recolección del fruto. Se debe cosechar los frutos en las horas más frescas del día para alargar su vida postcosecha ya que el fruto continúa respirando después de su recolección. Generalmente, la respiración utiliza la glucosa almacenada en la fruta y cuando esta se agota el proceso respiratorio se detiene, lo cual conduce al envejecimiento y muerte del fruto. Esta consideración es importante porque la temperatura de los frutos al momento de la recolección es igual o mayor a la ambiental, a mayor temperatura mayor actividad respiratoria, lo cual disminuye la vida postcosecha del fruto. Según Franco *et al* (2002) las recomendaciones para una adecuada recolección del fruto son:

- Recolectar la fruta manualmente, protegiéndose las manos con guantes, si se considera necesario
- Sin quitar el cáliz, con tijeras o manualmente cortar el pedúnculo haciendo una suave torsión del fruto, de esta manera se evita que entren enfermedades postcosecha y el fruto se conserve hidratado
- Depositar los frutos suavemente en los recipientes de recolección, preferiblemente canastillas plásticas de diez Kilogramos. de capacidad
- Recolectar solo frutos sanos y en grado de madurez requerido; los frutos enfermos se deben recolectar al día siguiente y enterrarlos en una fosa
- El fruto se debe dejar en la sombra, para evitar que se deshidrate y disminuya su vida postcosecha. La mayoría de los frutos, al momento de la recolección tienen entre 80 y 95% de agua; después de cosechadas siguen transpirando, sin la posibilidad de recuperar el agua perdida, teniendo que recurrir a su contenido interno; esta pérdida se traduce en pérdidas de peso en el fruto.

1.9.3 Acondicionamiento del fruto. El fruto se debe preparar para mejorar su presentación y cumplir así con los requisitos exigidos por el mercado. Para hacer bien esta labor se recomienda acondicionar el fruto en un sitio ventilado, protegido del sol y de la lluvia y resguardado de animales domésticos, roedores y otros agentes que pueden contaminar el fruto. Se deben seleccionar y clasificar los frutos sobre una mesa que tenga una espuma en su superficie y

disponer de elementos donde se pueda limpiar y empacar el fruto (Franco *et al*, 2002).

- **Limpieza.** Con esta operación se retiran las vellosidades del fruto; esta labor se puede realizar por dos métodos: el primero consiste en limpiar o quitar la pelusa fruto por fruto, empleando un trapo seco o un guante, esto se realiza en el centro de acopio o al momento de la recolección y el segundo método consiste en retirar las vellosidades con agua, empleando máquinas lavadoras con cepillos giratorios y circulación de agua, este método se hace en el centro de acopio; se requiere agua limpia y abundante (Franco *et al*, 2002).

- **Selección.** La selección es la operación de separación en el proceso del producto y tiene como finalidad retirar toda unidad de frutos que presenten defectos tales que la inhabiliten para la venta ya sea para el consumo en fresco o para el procesamiento. Además se retiran los materiales extraños que mezclados o adheridos al fruto demeriten su calidad. Las características indeseables del producto más comunes y que se eliminan en la operación de selección son: frutos partidos, rajados y reventados, magullados y blandos o con raspaduras (Quinchia *et al*, 2006).

- **Clasificación.** Consiste en agrupar los frutos que tengan las características comunes de acuerdo con las exigencias de cada mercado como: color, tamaño, peso, dureza y sanidad (Franco *et al*. 2002). El fruto de lulo se ha clasificado en dos calidades de acuerdo a la norma 1265 ICONTEC, pero el comercio en general establece tres categorías primera, segunda y tercera o industrial (Quinchia *et al*, 2006).

- **Desinfección y encerado.** La desinfección de los frutos es necesaria, se realiza mediante inmersión en una solución de Tiabendazol, en dosis de 1,5 centímetros cúbicos de producto comercial por litro de agua. El fruto se encera para darle mejor presentación y mayor duración postcosecha. Existen dos tipos de ceras: comestibles y no comestibles.

Las comestibles se aplican a los frutos cuya cáscara es de consumo humano como las manzanas, peras y duraznos. Las no comestibles se pueden utilizar en frutos cuya cáscara no se consume (naranja, aguacate, piña y lulo). En el caso particular del lulo, algunas personas preparan el jugo de lulo licuando el fruto totalmente, es decir, utilizando la pulpa y la cáscara (Pastrana, 2006).

- **Empaque.** Según la norma NTC 5094 el empaque (rígido o flexible) debe proteger el producto y ayudar a su promoción, mercadeo y consumo, también hace que el producto llegue al consumidor final con buenas condiciones

fisicoquímicas y sensoriales. Un buen empaque debe proteger los productos perecederos de los riesgos que se presentan en el almacenamiento, transporte y distribución. Las recomendaciones para un buen empaque son: usar canastillas plásticas con una capacidad de 10 Kilogramos para transportar y exhibir el fruto al público. Las canastillas sólo se deben destinar para empacar lulo, sin darles otro uso. Las canastillas se deben acomodar sólo con dos niveles de fruto. Para preparar presentaciones de un Kilogramo, se puede empacar el fruto en malla plástica ya que este tipo de empaque favorece la apariencia, permite una adecuada ventilación y evita la manipulación del fruto por parte del consumidor (Franco *et al*, 2002).

• **Almacenamiento.** El almacenamiento del producto tiene como propósito conservar el fruto y mantener su calidad con fines de comercialización. Según Franco *et al* (2002) para cumplir con este fin se deben manejar algunos aspectos como:

Temperatura: cuando se disminuye la temperatura se retardan los procesos de respiración y la maduración es más lenta

Humedad Relativa: influye sobre la intensidad de la transpiración y la pérdida de agua. Una humedad relativa elevada disminuye la pérdida de agua del fruto, pero favorece el desarrollo de microorganismos como hongos y bacterias.

Contenido de Etileno: este gas es el responsable de la maduración; lo producen los frutos climatéricos como el lulo; la madurez de los frutos se retarda cuando sus concentraciones son bajas en la bodega.

Según Pastrana (2006) las recomendaciones para un buen almacenamiento de los frutos de lulo son:

- Colocar los frutos en un lugar sombreado, fresco, cubierto, protegido del sol y de la lluvia
- No almacenar frutos sobremaduros o en mal estado
- Los arrumes de cajas deben estar bien organizados y deben estar separados por lo menos 20 centímetros entre sí para que circule el aire
- No arrumar directamente sobre el piso; colocar una plataforma o estiba para evitar el contacto con el suelo
- No almacenar en sitios calientes, siempre buscar los lugares más frescos y ventilados

- Comercializar el fruto de 12 a 24 horas después de cosecharla si no se accede a almacenamiento en frío.

- **Almacenamiento en cuarto frío.** Si en la zona de cultivo hay cuarto frío se debe cosechar el lulo con 40% de desarrollo de color amarillo de su cáscara. Se deben almacenar a una temperatura de 7.5 ° C y una humedad relativa de 90%, en estas condiciones el fruto puede estar almacenado hasta por 22 días. Si se almacena lulo con mayor índice de madurez se puede conservar hasta por 10 días. Cuando el fruto se almacena a temperatura inferior a la recomendada, se producen daños irreversibles consistentes en manchas oscuras en la corteza del fruto y ablandamiento de la pulpa, estos frutos no maduran y por lo tanto no se pueden comercializar.

Según Franco *et al* (2002) para distribuir la carga en el cuarto frío se recomienda: hacer arrumes uniformes y organizados; dejar un espacio entre arrumes, como mínimo de cinco centímetros; colocar las canastillas sobre estibas; dejar espacios libres para que circule el personal; dejar los arrumes como mínimo a 30 centímetros de la pared; dejar 60 centímetros de espacio entre el techo y la parte superior del arrume; almacenar entre 150 y 200 Kilogramos de fruto por metro cúbico y abrir el cuarto frío solamente cuando sea necesario.

- **Transporte.** Comprende el desplazamiento de los frutos desde la zona de cultivo hasta los canales de distribución y comercialización. De acuerdo con Franco *et al* (2002) para transportar frutos se debe tener en cuenta: utilizar balanzas bien calibradas; utilizar vehículos con carpa para proteger el fruto; Transportar el fruto sólo en las horas frescas del día; lavar y desinfectar los carros transportadores y las canastillas; transportar el fruto solo, sin otros productos que puedan contaminarlo y contar con canastillas necesarias y arrumar hasta una altura de 1.5 metros para evitar daños en los frutos y en el empaque

1.10 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y MORFOLÓGICAS DE LAS FRUTAS

La forma, tamaño, volumen, área superficial, densidad, porosidad, color y apariencia son algunas de las características físicas de mayor importancia para el análisis de calidad de un producto. El color superficial y la apariencia de productos agrícolas son características físicas valiosas para la selección y separación en el campo y el subsecuente manejo y procesamiento. En la cosecha de frutos y vegetales, en la calidad de postcosecha y durante el almacenamiento, los productos pueden seleccionarse con base al color y a la apariencia (Reina, 1998).

1.10.1 Forma y tamaño. Cuando se hace necesaria la descripción satisfactoria de un objeto, 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. Desde el punto de vista práctico la medición de varios ejes mutuamente perpendiculares es sin embargo suficiente para la especificación de la forma teórica (Reina, 1998).

1.10.2 Color. La pérdida de color verde es la consecuencia de la degradación de la clorofila, por los cambios de pH (principalmente debido a la pérdida de ácidos orgánicos al exterior de las vacuolas de almacenamiento en las células), el desarrollo de procesos oxidativos y la acción de las clorofilas, la desaparición de la clorofila va asociada a la síntesis de pigmentos, cuyos colores oscilan entre el amarillo y el rojo, durante el desarrollo y la maduración de los frutos se presentan algunos cambios en los pigmentos. Estos cambios pueden continuar después de la cosecha. (Aldana, 2001).

1.10.3 Firmeza. La degradación por hidrólisis de los hidratos de carbono polimérico, especialmente la de las sustancias pépticas y hemicelulosas debilitan las paredes celulares y las fuerzas cohesivas que mantienen unas células unidas a las otras. En las etapas iniciales de maduración mejora la textura, pero finalmente las estructuras vegetales se desintegran. Durante la maduración, la protopectina va gradualmente degradándose a fracciones de peso molecular inferior que son más solubles en agua. La velocidad de degradación de las sustancias pépticas está directamente relacionada con el ablandamiento de los frutos (Aldana, 2001).

1.10.4 Índices de Madurez. El lulo es un fruto climatérico, es decir, que puede alcanzar su madurez fisiológica adherida a la planta o días después de su recolección; debido a esto, es posible cosechar el fruto en estado verde y pintón. A temperatura ambiente el máximo climatérico, (incremento marcado de la respiración, que se indica al momento en que la fruta alcanza su máximo tamaño y donde se presentan las modificaciones características de la maduración organoléptica que le dan al fruto todos sus atributos deseables desde el punto de vista visual y gustativo), se inicia a los cinco a seis días, mientras que bajo condiciones de refrigeración este periodo se inicia después de los 13 días (Franco *et al*, 2002)

1.11 CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DEL FRUTO

1.11.1 Grados Brix (°Brix). Están formados por los azúcares, ácidos, sales y demás compuestos solubles en agua presentes en los jugos de las células de los frutos (Manual del ingeniero de alimentos, 2006). Se determina con el índice de refracción, este método se emplea mucho en el procesamiento de frutos y

hortalizas, para determinar la concentración de sacarosa de estos productos. La concentración de sacarosa se expresa con el °Brix. A una temperatura de 20°C, el °Brix equivale al porcentaje de peso de la sacarosa contenido en una solución acuosa. Si a 20°C una solución tiene 60 °Brix esto significa que la solución contiene 60% de sacarosa (Meyer *et al*, 2004).

1.11.2 pH. Es una medida de la acidez o basicidad del jugo de los frutos. El pH es la concentración de iones hidronio [H_3O^+] presentes en determinadas sustancias. El valor del pH se puede medir de forma precisa mediante un potenciómetro, también conocido como pH-metro, el cual es un instrumento que mide la diferencia de potencial entre dos electrodos: un electrodo de referencia (generalmente de plata/cloruro de plata) y un electrodo de vidrio que es sensible al ión hidrógeno.

También se puede medir de forma aproximada el pH de una disolución empleando indicadores, ácidos o bases débiles que presentan diferente color según el pH. Generalmente se emplea papel indicador, que se trata de papel impregnado de una mezcla de indicadores cualitativos para la determinación del pH (Meyer *et al*, 2004).

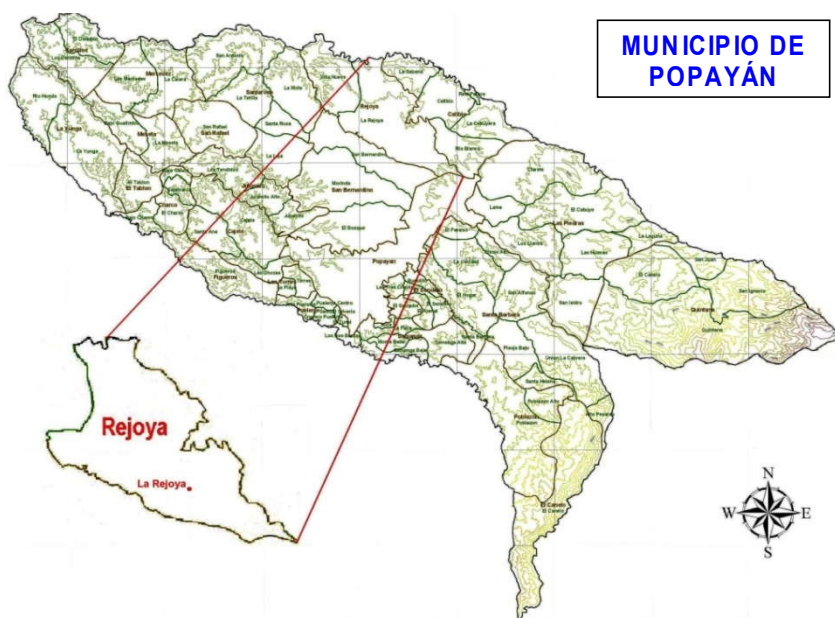
1.11.3 Acidez titulable. Establece los niveles mínimos de ácido que debe poseer cada fruto expresados en porcentaje masa/masa de ácido cítrico anhidro. Con esta medida se puede deducir el grado de madurez de los fruto o si la pulpa ha sido diluida (Manual del ingeniero de alimentos, 2006). Se determina por medio de un análisis conocido como titulación, que es la neutralización de los iones de hidrógeno del ácido con una solución de hidróxido de sodio (NaOH) de concentración conocida (0.1 N) (Meyer *et al*, 2004).

2. METODOLOGÍA

2.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

La evaluación de la producción, rendimiento y calidad de frutos en el cultivo de lulo (*Solanum quitoense* Lam.), se llevó a cabo en el Parque Temático Industrial de la Universidad del Cauca, ubicado en la Vereda La Rejoja, Municipio de Popayán, Departamento del Cauca (Figura 1); a una distancia de 7 kilómetros por la vía de Popayán al corregimiento del Rosario (Cajibío), con coordenadas geográficas 2°29' Latitud Norte y 76°33' Latitud Este; altura promedio de 1800 metros sobre el nivel del mar, temperatura promedio anual de 18°C y precipitación promedio anual de 1750 milímetros (UMATA, 2007).

Figura 1. Mapa representativo del lugar donde se realizó el trabajo de campo



Fuente: UMATA, 2007.

2.2 MATERIALES Y MÉTODOS

Para el trabajo de investigación se utilizaron 41 materiales de lulo, provenientes del banco de germoplasma del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). El material JSE3 se repitió en los dos lotes para no alterar el diseño inicial de 42 materiales. Los materiales empleados se encontraron debidamente clasificados e identificados según el nombre del productor y el lugar de origen (Cuadro 1).

Cuadro 1. Procedencia de los materiales de lulo *Solanum quitoense* Lam., evaluados en la investigación

| Nº | Código | Productor | Lugar de origen |
|----|--------|--|-----------------------------|
| 1 | WM E1 | Wilson Moriones | Pescador – Cauca |
| 2 | DP E1 | Diomar Patiño | |
| 3 | DP E2 | | |
| 4 | PH E1 | Pedro Herrera | |
| 5 | PH S1 | | |
| 6 | VM E1 | Vitelio Menza | |
| 7 | VM E2 | | |
| 8 | SS E1 | Saúl Salazar | Tierradentro – Cauca |
| 9 | SS E2 | José Lisandro Yonda Orlando y José Valverde | |
| 10 | JY E1 | | |
| 11 | OJV E1 | | |
| 12 | EC 28 | Material original de CEFA, siembra y selección de individuos por Lentini Z. <i>et al.</i> | Dapa – Valle del Cauca |
| 13 | EC 39 | | |
| 14 | ER 10 | | |
| 15 | ER 19 | | |
| 16 | SEC 27 | | |
| 17 | SEC 31 | | |
| 18 | SER 15 | | |
| 19 | SER 7 | | |
| 20 | SER 9 | | |
| 21 | PL 8 | Híbridos Corpoica La Selva | Río Negro – Antioquia |
| 22 | PL 11 | | |
| 23 | PL 19 | | |
| 24 | PL 24 | | |
| 25 | PL 35 | | |
| 26 | YD S1 | Yolanda Díaz Baena | Tulúa – Valle del Cauca |
| 27 | YD E2 | | |
| 28 | YD E3 | | |
| 29 | JS E1 | Jorge Solarte | Darién – Valle del Cauca |
| 30 | JS E2 | | |
| 31 | JS E3 | | |
| 32 | LH E1 | Luís Henríquez Fersaín García | |
| 33 | FGE1 | | |
| 34 | AG E1 | Abelardo Gutiérrez | |
| 35 | AG E2 | | |
| 36 | OR E1 | Olga Rendón Grisales | |
| 37 | OR E2 | | |
| 38 | 120043 | Semilla sexual del Banco Nacional de Semillas en Corpoica | Valle del Cauca |
| 39 | 120044 | | Nariño |
| 40 | 120052 | | Cauca |
| 41 | 120055 | | Huila |

Fuente: CIAT, 2007

2.3 DISEÑO EXPERIMENTAL

Para el ensayo en campo se empleó un diseño de bloques completamente al azar (BCP) con cuatro repeticiones. Cada unidad experimental estuvo conformada por seis plantas, con una distancia entre surcos de 2.5 metros y dos metros entre plantas, con siembra a tres bolillo o en triángulo.

En total se trató de 41 materiales, uno de los cuales se repitió (JSE3) para un total de 42 materiales. La aleatorización de los mismos quedó distribuida en dos lotes y cada lote quedó distribuido como se muestra en los cuadros 2 y 3.

2.3.1 Modelo estadístico. Se utilizó el análisis de varianza ANOVA para las variables de producción empleándose el programa SPSS versión 15.0.para Windows.

Cuadro 2. Distribución de los materiales de lulo del 1 al 21 en el lote 1

| Número de parcela | Bloque 1 | Bloque 2 | Bloque 3 | Bloque 4 |
|-------------------|----------|----------|----------|----------|
| 1 | DPE2 | DPE1 | VME2 | ER19 |
| 2 | PHE1 | SER9 | DPE2 | SEC27 |
| 3 | EC39 | OJVE1 | PHS1 | PHE1 |
| 4 | VME2 | SER7 | WME1 | SER9 |
| 5 | EC28 | EC39 | SER7 | EC28 |
| 6 | VME1 | SEC27 | ER19 | ER10 |
| 7 | SSE1 | SSE2 | OJVE1 | WME1 |
| 8 | SEC31 | VME2 | SER9 | PHS1 |
| 9 | ER19 | DPE2 | EC28 | VME1 |
| 10 | JSE3 | WME1 | DPE1 | SER15 |
| 11 | ER10 | PHE1 | SSE1 | SER7 |
| 12 | DPE1 | VME1 | SEC27 | EC39 |
| 13 | PHS1 | JYE1 | SEC31 | JSE3 |
| 14 | WME1 | PHS1 | JYE1 | OJVE1 |
| 15 | SSE2 | SSE1 | JSE3 | SEC31 |
| 16 | JYE1 | ER10 | VME1 | VME2 |
| 17 | SEC27 | SEC31 | PHE1 | DPE1 |
| 18 | SER9 | EC28 | ER10 | SSE2 |
| 19 | SER7 | ER19 | SER15 | SSE1 |
| 20 | OJVE1 | JSE3 | EC39 | DPE2 |
| 21 | SER15 | SER15 | SSE2 | JYE1 |

Fuente: el presente trabajo, 2009

Cuadro 3. Distribución de los materiales de lulo del 22 al 42 en el lote 2

| Número de parcela | Bloque 1 | Bloque 2 | Bloque 3 | Bloque 4 |
|-------------------|----------|----------|----------|----------|
| 22 | YDE2 | LHE1 | JSE3 | AGE2 |
| 23 | LHE1 | 120043 | PL19 | JSE3 |
| 24 | PL19 | PL24 | FGE1 | 120055 |
| 25 | YDS1 | 120052 | ORE2 | PL19 |
| 26 | PL24 | PL35 | 120044 | LHE1 |
| 27 | JSE1 | PL8 | JSE1 | JSE1 |
| 28 | 120052 | JSE1 | PL35 | ORE1 |
| 29 | JSE3 | ORE1 | 120055 | PL8 |
| 30 | PL8 | JSE2 | PL8 | 120044 |
| 31 | JSE2 | YDS1 | PL11 | JSE2 |
| 32 | YDE3 | YDE3 | YDS1 | PL24 |
| 33 | ORE1 | PL11 | LHE1 | YDE2 |
| 34 | 120044 | FGE1 | YDE3 | FGE1 |
| 35 | PL35 | PL19 | PL24 | PL35 |
| 36 | PL11 | 120044 | 120043 | ORE2 |
| 37 | AGE1 | 120055 | AGE1 | 120052 |
| 38 | 120043 | JSE3 | JSE2 | AGE1 |
| 39 | FGE1 | YDE2 | ORE1 | YDS1 |
| 40 | 120055 | AGE1 | YDE2 | PL11 |
| 41 | AGE2 | ORE2 | AGE2 | 120043 |
| 42 | ORE2 | AGE2 | 120052 | YDE3 |

Fuente: el presente trabajo, 2009.

Las visitas al cultivo se realizaron tres veces por semana y la toma de datos cada ocho días.

Los frutos fueron recolectados en un mismo estado de madurez (75% de color amarillo con leves pintas verdes) e identificados para ser llevados a la planta de procesamiento de vegetales de la Facultad de Ciencias Agropecuarias – Universidad del Cauca para el análisis de características físicas y fisicoquímicas.

2.4 VARIABLES EVALUADAS

2.4.1 Variables de producción. La toma de datos se inició en el momento en que las plantas empezaron a formar racimos florales. Se registró información del número de racimos por planta, número de botones por racimo, número de flores por racimo, porcentaje de cuajamiento de frutos (Véase *anexo A*).

- **Número de racimos por planta.** Esta variable se evaluó semanalmente. Se contó la totalidad de los racimos en cada planta.
- **Número de botones por racimo.** Se contó el número de botones totales de cada una de las plantas y se determinó el promedio por planta y por parcela.
- **Número de flores por racimo.** Los datos se tomaron semanalmente, el conteo se realizó por planta.
- **Porcentaje de cuajamiento de frutos.** El conteo se realizó quince días después de la apertura de la flor. Se tomó como base el 50% de apertura floral. Se registró el número de frutos presentes en cada planta, se dividió entre el número de flores y se llevó a porcentaje.

2.4.2 Variable de rendimiento. Para determinar el rendimiento de los materiales evaluados se realizó un conteo del número de frutos por planta y frutos cosechados.

- **Número de frutos por planta.** se contó el número total de frutos (en diferentes estados de desarrollo) de cada una de las plantas y se determinó el promedio por planta y por parcela. Los frutos cosechados se contaron y pesaron para obtener el estimado de la producción y el rendimiento por hectárea. Como dato adicional se registró el número de frutos caídos sanos y el número de frutos caídos enfermos con el fin de obtener un registro total de frutos por planta.

2.4.3 Variables de calidad. Para determinar calidad se realizaron pruebas físicas y fisicoquímicas a los frutos cosechados. Para las evaluaciones se seleccionaron 12 frutos al azar de cada uno de los materiales evaluados.

- **Características físicas:** se determinó peso promedio, tamaño, resistencia a penetración, color de cáscara y color de la pulpa de los frutos (*Véase anexo B*).

Peso promedio: se pesó cada uno de los 12 frutos y se sacó el promedio, se empleó una balanza de brazo Ohaus, con precisión de 0.1 gramos (Figura 2). La clasificación se realizó comparando los datos según la tabla 3.

Tamaño. Se determinó realizando la medición de forma manual con la ayuda de un calibrador o pie de rey (Figura 2) de los diámetros ecuatorial y longitudinal de cada una de las frutas seleccionadas (Tabla 3).

Tabla 3. Clasificación para lulo de Castilla teniendo en cuenta tamaño y peso de los frutos cosechados

| Clase | Tamaño (cm) | Peso (gr) |
|--------------------|-------------|-------------|
| Primera | >5 | > 85 |
| Segunda corriente | >4 - <5 | > 60 - < 85 |
| Tercera industrial | <4 | < 60 |

Fuente: ICONTEC, FEDERACAFÉ, citado por García y García, 2001.

Resistencia a penetración del fruto. Se estableció a través del uso de un penetrómetro para frutos, determinándose la resistencia en Newton en el área peduncular, media y apical de los mismos.

Color del fruto y la pulpa. Se clasificó mediante un análisis cualitativo observando el color de cáscara y de pulpa teniendo en cuenta la tabla de color para lulo de Castilla establecida en la Norma Técnica Colombiana-NTC 5093. (Véase *anexo C*). Se realizó un registro fotográfico con una cámara digital marca Samsung de 8.1 megapíxeles con referencia S860 (Figura 2).

Figura 2. Equipos utilizados para determinar las características físicas de los frutos de lulo



Fuente: el presente trabajo, 2009.

a.- Balanza de brazo Ohaus; b.- Calibrador o pie de rey; c.- Penetrómetro para frutos; d.- Cámara digital.

- **Características fisicoquímicas.** Para la determinación de las pruebas fisicoquímicas fue necesario pelar y licuar la fruta sin utilizar agua y cernirla para eliminar la semilla (Véase *anexo D*).

Sólidos solubles (°Brix). Se realizó por lectura directa del refractómetro con escala de 0° hasta 30 °Brix (Figura 3). Se tomó una muestra de jugo con una espátula, se la colocó en el prisma del refractómetro y se hizo la lectura a 20°C. Para la clasificación de los frutos de tuvo en cuenta la tabla 4.

Tabla 4. Contenido de sólidos solubles totales expresados como grados Brix (°Brix) de acuerdo con la tabla de color

| Color | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| °Brix(mínimo) | 7.0 | 7.7 | 8.2 | 8.6 | 9.2 | 9.9 |
| °Brix(máximo) | 7.3 | 7.9 | 8.5 | 8.8 | 9.5 | 10.1 |

Fuente: Norma técnica colombiana NTC 5093

pH. Se hizo por lectura directa con el peachímetro manual en el jugo obtenido (Figura 3). Estos resultados se compararon con los datos encontrados en la tabla 5.

Acidez titulable. Se valoró una muestra de pulpa del fruto (10 gramos) con NaOH 0,1 Normal (Figura 3) en presencia de fenolftaleína (indicador) hasta lograr viraje de color hallándose el volumen de titulante gastado, se realizó la prueba por triplicado para promediar el volumen gastado y se aplicó la fórmula para hallar porcentaje de acidez predominante, en este caso ácido cítrico. Los resultados se analizaron teniendo en cuenta la tabla 5.

En donde:

V_1 = volumen de NaOH consumido (ml)

V_2 = volumen de la muestra (10 gramos)

K = peso equivalente al ácido cítrico (0,068 g/meq)

N = normalidad del NaOH (0,1 meq/ml) (Norma Técnica Colombiana NTC 5093)

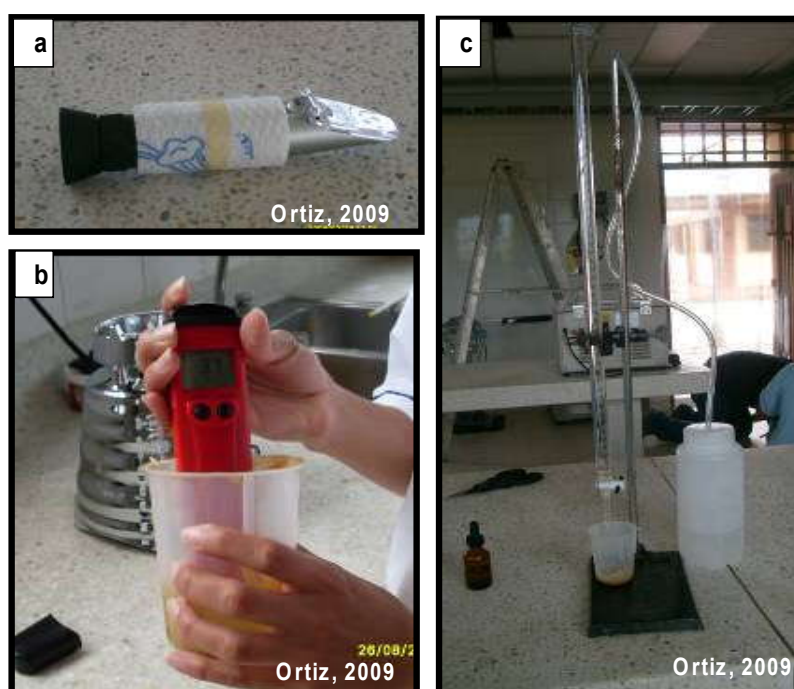
Tabla 5. Características fisicoquímicas de la pulpa de lulo *Solanum quitoense* Lam
Cáscara Naranja Pulpa Verde

Cáscara Amarilla Pulpa Verde

| Característica | Grado de madurez del fruto | | |
|----------------|----------------------------|-----------|-----------|
| | Verde | Pintón | Maduro |
| Ph | 2.9 – 3.2 | 3.1 – 3.3 | 3.2 – 3.5 |
| Acidez | 3.0 – 3.4 | 2.8 – 3.0 | 2.7 – 3.0 |

Fuente: Galvis y Herrera; citado por García y García, 2001.

Figura 3. Equipos empleados para determinar las características fisicoquímicas de los frutos evaluados



Fuente: el presente trabajo, 2009.

a.- Refractómetro con escala de 0° hasta 30 °Brix; b.- Peachímetro manual; c.- Soporte para determinar acidez titulable.

2.5 ACTIVIDADES PREVIAS AL ESTUDIO DE EVALUACIÓN

2.5.1 Calidad de fruto. Se realizó una capacitación práctica en la empresa procesadora de jugos TUTTIFRUTTI con el fin de conocer los estándares de calidad que se manejan para los frutos de lulo. En la práctica se definieron los pasos para las pruebas de plataforma con el fin de determinar la calidad de los frutos. Dentro de las características externas se analizaron: peso, tamaño y color de cáscara y se realizaron pruebas de color de pulpa, sabor, contenido de semilla, °Brix, Acidez y pH.

2.5.2 Siembra de las plántulas en campo. El trabajo de investigación se realizó en dos lotes.

- **Lote uno.** Siembra de 21 materiales de lulo procedentes del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Las plántulas llegaron en bandejas, se realizó el trasplante a bolsas rotuladas donde permanecieron por espacio de un mes con cuidados de riego, podas y manejo fitosanitario. Durante el tiempo de adaptación a las condiciones de temperatura y humedad relativa de la región se realizó la adecuación del terreno para la siembra definitiva en campo. Se hizo el levantamiento, trazado y ahoyado del lote. A cada hoyo se le aplicó 350 gramos de abono orgánico y 150 gramos de cal dolomita como enmienda con el fin de dejar el sustrato en condiciones aptas para la siembra, posterior a esto se realizó la siembra.

- **Lote dos.** Siembra de los 21 materiales restantes procedentes del CIAT. Para la preparación del terreno se realizaron las mismas labores que en el lote uno. Una vez realizada la siembra se continuó con las labores culturales que requiere el cultivo como: control de arvenses, podas, fertilización y controles fitosanitarios.

2.5.3 Control de arvenses y plateo. Esta práctica cultural se realizó de forma manual utilizando machete, alternando con aplicación de herbicida, manteniendo el plato de la planta limpio para evitar la competencia de las arvenses por los nutrientes.

2.5.4 Podas. Se realizaron tres tipos de podas: en la primera, poda de formación se eliminaron los chupones basales del tallo ubicados por debajo de la primera horqueta con el fin de evitar el crecimiento excesivo de ramas, mejorar el tamaño de frutos y disminuir la humedad dentro del cultivo; en la segunda, poda de mantenimiento se eliminaron hojas enfermas y ramas que no producen para facilitar el manejo fitosanitario del cultivo y en la tercera, poda sanitaria se eliminaron todas las partes afectadas de las plantas para disminuir la incidencia de problemas fitosanitarios.

Esta práctica se realizó con tijera podadora debidamente desinfectada, la aplicación de un sellante fungicida a base de cobre y un adherente para evitar la entrada de patógenos a las plantas. El material vegetal cortado fue retirado del cultivo y posteriormente fue enterrado en una parte específica de la finca para evitar proliferación de enfermedades que pudieran afectar los cultivos que en este lugar se encontraban.

2.5.5 Fertilización. La fertilización se hizo con los productos 25-4-24, 21-0-0-7, DAP, 16-6-18-3 y NITROMAG en proporciones 1:3, la cantidad de fertilizante que se suministró dependió del estado de desarrollo de las plantas. En las plantas pequeñas la aplicación se realizó en corona y las plantas en producción recibieron fertilizante al voleo. Estas plantas también recibieron fertilización foliar en diferentes cantidades empleando productos como: Starzyme, Nutriphite y Cristasol.

2.5.6 Control de plagas. En el primer lote se aplicó fungicida al inicio de la etapa de floración, cada ocho días se aplicaron productos categoría tres como Mancozeb y Metalaxil para el control de *Phytophthora infestans* y Carbendazim para control de Antracnosis, y se complementó con la recolección semanal de frutos enfermos.

En el segundo lote el control químico preventivo se inició desde el momento de la siembra con los mismos ingredientes. Además se aplicaron otros productos para el control de plagas que no se habían detectado en el primer cultivo. Para el control de ácaros se utilizaron productos a base de Abamectina, para control de trips Imidacloprid, para control de nemátodos extractos vegetales y para el control de chinche y pasador de fruto Deltametrina.

3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Para el análisis de los resultados se dividieron las variables en dos grupos: el primero conformado por variables de producción y rendimiento: número de racimos por planta, promedio de botones, número de flores por planta, porcentaje de cuajamiento de frutos, número de frutos cosechados y el segundo grupo conformado por variables de calidad, éste, a su vez, constituido por características físicas: tamaño, peso, color del fruto, sanidad y resistencia a la penetración; y características fisicoquímicas: sólidos solubles (°Brix), acidez titulable y pH.

3.1 VARIABLES DE PRODUCCIÓN

Las variables de producción se sometieron a un análisis de varianza ANOVA y prueba de sensibilidad de Tukey ($P < 0.05$). Los resultados del análisis de varianza se relacionan en el Anexo E que contiene las estadísticas descriptivas, el Anexo F, G, H e I que contiene los análisis de varianza, los efectos y su significancia y el Anexo I que contiene las correlaciones de las variables estudiadas

Los resultados de las variables de producción se presentan en el cuadro 4, en donde se describen: número racimos por planta, número de botones por racimo, número flores por racimo, porcentaje de cuajamiento, peso del fruto (gramos), producción por planta (gramos) y la respectiva proyección del rendimiento por hectárea en kilogramos. Cada valor corresponde al promedio del total de plantas de cada material.

Los asteriscos (*) encontrados en algunos materiales corresponden a datos no tomados debido a la pérdida de frutos ocasionada por el ataque de enfermedades como antracnosis.

Cuadro 4. Componentes de producción para los 42 materiales de lulo evaluados

| Materiales | No racimo por Planta | No. Botones por racimo | No flores por planta | % cuajado | No. frutos por Planta | Peso/fruto (grs) | Producción planta (grs) | Proyección. rend./há (kg) |
|-------------------|-----------------------------|-------------------------------|-----------------------------|------------------|------------------------------|-------------------------|--------------------------------|----------------------------------|
| DPE2 | 6,02 | 9,69 | 2,95 | 39,22 | 6,97 | * | * | * |
| PHE1 | 6,64 | 9,16 | 2,67 | 36,37 | 6,45 | 54,03 | 348,59 | 697,18 |
| EC39 | 4,95 | 9,50 | 3,72 | 41,04 | 7,55 | * | * | * |
| VME2 | 8,48 | 9,86 | 4,74 | 29,46 | 11,85 | 67,91 | 804,42 | 1608,84 |
| EC28 | 4,19 | 9,44 | 4,91 | 21,11 | 4,35 | * | * | * |
| VME1 | 8,84 | 9,96 | 7,69 | 12,19 | 8,29 | 62,23 | 516,00 | 1032,01 |
| SSE1 | 9,26 | 9,59 | 5,58 | 18,42 | 9,51 | 52,37 | 498,25 | 996,49 |
| SEC31 | 24,75 | 10,38 | 8,31 | 10,34 | 21,27 | 43,50 | 925,24 | 1850,48 |
| ER19 | 4,00 | 8,99 | 3,86 | 20,48 | 3,16 | * | * | * |
| JSE3 | 6,96 | 10,05 | 7,46 | 13,73 | 7,13 | * | * | * |
| ER10 | 6,74 | 9,45 | 7,61 | 20,40 | 10,47 | * | * | * |
| DPE1 | 4,48 | 9,63 | 5,84 | 27,79 | 7,27 | 68,30 | 496,54 | 993,08 |
| PHS1 | 7,06 | 9,73 | 7,63 | 15,25 | 8,22 | 58,58 | 481,44 | 962,88 |
| WME1 | 5,31 | 9,48 | 7,26 | 22,68 | 8,74 | 86,50 | 755,94 | 1511,88 |
| SSE2 | 6,60 | 9,52 | 6,56 | 15,22 | 6,59 | 42,00 | 276,89 | 553,79 |
| JYE1 | 7,08 | 9,83 | 8,89 | 17,91 | 11,27 | 53,48 | 602,93 | 1205,87 |
| SEC27 | 22,23 | 10,57 | 15,74 | 9,48 | 33,18 | 33,43 | 1109,17 | 2218,35 |
| SER9 | 16,67 | 10,79 | 14,69 | 9,74 | 23,85 | 38,20 | 911,09 | 1822,17 |
| SER7 | 20,61 | 9,91 | 10,48 | 16,54 | 35,71 | * | * | * |
| OJVE1 | 8,86 | 9,87 | 10,56 | 9,74 | 9,11 | 60,50 | 551,26 | 1102,52 |
| SER15 | 33,34 | 10,53 | 15,07 | 13,32 | 66,91 | 38,61 | 2583,39 | 5166,78 |
| PL8 | 25,38 | 10,68 | 18,94 | 19,37 | 93,11 | 36,68 | 3415,59 | 6831,17 |

Cuadro 4 (Continuación)

| Materiales | No racimo por Planta | No. Botones por racimo | No flores por planta | % cuajado | No. frutos por Planta | Peso/fruto (grs) | Producción planta (grs) | Proyección. rend./há (kg) |
|-------------------|-----------------------------|-------------------------------|-----------------------------|------------------|------------------------------|-------------------------|--------------------------------|----------------------------------|
| PL11 | 21,33 | 10,56 | 17,42 | 17,35 | 64,68 | 43,61 | 2811,97 | 5623,95 |
| PL19 | 13,65 | 10,44 | 10,40 | 26,49 | 37,60 | 50,53 | 1899,93 | 3799,86 |
| PL24 | 16,90 | 10,30 | 12,02 | 15,34 | 31,16 | 38,95 | 1213,68 | 2427,36 |
| PL35 | 23,80 | 10,68 | 18,73 | 23,56 | 105,04 | 42,80 | 4495,71 | 8991,42 |
| LHE1 | 10,05 | 9,76 | 8,22 | 21,87 | 18,07 | 72,22 | 1305,02 | 2610,03 |
| FGE1 | 12,17 | 10,32 | 10,48 | 19,92 | 25,41 | 101,34 | 2575,05 | 5150,10 |
| JSE1 | 8,92 | 9,94 | 8,12 | 11,18 | 8,10 | 100,49 | 813,93 | 1627,86 |
| JSE2 | 8,09 | 9,99 | 6,58 | 12,76 | 6,79 | 86,55 | 587,67 | 1175,35 |
| JSE3 | 9,28 | 10,00 | 8,05 | 21,61 | 16,14 | 53,29 | 860,10 | 1720,20 |
| ORE1 | 7,15 | 9,88 | 6,83 | 12,18 | 5,95 | 100,34 | 597,02 | 1194,05 |
| ORE2 | 10,09 | 10,06 | 8,71 | 12,38 | 10,88 | 101,25 | 1101,60 | 2203,20 |
| 120043 | 9,74 | 9,95 | 8,92 | 11,76 | 10,22 | 62,32 | 636,91 | 1273,82 |
| 120044 | 8,39 | 9,90 | 8,13 | 24,48 | 16,70 | 67,45 | 1126,42 | 2252,83 |
| 120052 | 10,98 | 9,70 | 9,75 | 16,35 | 17,50 | 61,11 | 1069,43 | 2138,85 |
| 120055 | 8,61 | 10,10 | 8,82 | 16,63 | 12,63 | 70,42 | 889,40 | 1778,81 |
| YDS1 | 10,64 | 10,04 | 8,53 | 14,78 | 13,41 | 97,89 | 1312,73 | 2625,46 |
| YDE2 | 7,47 | 9,68 | 5,30 | 16,92 | 6,70 | 91,00 | 609,70 | 1219,40 |
| YDE3 | 7,45 | 9,33 | 6,82 | 11,45 | 5,82 | 93,40 | 543,59 | 1087,18 |
| AGE1 | 7,87 | 9,60 | 6,94 | 9,14 | 4,99 | 85,24 | 425,35 | 850,70 |
| AGE2 | 7,65 | 9,94 | 8,07 | 17,54 | 10,83 | 85,12 | 921,85 | 1843,70 |

* *Corresponde a datos faltantes.*

Fuente: el presente trabajo, 2009.

3.1.1 Número de racimos promedio por planta. Se presentaron diferencias altamente significativas entre los 42 materiales evaluados, en los cuales se formaron tres grupos. El mejor grupo comprende nueve materiales con valores entre los 16 y 34 racimos por planta. El segundo grupo conformado por 28 materiales con un rango entre 6 a 14 racimos por planta; finalmente el tercer grupo menos destacado con cinco materiales con menos de seis racimos por planta. Los materiales más destacados para esta variable fueron en su orden: SER15, PL8, SEC31, PL35, SEC27, PL11, SER7, PL24 y SER9; mientras que los genotipos que presentaron los menores valores fueron: WME1, SEC39, DPE1, EC28 y ER19.

Al observar el comportamiento individual de las plantas se encontró que el número máximo de racimos que pueden llegar a tener los materiales bajo las condiciones de la Vereda La Rejoya son en su orden: 162 racimos por planta para el material SER15, 152 para SEC31, 150 para SER7, 148 para SEC27, 123 para SER9, 95 para PL8, 69 para PL35, 68 para PL11 y 65 para el material PL24.

3.1.2 Número de botones por racimo. No se presentaron diferencias significativas para esta variable. Los 42 materiales presentaron un rango entre 7 a 11 botones por racimo.

Por otro lado esta variable tuvo incidencia directa en el número de flores de cada racimo y en el número de frutos por planta; sin embargo el porcentaje de cuajamiento decreció y como era de esperarse el tamaño también se vio afectado negativamente.

3.1.3 Número de flores por planta. El análisis de varianza mostró que hubo diferencias significativas entre los materiales, este hecho indica que hubo variabilidad genética entre los 42 materiales evaluados. Los individuos que llegaron a presentar el mayor número de flores formadas por planta correspondieron a los materiales PL8, PL35, PL11, SER15, SEC27, OJVE1, SER9, PL24, SER7, FGE1 y PL19 ubicados en el rango entre 10 a 19 flores por planta, 17 materiales presentaron flores entre 7 a 10 y finalmente 14 materiales restantes formaron menos de siete flores por planta, donde el material con menor número de flores fue el ER19 con tres flores respectivamente.

3.1.4 Número de frutos promedio por planta. Se presentaron diferencias altamente significativas en los 42 materiales evaluados. En la prueba de medias se evidencia que el grupo de los materiales que presentaron el menor número de frutos por planta se ubicaron en un rango entre 3 y 26, el siguiente grupo registró un rango entre 31 a 65 frutos por planta y los materiales que presentaron mayor cantidad de frutos promedio por planta y que lograron

diferenciarse de los demás fueron: PL35, PL8 y SER15 con 66 hasta 106 frutos.

Al analizar el comportamiento individual de las plantas se encontró que el máximo de frutos que produjeron los materiales que se destacaron bajo las condiciones climáticas de la zona y con el manejo que se le aplicó al cultivo, fueron: PL35 con 452 frutos, seguido del SER7 con 421 frutos, SEC31 con 344 frutos, PL8 con 297 frutos, PL24 y PL19 con 267 frutos, PL11 con 247 frutos y SER15 con 162 frutos.

3.1.5 Porcentaje de cuajamiento. Teniendo en cuenta el número de flores por planta y el número de frutos por planta se encontró que 14 materiales superaron el 20% de cuajamiento siendo el EC39 con un valor de 41.4% el más alto y el ER10 con el porcentaje más bajo dentro de este rango de valores superiores. Los resultados permiten demostrar que estos materiales presentaron mayor tolerancia al ataque de Antracnosis y *Phytophthora*, enfermedades que causaron el mayor ataque provocando grandes pérdidas de estructuras florales y de frutos en el ciclo del cultivo. Un segundo grupo de 10 materiales, se ubicó en el rango comprendido entre 16 y 20% de cuajamiento. Por último 18 materiales presentaron un porcentaje menor al 16%.

Las diferencias entre las medias estadísticas para estas variables se debieron al factor genético debido a la influencia de género y especie en las características finales de producción de las plantas, factor fisiológico tales como el porcentaje de cuajamiento y número de frutos por planta y a la procedencia de cada uno de los materiales.

Los resultados para las variables de producción son similares a los valores esperados para el cultivo de lulo (*Solanum quitoense* Lam.) en condiciones ideales, según Franco *et al* (2002), una planta de lulo puede llegar a tener en promedio hasta 30 racimos por planta, con un número de flores por racimo de cinco a diez (7 A 12 según CORPOICA, 2002), cada cojín floral puede llegar a tener ocho frutos o más, con un promedio de cinco, lo ideal es cuatro frutos por cojín, con un porcentaje de cuajamiento de 16 al 20%. Sin embargo estos valores sólo son alcanzados por el 17% de los materiales estudiados: PL8, PL11, PL35, SER15, SER7 y SEC31.

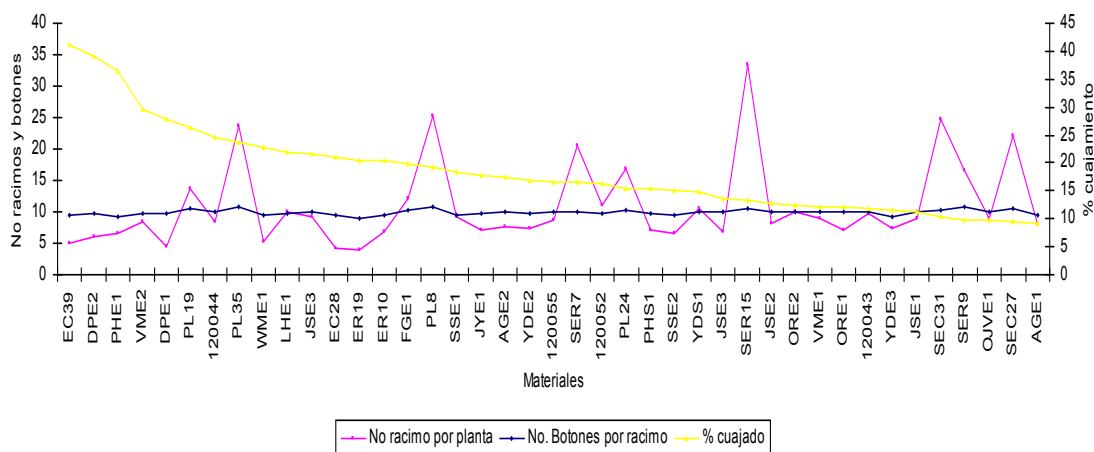
En el periodo comprendido entre la siembra y el estado de cuajamiento de las flores para empezar la formación del fruto en el cultivo instalado, se presentaron cambios climáticos drásticos reflejados por precipitaciones intensas durante todo el ciclo del cultivo lo que afectó en un 80% el cuajamiento floral, y condiciones como la humedad relativa superior al 83.5%, temperatura promedio de 18,8°C favorecieron la presencia de plagas y

enfermedades que afectaron de forma directa el desarrollo de frutos y el rendimiento por hectárea, esto lo confirma Quiñonez (2009) al reportar pérdidas del 70% en la misma zona de estudio y lugar del ensayo. Por otro lado Gómez *et al* (1999) afirma que la temperatura óptima para el cultivo de lulo está entre 17 a 18°C y ésta tiene incidencia directa sobre la floración, el cuajamiento del fruto, la forma, color y el contenido de jugo en la pulpa madura de tal manera que la temperatura presente en la etapa de evaluación (18,8°C) fue determinante en las variables evaluadas.

La humedad relativa presente durante la evaluación (superior al 83%), favoreció el crecimiento del cultivo de lulo, similar a lo reportado por Gómez *et al* (1999) quién afirma que esta planta crece bien con humedades relativas mayores al 80%. Sin embargo el hecho de haber establecido el cultivo a libre exposición afectó la producción ya que éste se desarrolla mejor en sitios sombreados y altos en nubosidad cercanos a corrientes de agua pero no encharcados, según lo reportado por el mismo autor.

La falta de control de arvenses afectó las variables de producción debido a la competencia por nutrientes y por luz. Franco *et al* (2002) encontró que las malezas o arvenses intervienen en la producción y sus daños solo son cuantificables al momento de la cosecha. En sus primeros estados de crecimiento las plantas son susceptibles a la competencia con arvenses afectando la floración, cuajado, llenado y número de frutos cosechados.

Gráfica 1. Relación entre número de racimos, número de botones y porcentaje de cuajamiento de los 42 materiales de lulo evaluados

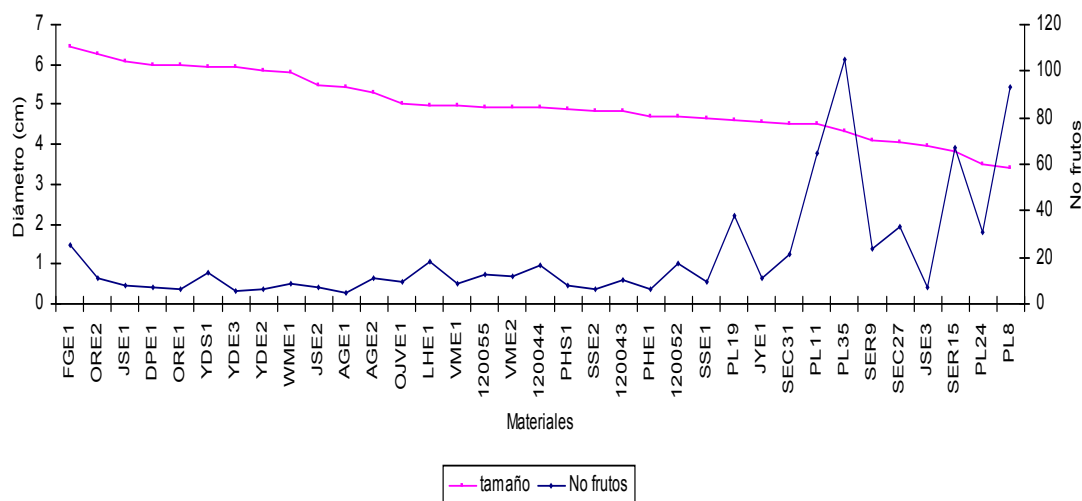


Fuente: el presente trabajo, 2009

Según la correlación de Pearson ($P < 0.05$), estudiada en el anexo J, existen correlaciones negativas entre número de racimos, número de botones y número de flores al contrastarlos con el porcentaje de cuajamiento (Gráfica 1) lo que quiere decir que el aumento en cualquiera de estas variables disminuye dicho porcentaje, en tal caso un alto número de flores no garantiza una mayor cantidad de frutos. Esto es corroborado por Bernal *et al* (1998), quién sostiene que casi todas las flores del extremo del racimo son estériles debido al sistema sexual que presenta. Es decir que no todas las flores del racimo producirán un fruto viable.

Se puede observar en la gráfica 2 que existe una relación directa ($P < 0.01$) entre el número de racimos, el número de botones, número de flores y número de frutos; sin embargo cuando las variables anteriormente nombradas aumentan el tamaño del fruto disminuye, lo que es físicamente lógico por razones de espacio. Estos resultados son similares a los reportado por CORPOICA (2002) cuando afirma que según la variedad empleada el número de racimos, botones, flores y frutos varia como en el caso de la variedad “La selva”, la cual presenta un gran desarrollo de racimos y frutos en comparación de la variedad castilla, sin embargo el tamaño de los frutos es relativamente inferior debido a una mayor acomodación de frutos en un espacio más reducido.

Gráfica 2. Relación entre en diámetro y el número de frutos en los 35 materiales de lulo evaluados



Fuente: el presente trabajo, 2009

3.1.6 Producción por planta y rendimiento por hectárea. Los valores esperados para el lulo de Castilla (*Solanum quitoense* Lam.) en cuanto a producción y rendimiento, según la Corporación Colombia Internacional (2006), para el Cauca son de 7.05 toneladas por hectárea en el primer año de producción. El material más sobresaliente fue el PL35 con una producción por planta de 4.5 kilogramos, que al proyectarlo es igual a 8.9 toneladas por hectárea, el cual supera el promedio regional, es importante resaltar que este material es un híbrido en el cual uno de sus progenitores es procedente de materiales CORPOICA "La selva". Existe un grupo de materiales ubicados en un rango de 2.6 a 3.4 kilogramos por planta que se acercan al promedio, estos materiales fueron en su orden: PL8, PL11, SER15 y FGE1. Estos materiales resultaron ser tolerantes a Antracnosis que fue el principal factor de pérdida de frutos; además, según Quiñónez (2009) estos materiales mostraron tolerancia a *Phytophthora infestans*, el material SER15, a pesar de haber mostrado cierta susceptibilidad, presentó resultados aceptables. El resto de los materiales presentaron resultados muy por debajo de los valores esperados.

Las variables producción por planta y rendimiento por hectárea están relacionadas directamente con el número de racimos, el número de botones, número de flores y número de frutos debido a que la planta al producir mayor cantidad de cualquiera de estas variables garantizan una mayor producción total de frutos.

La baja producción y rendimiento de la gran mayoría de los materiales se debió al gran porcentaje de frutos caídos a causa de las diferentes enfermedades que atacaron al mismo, además se presentó una deficiencia marcada de magnesio que afectó el transporte de fósforo a la planta quien influye en la floración, fructificación y maduración del fruto. Según Willard (1999) el magnesio es un componente esencial de la clorofila, ayuda a regular la asimilación de otros nutrientes y actúa como transportador de fósforo en la planta. Por otro lado Tamayo y Cardona (2002) afirman que la deficiencia de fósforo influye en la floración, reduce la fructificación y produce caída de frutos. En los materiales del lote uno se presentó pérdidas de frutos desde el 10 hasta el 50%, mientras que en el lote dos no se presentó caída de frutos.

Respecto a la producción por planta y la proyección de rendimiento por hectárea y teniendo en cuenta los daños causados por problemas fitosanitarios que fueron del 70% ningún material superó los 9000 kilogramos por hectárea. Se puede inferir que si estos materiales se cultivan y manejan comercialmente con paquetes técnicos preventivos fitosanitarios, su producción puede llegar a 30.000 kilogramos por hectárea. Es preciso aclarar que el ensayo contempló un manejo limpio debido a que la propuesta contenía otros objetivos técnicos de evaluación, entre ellos la resistencia que se podía encontrar en los materiales seleccionados al ataque de enfermedades y nemátodos principalmente.

3.2 VARIABLES DE CALIDAD DEL FRUTO DE LULO

3.2.1 Características físicas. La caracterización física de estos materiales se presenta en el cuadro 5, comprendió las variables de peso, tamaño, color del fruto (color de cáscara y color de la pulpa), sanidad y resistencia a penetración.

De los 42 materiales sembrados se realizó el análisis de calidad a 35, ya que el ataque de *Phytophthora infestans* y Antracnosis causaron daños en frutos afectando la cosecha de los siete materiales restantes.

Cuadro 5. Características físicas de los frutos de lulo para los 42 materiales evaluados.

| Materiales | Peso (grs) | Tamaño (cms) | | Resistencia a penetración (Newton) | | | Color | |
|------------|------------|---------------------|-----------------------|------------------------------------|--------|--------|----------|------------------|
| | | Diámetro ecuatorial | Diámetro longitudinal | Peduncular | Media | Apical | Cáscara | Pulpa |
| DPE2 | * | * | * | * | * | * | * | * |
| PHE1 | 54,03 | 4,70 | 4,37 | 126,00 | 134,00 | 145,29 | Amarillo | Amarillo verdoso |
| EC39 | * | * | * | * | * | * | * | * |
| VME2 | 67,91 | 4,93 | 4,49 | 200,24 | 203,24 | 205,79 | Naranja | Verde intenso |
| EC28 | * | * | * | * | * | * | * | * |
| VME1 | 62,23 | 4,97 | 4,47 | 213,55 | 223,15 | 238,10 | Naranja | Verde intenso |
| SSE1 | 52,37 | 4,66 | 4,43 | 250,33 | 256,67 | 278,33 | Amarillo | Amarillo verdoso |
| SEC31 | 43,50 | 4,52 | 4,18 | 114,00 | 119,60 | 122,40 | Amarillo | Verde intenso |
| ER19 | * | * | * | * | * | * | * | * |
| JSE3 | * | * | * | * | * | * | * | * |
| ER10 | * | * | * | * | * | * | * | * |
| DPE1 | 68,30 | 6,00 | 5,15 | 160,38 | 163,74 | 177,34 | Amarillo | Amarillo verdoso |
| PHS1 | 58,58 | 4,86 | 4,50 | 197,97 | 201,37 | 217,15 | Amarillo | Amarillo verdoso |
| WME1 | 86,5 | 5,80 | 5,50 | 138,55 | 144,66 | 155,27 | Amarillo | Amarillo verdoso |
| SSE2 | 42,00 | 4,85 | 4,33 | 245,50 | 252,50 | 272,00 | Amarillo | Amarillo verdoso |
| JYE1 | 53,48 | 4,57 | 4,22 | 142,00 | 144,38 | 149,92 | Amarillo | Amarillo verdoso |
| SEC27 | 33,43 | 4,07 | 3,55 | 115,50 | 127,75 | 136,50 | Amarillo | Verde intenso |
| SER9 | 38,20 | 4,12 | 3,75 | 135,89 | 146,21 | 153,23 | Amarillo | Verde intenso |
| SER7 | * | * | * | * | * | * | * | * |
| OJVE1 | 60,5 | 5,00 | 4,50 | 167,75 | 173,75 | 181,73 | Naranja | Amarillo verdoso |
| SER15 | 38,61 | 3,82 | 3,64 | 167,13 | 171,81 | 183,7 | Amarillo | Verde intenso |
| PL8 | 36,68 | 3,40 | 3,83 | 158,00 | 180,08 | 184,08 | Amarillo | Amarillo |
| PL11 | 43,61 | 4,50 | 4,10 | 181,56 | 206,08 | 233,22 | Amarillo | Amarillo |
| PL19 | 50,53 | 4,59 | 4,12 | 140,83 | 141,83 | 154,38 | Amarillo | Amarillo |
| PL24 | 38,95 | 3,48 | 3,31 | 118,42 | 145,58 | 149,17 | Amarillo | Amarillo |

* Corresponde a datos no tomados.

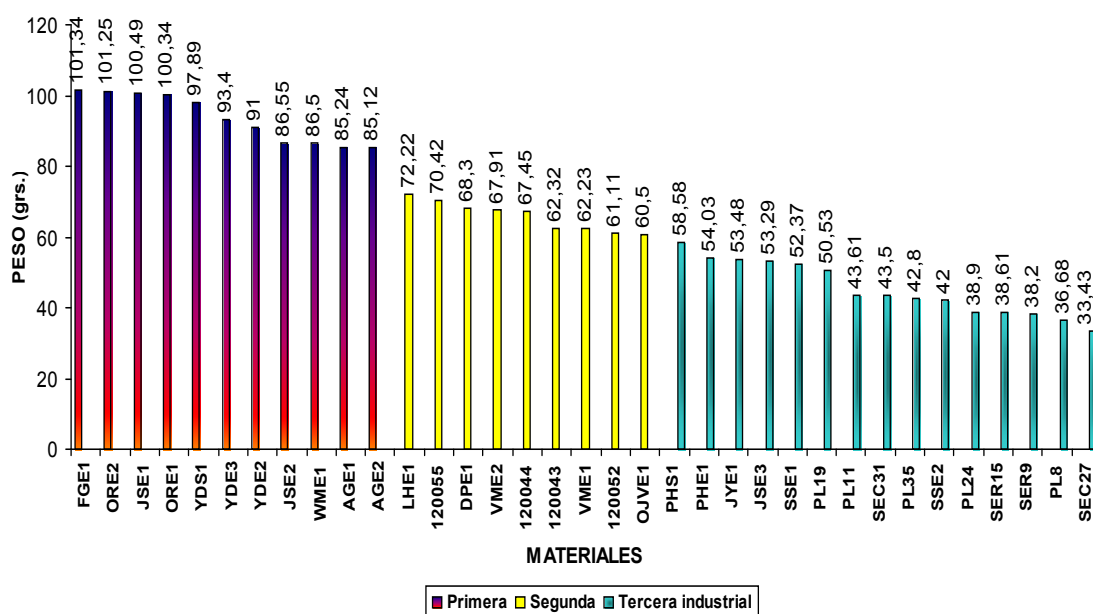
Cuadro 5 (Continuación)

| Materiales | Peso (grs) | Tamaño (cms) | | Resistencia a penetración (Newton) | | | Color | |
|------------|------------|---------------------|-----------------------|------------------------------------|--------|--------|----------|------------------|
| | | Diámetro ecuatorial | Diámetro longitudinal | Peduncular | Media | Apical | Cáscara | Pulpa |
| PL35 | 42,80 | 4,35 | 4,03 | 190,96 | 203,71 | 228,33 | Amarillo | Amarillo |
| LHE1 | 72,22 | 4,98 | 4,75 | 146,34 | 183,55 | 202,11 | Naranja | Amarillo verdoso |
| FGE1 | 101,34 | 6,44 | 5,87 | 145,71 | 177,11 | 182,44 | Amarillo | Verde intenso |
| JSE1 | 100,49 | 6,10 | 5,65 | 151,72 | 188,50 | 192,77 | Naranja | Verde intenso |
| JSE2 | 86,55 | 5,50 | 5,10 | 155,21 | 163,79 | 184,33 | Naranja | Verde intenso |
| JSE3 | 53,29 | 3,98 | 4,20 | 145,50 | 162,45 | 205,22 | Amarillo | Amarillo verdoso |
| ORE1 | 100,34 | 6,00 | 5,63 | 143,25 | 188,81 | 194,62 | Naranja | Verde intenso |
| ORE2 | 101,25 | 6,27 | 5,74 | 137,88 | 144,71 | 166,00 | Naranja | Verde intenso |
| 120043 | 62,32 | 4,83 | 4,66 | 153,74 | 168,00 | 205,32 | Amarillo | Verde intenso |
| 120044 | 67,45 | 4,92 | 4,80 | 144,81 | 167,43 | 195,87 | Amarillo | Amarillo verdoso |
| 120052 | 61,11 | 4,68 | 4,76 | 168,00 | 203,00 | 211,00 | Amarillo | Amarillo verdoso |
| 120055 | 70,42 | 4,95 | 4,60 | 136,72 | 154,63 | 184,78 | Amarillo | Verde intenso |
| YDS1 | 97,89 | 5,94 | 5,62 | 134,83 | 173,55 | 192,54 | Naranja | Amarillo verdoso |
| YDE2 | 91,00 | 5,83 | 5,65 | 143,88 | 166,71 | 188,34 | Naranja | Amarillo verdoso |
| YDE3 | 93,40 | 5,92 | 5,80 | 133,64 | 174,55 | 184,76 | Amarillo | Amarillo verdoso |
| AGE1 | 85,24 | 5,42 | 5,22 | 143,00 | 177,32 | 204,25 | Naranja | Verde intenso |
| AGE2 | 85,12 | 5,28 | 4,97 | 144,62 | 158,56 | 186,00 | Naranja | Verde intenso |

Fuente: el presente trabajo, 2009.

- **Peso.** Según ICONTEC y FEDERACAFÉ citados por García y García (2001), el lulo de Castilla es considerado de primera cuando su peso promedio se encuentra por encima de 85 gramos; de los materiales estudiados 11 superaron este promedio y cuatro de ellos alcanzaron valores mayores de 100 gramos así: FGE1, ORE2, JSE1 y ORE1; nueve materiales presentaron promedios entre 60 y 85 gramos por fruto clasificándose por su peso como de segunda, y finalmente 15 materiales estuvieron por debajo de 60 gramos que corresponden a la tercera categoría según el mismo autor. Los resultados se observan en la grafica 3.

Gráfica 3. Peso promedio de los frutos de lulo de Castilla *Solanum quitoense* Lam.



Fuente: el presente trabajo, 2009.

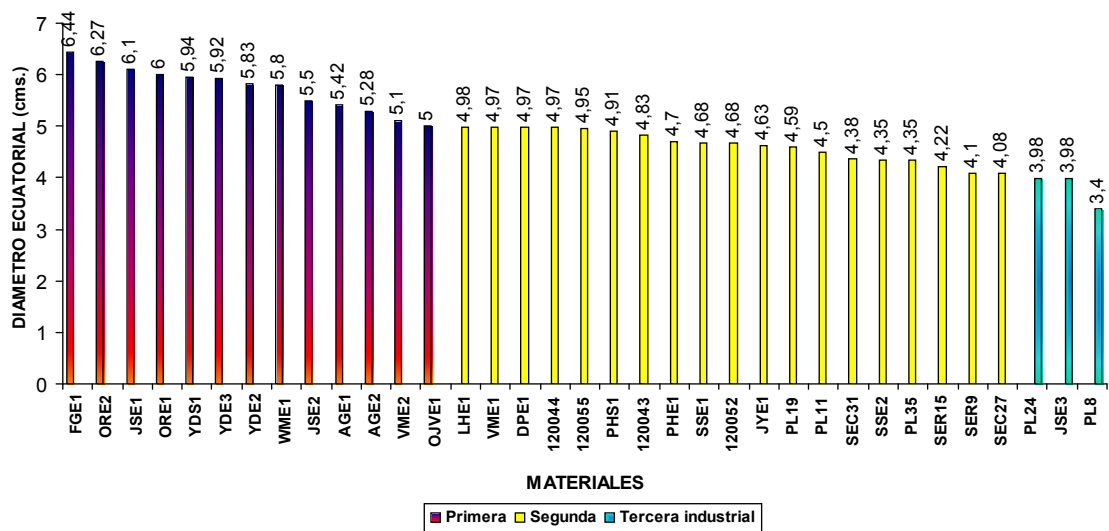
Esta característica es de gran importancia para determinar la calidad de los frutos ya que existe gran variabilidad de mercados que exigen se les garantice un producto de calidad.

Los híbridos PL según el estudio se clasifican en la tercera categoría debido a que son provenientes de materiales “La Selva”, cuya característica genotípica es la de producir frutos de menor peso y tamaño.

- **Tamaño.** Según los valores de tamaño referidos al diámetro ecuatorial (Gráfica 4) y de acuerdo con ICONTEC y FEDERACAFÉ, citados por García y García (2001) para lulo de Castilla, los materiales clasificados de primera

categoría son frutos cuyo tamaño es mayor a cinco centímetros de segunda entre cuatro y cinco centímetros y de tercera o industrial menor de cuatro centímetros. Aplicando estos valores y comparando con los encontrados en los materiales de estudio se halló que: 13 materiales se clasificaron como de primera al superar los cinco centímetros destacándose los materiales FGE1, ORE2, JSE1 y ORE1 que superaron los seis centímetros de diámetro clasificados como de tamaño extra por los mismos autores; 19 materiales presentaron frutos de segunda categoría y los restantes clasificados como de tercera o industrial. Los materiales clasificados en la primera categoría cumplen con las características exigidas por los consumidores de las plazas de mercado, quienes prefieren tamaños de fruta grande para consumo en fresco; mientras que para la industria el tamaño no es una variable limitante para su utilización agroindustrial.

Gráfica 4. Diámetro ecuatorial de los frutos de lulo de Castilla *Solanum quitoense* Lam



Fuente: el presente trabajo, 2009.

Según los valores obtenidos en cuanto al tamaño, el grupo de materiales que superaron los cinco centímetros cumplen con la norma técnica ICONTEC No. 1265 que es la exigida generalmente tanto por consumidores directos, intermediarios y almacenes de cadena cuando de la fruto de lulo se trata.

Rojas *et al* (2004), encontró mediante estudios realizados en referencia a esta variable, que en los departamentos del Valle del Cauca, Tolima y Cauca, el diámetro de los frutos está establecido entre 4.6 y 6 centímetros, el 60% que fueron 21 materiales se encuentran en este rango, sin embargo se destacan los

materiales FGE1, ORE2 y JSE1 por presentar un diámetro superior al encontrado para esta región.

La relación entre las variables Peso y Tamaño de los frutos no es directamente proporcional en todos los materiales evaluados, ya que se esperaría que a mayor tamaño mayor peso, lo que no sucede en el 100% de los materiales. El caso particular del material OJVE1 que por peso se clasifica en la segunda categoría y por diámetro en primera.

Las mayores diferencias se presentaron al clasificar la segunda y la tercera categoría; esto indica que existen algunos frutos vanos de baja densidad cuya pulpa es esponjosa y poco concentrada en sus almidones. Según Angulo (2009), la disminución de peso en los materiales se debe a que cuando el fruto pierde peso también disminuye su diámetro como consecuencia de la pérdida de agua por transpiración y respiración en el almacenamiento, debido a que la fruta pierde agua por la piel y por la zona de inserción del pedúnculo provocando que se deshidrate y afectando al mismo tiempo, su elasticidad. Frutos de mayor tamaño tienen mayor superficie expuesta y por lo tanto mayor pérdida de agua produciendo frutos de poco peso pero de mayor tamaño.

En términos generales, el tamaño y el peso pueden variar debido a la pérdida de agua y deshidratación como causa del largo almacenamiento y transporte del producto al sitio final. Las razones expuestas por Galvis y Herrera citados por García y García (2001) explican este hecho:

- La humedad relativa alta influye sobre la intensidad de la transpiración y la pérdida de agua disminuyendo así el peso de los frutos. Estas condiciones ambientales se encuentran en la zona de evaluación donde la humedad relativa es superior al 80% causando una mayor deshidratación y pérdida de agua de los frutos de mayor tamaño.
- La relación área superficial/volumen es importante ya que los frutos más grandes tienen mayor área superficial a través de la cual se facilita la pérdida de humedad, por el contrario frutos de menor tamaño tienen una menor área superficial evitando que se pierda humedad del fruto. Esto explica los resultados obtenidos en la evaluación ya que se presentaron frutos de buen tamaño que perdieron agua a causa del largo tiempo que permanecieron en el lugar de cosecha afectando de esta manera el peso real de los frutos.
- En lo referente a la pérdida de peso, el tiempo transcurrido entre la cosecha y el almacenamiento del producto es de relación directa ya que los frutos una vez cosechados continúan con su proceso de maduración perdiendo agua lo

que afecta el peso real de los frutos, esto explica aún más lo sucedido en el estudio debido a la distancia existente entre el lote y el sitio de almacenamiento de los frutos y al medio de transporte empleado para el traslado de alimentos perecederos. Estas tres variables incidieron en los resultados obtenidos.




Como consideración especial se encontró que según los valores promedios del cuadro cinco referente a los componentes de rendimientos, los materiales que alcanzaron los mayores pesos por fruto no son los que con la proyección obtienen los mayores rendimientos por hectárea, mientras que los de pesos bajos su producción es mayor, esta relación es directa con aquellos materiales que según la inferencia pueden presentar la mayor resistencia a los problemas fitosanitarios y mejor adaptación a las condiciones de la Vereda La Rejoya Municipio de Popayán.


- **Color.** Las características más importantes para calidad del lulo son: olor, sabor y el color verde de la pulpa. Estas propiedades y los múltiples usos que se le dan al fruto en la agroindustria y en fresco, la han convertido en una fruta con importantes posibilidades en el mercado nacional e internacional, afirma CORPOICA (2002).

Los resultados obtenidos al evaluar el color de la cáscara y el color de la pulpa de los frutos de lulo demuestran que existe una variada gama de colores; para este caso en particular a cada color encontrado (cáscara-pulpa) se le asignó un número para su clasificación. Los resultados se observan en el cuadro 6.

Según el cuadro 6 se puede observar que el 31.42% de los materiales evaluados presentaron color de cáscara amarilla y pulpa amarillo-verdosa, ubicados dentro del grupo uno. El 20% de los materiales presentaron un color de cáscara amarilla con pulpa de color verde, pertenecientes al grupo dos. El 14.3% de los materiales presentaron cáscara amarilla y pulpa amarilla, clasificados en el grupo tres. El 11.42% de los materiales presentaron cáscara naranja y pulpa amarilla verdosa, ubicados en el grupo cuatro y finalmente el 22.86% de los materiales presentaron una coloración naranja de la cáscara y pulpa verde clasificados dentro del grupo cinco.

Cuadro 6. Clasificación por color de los frutos de los diferentes materiales evaluados

| Clasificación | Color | Figura | Materiales |
|---------------|---|---|--|
| 1 | Cáscara amarilla y pulpa amarilla verdosa |  | <p>PHE1 SSE1 DPE1 PHS1 WME1 SSE2 JYE1 JSE3 120044 120052 YDE3</p> |
| 2 | Cáscara amarilla y pulpa verde |  | <p>SEC31 SEC27 SER9 SER15 FGE1 120043 120055</p> |
| 3 | Cáscara amarilla y pulpa amarilla |  | <p>PL8 PL11 PL19 PL34 PL35</p> |

| | | Cuadro 6 (Continuación) | |
|---------------|--|---|--|
| Clasificación | Color | Figura | Materiales |
| 4 | Cáscara naranja y pulpa amarilla verdosa |  | LHE1 YDS1 YDE2 OJVE1 |
| 5 | Cáscara naranja y pulpa verde |  | JSE1 JSE2 ORE1 ORE2 AGE1 AGE2 VME1 VME2 |

Fuente: el presente trabajo, 2009

Los frutos de pulpa verde son los más apetecidos en el mercado. Estos resultados cumplen con las exigencias de calidad para consumo en fresco, ya que según CORPOICA (2002) las características del lulo de Castilla posicionada en las plazas de mercado, tiendas y almacenes de cadena nacionales son similares a las encontradas en los 15 materiales que presentaron pulpa de color verde, estos materiales son: SEC31, SEC27, SER15, SER9, 120055, 120054, FGE1, JSE1, JSE2, ORE1, ORE2, AGE1, AGE2, VME1 y VME2.

Con base en estudios realizados por CORPOICA donde determinan que el lulo variedad Castilla tiene una cáscara color verde amarillo y pulpa verde, se tiene que los materiales SER9, SER15, SEC27 y SEC31 presentaron el color característico de esta variedad y fueron clasificados dentro del grupo dos.

Para los materiales PHE1, SSE1, SSE2, JYE1, WME1, PHS1, DPE1, JSE3, YDE3, 120044 y 120052 el color de la cáscara inicialmente es verde intenso y a medida que el fruto va creciendo y madurando, el color se torna amarillo en un 100%. En cuanto al color de la pulpa en el momento de la cosecha es de color amarillo verdoso, color no muy característico de la variedad y poco apetecido en el mercado.

Los cambios de color que experimenta el fruto en su cáscara durante la maduración se deben a las variaciones en el contenido de clorofila, la cual empieza a degradarse por proceso de oxidación y la acción de las clorofilazas para dar paso a otros compuestos que inducen coloración amarilla (violaxantina), estos pigmentos son solubles en agua y en disolventes orgánicos (Fenema citado por Ospina *et al* 2007).

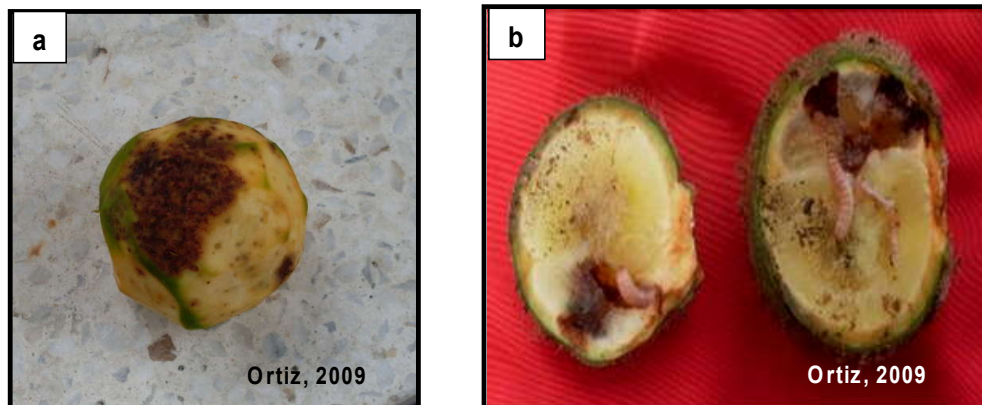
A nivel del fruto, la pulpa en los primeros estados de desarrollo contiene muy pequeñas cantidades de azúcar y grandes cantidades de almidón, ácidos y fenoles, que no proporcionan los atributos sensoriales para su consumo. En la mayoría de los frutos, cuando se alcanza la madurez, las células de la pulpa se alargan considerablemente y los contenidos de azúcar se incrementan mientras el almidón, los ácidos y los fenoles disminuyen. Además, ciertos componentes volátiles se desarrollan dando a las frutas características de aroma. Así mismo, se presenta la degradación en los pigmentos en la piel y en la pulpa, cambiando el color de los frutos (Rojas *et al*, 2004)

- **Sanidad.** Los frutos evaluados fueron de aspecto fresco y consistencia firme, se encontraban exentos de olores y sabores extraños, estos frutos fueron recolectados, limpiados, transportados, pesados y seleccionados sin causarles ningún daño mecánico; sin embargo en ocasiones se encontraron frutos que presentaron leves ataques de plagas como:

Chinche patón (*Leptoglossus* sp). Según Franco *et al* (2002) las ninfas y adultos se alimentan de los frutos succionando su contenido, los frutos detienen su desarrollo, se endurecen y presentan puntos o zonas oscuras en su corteza y debajo de ella (Figura 4).

Perforador del fruto (*Neoleucinodes elegantalis*). Estudios realizados por Gómez *et al* (1999) afirman que este daño es causado por una polilla de hábito nocturno que oviposita en los pecíolos de las flores, cuando los huevos eclosionan rompen la epidermis del fruto y se internan en él, donde forman galerías causando graves daños en la pulpa (Figura 4).

Figura 4. Daños que ocasionaron las plagas en frutos de lulo

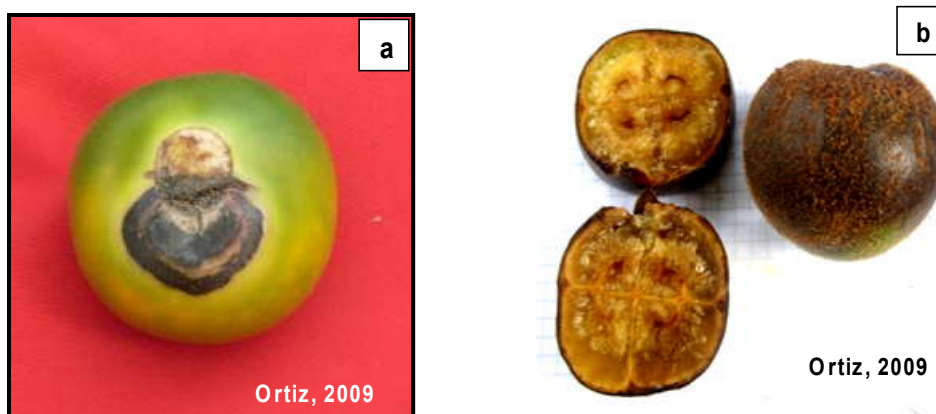


Fuente: el presente trabajo, 2009

a.- Chinche patón (*Leptoglossus* sp); b.- Perforador del fruto (*Neoleucinodes elegantalis*).

Además se encontraron frutos con lesiones causadas por el hongo *Phytophthora infestans* y Antracnosis (*Colletotrichum* sp) (Figura 5), esta última, la mayor causante de pérdidas de fruto dentro del cultivo, ya que según Quiñonez (2009) el cultivo se vio afectado hasta un 6.8%. En términos generales se reporta que la Antracnosis es una enfermedad que causa pérdidas de producción sino se controla oportunamente, según Bayer (2008), el hongo puede permanecer latente en condiciones desfavorables y cuando es activado, los síntomas se desarrollan con gran rapidez. Según Quinchia *et al* (2006), los principales síntomas de la Antracnosis son: lesiones redondas de apariencia café que luego se tornan negruzcas en condiciones de alta humedad, lesión hendida en el centro, cubre todo el fruto, ocurre deformación, momificación y su caída.

Figura 5. Patógenos que afectaron la sanidad de los frutos de lulo

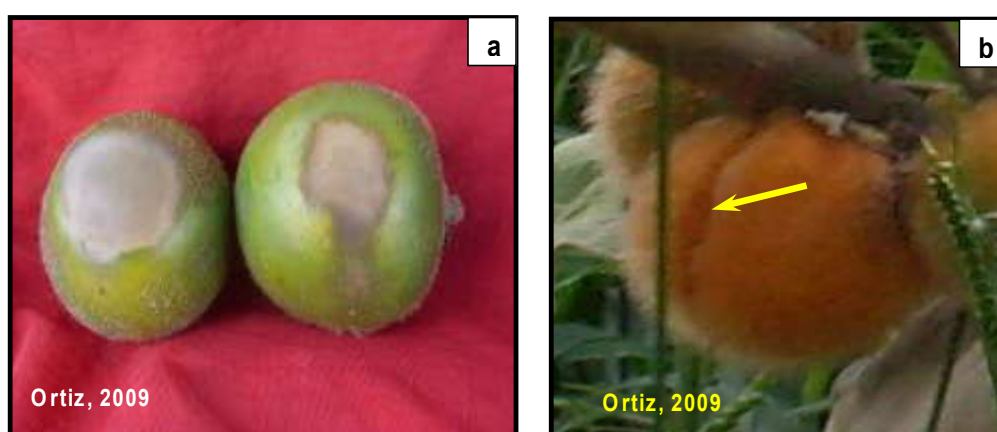


Fuente: el presente trabajo, 2009

a.- Antracnosis (*Colletotrichum* sp); b.- Gota (*Phytophthora infestans*).

Además se presentaron daños fisiológicos como golpe de sol y cuarteamiento del fruto. El primero según estudios realizados por Quinchia *et al* (2006) se caracteriza por quemaduras ocasionadas por los rayos solares que posteriormente son aprovechadas por hongos deteriorando el fruto y su calidad comercial; el segundo daño fue ocasionado por deficiencias nutricionales, especialmente de calcio y cambios bruscos de temperatura (Figura 6).

Figura 6. Daños fisiológicos que alteraron la calidad del fruto



Fuente: el presente trabajo, 2009

a.- Golpe de sol; b.- Cuarteamiento del fruto.

- **Resistencia a penetración.** El análisis de resistencia se realizó tomando como referencia la resistencia media de los frutos, ubicada en la región

ecuatorial. Según estudios realizados por Reina (1998) el fruto de lulo pierde significativamente la resistencia a la penetración en la misma medida en que avanza el proceso de maduración. Este análisis es contrario a lo encontrado en este ensayo ya que los frutos cosechados presentaban un mismo estado de madurez sin embargo, al observar los resultados de resistencia algunos materiales presentaron valores muy variados, lo que indica que la selección de los frutos por color no garantiza el estado de maduración de los mismos. Los materiales PL11, PL35, 120052, SSE2, PHE1, VME1 y VME2, presentaron una resistencia a la penetración mayor en el momento de la cosecha y posterior análisis de calidad en comparación con los materiales SSE1, SEC27 y SEC31 quienes mostraron una resistencia menor. Este resultado puede ser importante en el momento del transporte y almacenamiento ya que los materiales de mayor resistencia pueden permanecer un mayor tiempo en las bodegas de almacenamiento o en los sitios de venta.

Además este mismo autor afirma que el lulo presenta una resistencia en su contorno casi similar, observándose leves diferencias en las tres zonas estudiadas y siendo la más resistente la zona apical, seguida por la zona media y por último la zona peduncular. Esto concuerda con los resultados obtenidos donde se puede ver que en todos los materiales evaluados se tiene una resistencia peduncular menor en comparación a las otras dos y la diferencia que existe entre las tres es poca, lo que significa que la madurez del fruto se presenta de forma homogénea en las tres zonas, sin embargo se puede observar que la zona apical es la parte del fruto que tarda más tiempo en madurar.

Resultados encontrados por Ospina *et al* (2007) mostraron que el comportamiento de la fruta a la penetración es altamente dependiente del tiempo transcurrido después de la cosecha de la fruta y condiciones fisiológicas (grado de madurez), situación ésta que refleja el comportamiento visco-elástico y anisotrópico del producto. Los valores de la fuerza de fractura indicaron que la fruta pintona resiste mayor carga de aplastamiento con respecto a la fruta madura. La fruta resiste más carga en sentido longitudinal que transversal, teniendo en cuenta este criterio la mayor resistencia encontrada en la zona apical fue para los materiales SSE1 (278.33 Newton), SSE2 (272 Newton), VME1 (238.1 Newton), PL11 (233.22 Newton) y PL35 (228.33 Newton) lo que indica una mayor resistencia en el momento del transporte y almacenamiento.

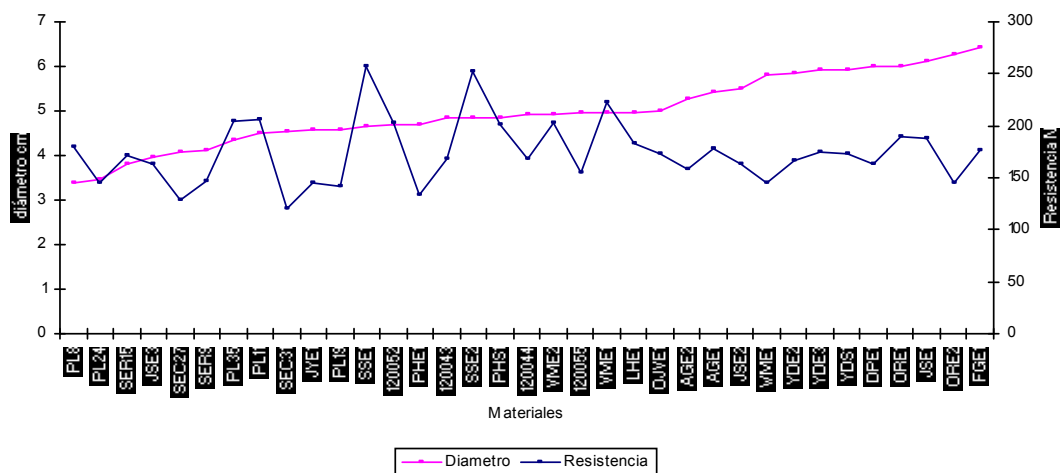
El mismo autor también estableció que, dado que el lulo es una fruta climatérica, el proceso de maduración que continúa después de la recolección genera una mayor incidencia en la disminución de la firmeza, tanto del epicarpio como de la pulpa, como consecuencia, quizás, de una mayor actividad de desdoblamiento de almidones en azúcares durante este periodo de tiempo, generando el debilitamiento de las paredes celulares de los tejidos del epicarpio y de la pulpa del fruto, los resultados obtenidos pudieron variar

debido al largo tiempo que permanecieron algunos frutos a temperatura ambiente aumentando la tasa de respiración y la pérdida de agua, generando deterioro de la fruta y debilitamiento de los tejidos del epicarpio o cáscara de la fruta.

En términos generales se puede observar en la gráfica 5 que no existe una relación marcada ($P < 0.05$) entre el tamaño (diámetro ecuatorial) y la resistencia media de los frutos. El diámetro oscila entre los 3.5 y 6.5 cm mientras que la resistencia está ubicada en el rango de 140 a 250 Newton. Aunque algunos materiales se alejan en los valores de resistencia, estos no tienen una diferencia significativa lo que indica gran variabilidad entre los materiales como ya se había indicado a lo largo del documento. El tamaño mantiene una leve tendencia al crecimiento independiente de la resistencia del fruto.

Por otro lado se encontró una alta correlación entre las medidas de resistencia apical, peduncular y media ya que el incremento de una de las medidas redonda en el crecimiento de las otras dos.

Gráfica 5. Correlación entre el diámetro y la resistencia a penetración de los frutos de lulo *Solanum quitoense* Lam.



Fuente: el presente trabajo, 2009

3.2.2 Características fisicoquímicas del fruto. Los resultados obtenidos al evaluar las características organolépticas aparecen en el cuadro 7. Las variables evaluadas fueron: sólidos solubles ($^{\circ}$ Brix), pH y contenido de ácido cítrico (acidez titulable) en los diferentes materiales de estudio.

Cuadro 7. Características fisicoquímicas de los frutos de lulo evaluados

| Materiales | Sólidos solubles (°Brix) | pH | Acidez titulable (%) |
|-------------------|---------------------------------|-----------|-----------------------------|
| DPE2 | * | * | * |
| PHE1 | 9,00 | 3,70 | 2,27 |
| EC39 | * | * | * |
| VME2 | 9,45 | 3,70 | 2,03 |
| EC28 | * | * | * |
| VME1 | 9,00 | 3,70 | 2,36 |
| SSE1 | 7,40 | 3,60 | 2,80 |
| ER19 | * | * | * |
| JSE3 | * | * | * |
| ER10 | * | * | * |
| DPE1 | 8,40 | 3,80 | 2,50 |
| PHS1 | 9,20 | 4,00 | 2,21 |
| WME1 | 8,80 | 3,45 | 2,38 |
| SSE2 | 7,20 | 3,60 | 2,85 |
| JYE1 | 7,65 | 3,58 | 2,60 |
| SEC27 | 8,00 | 3,70 | 2,52 |
| SER9 | 10,80 | 3,52 | 2,00 |
| OJVE1 | 9,40 | 3,65 | 2,20 |
| SER15 | 9,00 | 3,56 | 2,34 |
| PL8 | 10,07 | 3,90 | 2,05 |
| PL11 | 10,25 | 3,90 | 1,71 |
| PL19 | 9,80 | 3,85 | 2,15 |
| PL24 | 12,00 | 3,90 | 2,70 |
| PL35 | 11,01 | 4,00 | 2,04 |
| LHE1 | 10,20 | 3,25 | 3,00 |
| FGE1 | 9,00 | 3,40 | 2,95 |
| JSE1 | 9,20 | 3,56 | 3,21 |
| JSE2 | 9,00 | 3,46 | 2,60 |
| JSE3 | 8,60 | 3,44 | 2,40 |
| ORE1 | 9,80 | 3,27 | 2,50 |
| ORE2 | 8,90 | 3,50 | 2,80 |
| 120043 | 9,77 | 3,36 | 2,29 |
| 120044 | 10,00 | 3,64 | 2,04 |
| 120052 | 8,90 | 3,50 | 1,96 |
| 120055 | 9,50 | 3,40 | 2,51 |
| YDS1 | 10,00 | 3,45 | 2,29 |
| YDE2 | 11,00 | 3,70 | 2,65 |
| YDE3 | 10,00 | 3,45 | 2,29 |
| AGE1 | 9,20 | 3,48 | 3,20 |
| AGE2 | 10,00 | 3,36 | 3,00 |

* Corresponde a datos no tomados

Fuente: el presente trabajo, 2009

- **Sólidos solubles (°Brix).** El lulo es una fruta climatérica, que puede alcanzar su madurez fisiológica adherida a la planta o días después de su recolección en almacenamiento; debido a esto es posible cosechar la fruta en estado verde o pintón. A temperatura ambiente el máximo climático puede presentar modificaciones internas y externas que le dan al fruto todos sus atributos deseables desde el punto visual y gustativo. La norma ICONTEC 5093 relaciona los cambios de color con los contenidos mínimos y máximos de °Brix que debe tener el lulo de Castilla en los diferentes estados de maduración, citados en el numeral 2.4.3 tabla 4.

De acuerdo con esta norma el contenido de sólidos solubles (°Brix) esperado, para este ensayo debería estar entre 9.2 y 10.1°Brix. Según los resultados que se presentan en el cuadro 7 el 37,14% de los materiales presentaron un grado de sólidos solubles en este rango, representados por 13 materiales, un segundo grupo (22,86%) presenta valores superiores a 10.1°Brix. Los materiales restantes (40%) están por debajo del valor mínimo registrado por la norma.

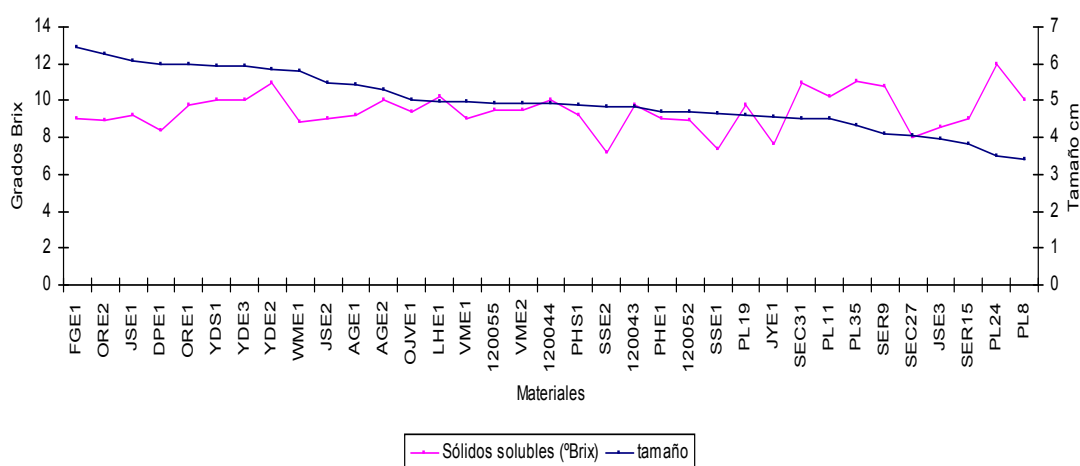
Existe una alta correlación entre los °Brix y el número de botones ya que entre más botones se presentaron en cada racimo, los sólidos solubles también fueron más altos, esto se debe a que a mayor número de botones por planta se presentó un mayor número de frutos, siendo estos de tamaño más reducido pero en algunos casos con mayor peso, es decir, su densidad aumentó, por lo que los sólidos solubles se concentraron más. Lo anterior es confirmado por Burgos *et al* (2007) cuando afirma que los frutos de menor tamaño tienen una mayor concentración de sólidos solubles en el momento de la cosecha presentándose una notable reducción de la acidez titulable lo que le confiere el sabor característico a la fruta. Por otro lado Gómez (1999) afirma que el contenido de °Brix de una fruta no tiene nada que ver con la cantidad de frutos que se encuentran en la planta sino con la nutrición brindada a la planta durante su periodo vegetativo y al estado de madurez en el que se encuentran los frutos.

Analizando los datos se encontró con respecto a los °Brix que los frutos del material PL24 obtuvieron 12°Brix, este material presentó una cáscara amarilla clasificándose de primera por su dulzor y alto contenido de azúcares reductores, este resultado no coincide con lo señalado en la norma ICONTEC 5093 cuando se afirma que los frutos de color naranja son los que generalmente presentan los más altos valores por encima del máximo de °Brix, esta característica se debe tener en cuenta para un mejoramiento genético de otros materiales sobre este atributo. Los frutos que presentaron mayor madurez registraron los mayores valores en °Brix, esto se debe según Burgos *et al* (2007), a que el almidón presente en los frutos inmaduros se convierte en azúcar al avanzar la madurez, mejorando las características organolépticas.

En esta investigación se encontró que de los nueve materiales con frutos de color naranja, cinco tienen valores entre 8.9 y 11°Brix, lo cual muestra las magníficas características del sabor del fruto, los resultados comparados con la norma ICONTEC 5093 para lulo de Castilla, indican que estos valores están dentro del rango máximo exigido.

Según la correlación de Pearson ($P < 0.01$) para las variables diámetro y grados Brix (Gráfica 6) no hay razones para suponer una relación directa entre dichas variables. Los valores de diámetro se distribuyen en un rango entre 3.4 y 6.4 centímetros y los grados Brix entre 7.2 y 12. Sin embargo se puede apreciar un leve decrecimiento en el diámetro, mientras que los grados brix mantienen una tendencia central.

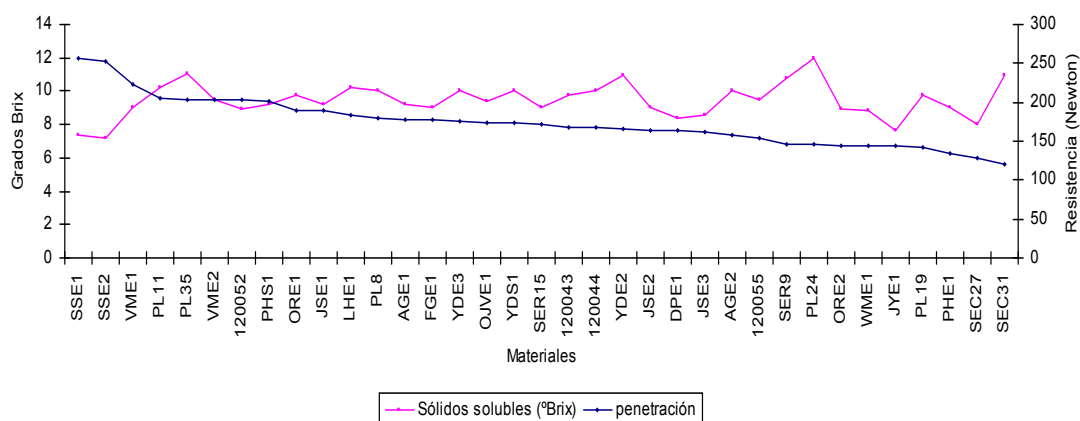
Gráfica 6. Correlación entre diámetro y Grados Brix de los frutos de lulo *Solanum quitoense* Lam.



Fuente: el presente trabajo, 2009

De la misma manera, el análisis estadístico no arroja significancia en relación a las variables resistencia a penetración y grados Brix (Gráfica 7) Los valores mantienen una tendencia central para ambas variables, aunque difieren entre uno y otro material.

Gráfica 7. Correlación entre resistencia a penetración y grados Brix de los frutos de lulo *Solanum quitoense* Lam



Fuente: el presente trabajo, 2009

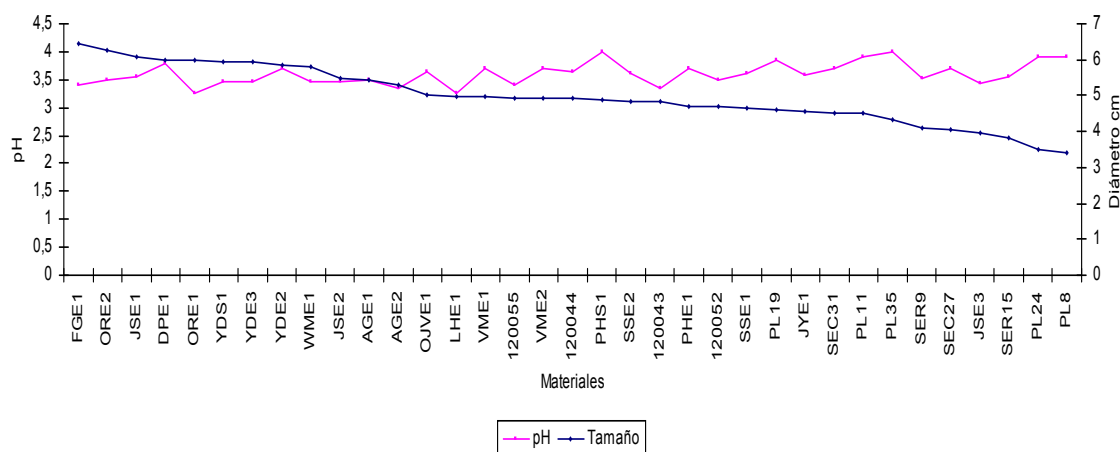
En términos generales Rojas *et al* (2004) encontró que frutos de diferentes diámetros no presentan diferencias en la consistencia, en el contenido de acidez y azúcar. El diámetro no tiene influencia en la calidad interna de los frutos de lulo de Castilla. Estos estudios corroboran los resultados encontrados en esta investigación donde no se encontró relación alguna entre las variables citadas y el diámetro de los frutos.

pH. Los resultados encontrados indican que nueve materiales se ubicaron en un rango de pH entre 3,25 a 3,45, un segundo grupo conformado por 12 materiales presentaron un rango de 3,46 a 3,65, otro grupo de ocho materiales se encontraron en un rango de pH de 3,66 a 3,85 y finalmente seis materiales presentaron un pH superior a 3,86.

La norma ICONTEC 5093 indica que el valor de pH mínimo debe ser de 3.2, lo que indica que la totalidad de los materiales evaluados presentaron valores por encima de esta especificación, siendo de 3.25 para el LHE1 como el más bajo y de 4.0 para PL35 como el más alto.

Al comparar la incidencia que tiene el diámetro con el pH de las frutas (Grafica 8) se encontró que existe una alta correlación negativa ($P < 0.01$), lo que quiere decir que a medida que el tamaño aumenta, el pH disminuye debido a que en frutos de tamaño pequeño la concentración de azúcares es mayor.

Gráfica 8. Correlación entre el diámetro y el pH de los frutos de lulo *Solanum quitoense* Lam



Fuente: el presente trabajo, 2009

El pH también se ve afectado directamente por el número de racimos por planta, número de botones, número de flores, número de frutos y de manera negativa por el peso del fruto, lo que es apenas lógico si tenemos en cuenta que entre más se aumentan las primeras variables, el fruto tiende a ser más pequeño.

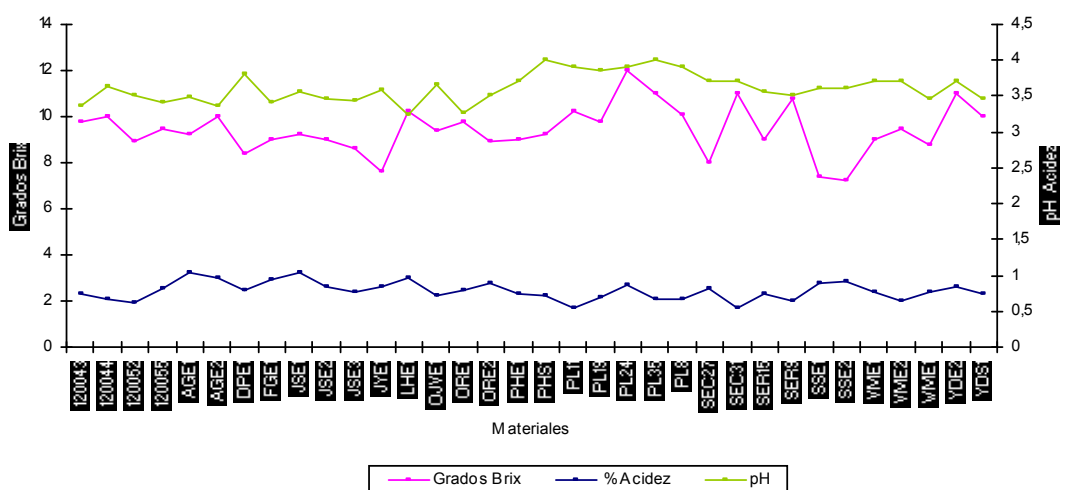
- Acidez titulable.** Los valores esperados para la acidez titulable según Galvis y Herrera citados por García y García (2001) están comprendidos en el rango entre 2.7 y 3. Los resultados obtenidos al analizar esta variable muestran tres grupos bien definidos, el primero (5.7%) presentó mayores niveles de ácido cítrico (mayor a tres) estos materiales fueron: AGE1 y JSE1; un segundo grupo representado por siete materiales (20%) se ubicó en el rango esperado y fueron: AGE2, ORE2, FGE1, LHE1, PL24, SSE2 y SSE1, por último 25 materiales (74%) se encontraron por debajo del rango mínimo. Estos resultados nos demuestran que todos los materiales presentaron valores menores a 3,23% que es lo establecido por la norma ICONTEC 5093. Por lo tanto, se puede considerar que las tres variables analizadas están correlacionadas directamente e influyen en la calidad de los frutos.

No se presentaron diferencias en la concentración de ácido cítrico entre lulo de castilla y los híbridos provenientes de lulo “La selva”, contrario a lo expuesto por Pinzón (2000) citado por Casierra (2004) quién encontró diferencias en la concentración de ácidos en materiales de lulo “La Selva” comparados con el lulo 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.

El mismo autor reporta que los diferentes valores de acidez se deben a diferentes factores tales como: frutas procedentes de distintas regiones del país, gran variabilidad en la nutrición de las plantas y diferentes estados de madurez, lo cual incide negativamente en procesos agroindustriales. Las variaciones de acidez que se encontraron en el estudio realizado confirman en parte lo citado anteriormente ya que los materiales empleados fueron procedentes de diferentes regiones del país. Sin embargo la nutrición de las plantas fue la misma en los dos lotes durante el ciclo del cultivo.

Al comparar los valores de acidez, °Brix y pH (Gráfica 9) se puede observar una tendencia indirecta ($P < 0.01$) ya que en la medida en que aumentan los °Brix disminuye la acidez titulable, mientras que el pH mantiene una tendencia en declive al compararla con la acidez titulable ($P < 0.05$). Entre los °Brix y el pH no se observa ninguna relación importante. La gran mayoría de los materiales conservan la misma tendencia. Esto se debe a que al avanzar la madurez, el contenido de acidez comienza a disminuir como consecuencia de la pérdida sustancial de ácidos indicada por la acidez titulable debido a la formación de más azúcares durante el proceso de maduración, en consecuencia a partir de este punto, la acidez y el color presentan una relación inversa, lo que se justifica por la utilización de ácidos orgánicos durante la respiración o su conversión en azúcares; esta misma relación la encontró Tsouvaltzi, citado por Burgos *et al* (2007) al estudiar la relación que existe entre los diferentes estados de madurez y el contenido de ácidos que presentan los frutos de lulo.

Gráfica 9. Relación entre °Brix, pH y acidez titulable, para los 35 materiales de lulo evaluados



Fuente: el presente trabajo, 2009

Según la correlación de Pearson ($P < 0.05$) existe una alta correlación positiva entre el pH y el número de frutos; mientras que la correlación con peso y

tamaño de fruto es negativa, es decir, entre más frutos haya el pH aumenta debido a que el tamaño de cada fruto disminuye pero su peso puede llegar a ser mayor y el porcentaje de sólidos solubles (°Brix) también se incrementa disminuyendo la acidez, indicando que el fruto tiende a volverse más básico.

Usos y aplicaciones de los materiales evaluados. Según la norma 285 de ICONTEC las propiedades que deben poseer las frutas para uso industrial para la obtención de mermelada es: pH mínimo de 2.8 y máximo de 3.8, estos valores limitan el desarrollo de microorganismos patógenos y solamente podrán sobrevivir algunos hongos. Según los resultados obtenidos en la variable pH, todos los materiales son óptimos para la obtención de mermelada, aunque hay que destacar que no todos los materiales estudiados cumplieron con las características organolépticas de sabor y aroma característico de una mermelada, así por ejemplo, en los materiales PHS1 y PL35 se presentó mayor contenido de acidez pero no se presentó un olor y aroma agradable

En lo concerniente a Grados Brix (°Brix), frutos con valores superiores 9.2 °Brix son apetecidos por la industria de las conservas, gracias a su alto contenido de azúcares. Pineda y Granados (2000) citados por Burgos *et al* 2007 afirman que el néctar es una mezcla de pulpa de fruta, con agua, azúcar y ácido cítrico que produce una bebida lista para consumir y que el mínimo de grados Brix que se requiere para su elaboración es de siete. Los resultados obtenidos comparados con el valor anterior definen que todos los materiales son aptos para este procesamiento.

Para obtención de pulpa de lulo congelada el contenido de grados Brix es 7.0 – 9.0, acidez de 2.0 -3.0 y pH de 2.5 – 3.5, lo que quiere decir que todos los materiales clasifican para el proceso agroindustrial de la pulpa. Aquellos materiales con un grado inferior a 9.2°Brix tienen su mercado en el menudeo en las plazas de mercado y tiendas, quienes prefieren frutos con características agri-dulces.

Torres (2004) afirma que en la gama de frutas para jugo, existe una demanda creada y preferencia por ciertos sabores tales como maracuyá, lulo, naranja, mora, piña, guayaba, guanábana, fresa y tomate de árbol. Los hoteles consumen en promedio entre 100 y 160 kilos de pulpa a la semana de diferentes sabores, siendo los más **consumidos**, la mora, el mango, la curuba el lulo y la guanábana. Lo anterior demuestra la importancia que tiene el lulo en los diferentes mercados tanto para consumo en fresco como para procesos agroindustriales.

3.3 SELECCIÓN DE LOS MEJORES MATERIALES

Para la selección de los mejores materiales se tuvieron en cuenta los resultados encontrados por Quiñonez (2009), en la Evaluación de la presencia de patógenos en 42 materiales de lulo (*Solanum quitoense* Lam.), realizado en la misma zona y que constituyó el trabajo previo a este ensayo, en el cual los mejores materiales fueron: JYE1, PHE1, VME2, SER7, SER15, SER9, SEC31, SEC27, PL35, PL11, PL24, PL8, PL19, 120052, 120043, ORE1 y AGE1; se suman a estos resultados las variables evaluadas en esta investigación para seleccionar los mejores materiales para la zona.

En el cuadro 8 se relacionan los mejores materiales en cada una de las variables evaluadas para determinar el ó los mejores materiales para la Vereda La Rejoja, se incluye la variable comportamiento (C) tomada de Quiñonez (2009).

En el cuadro 8 se puede observar que algunos materiales se destacan más en las variables de producción, pero no en las de peso, tamaño, resistencia y color, como es el caso de los materiales PL8 y PL24 (Híbridos- CORPOICA – La Selva- Río Negro, Antioquia), que tuvieron una buena producción de racimos y botones. Los genotipos SER15, SER7, SER9, SEC31 y SEC27 (Dapa, Valle del Cauca), además de poseer buenas características productivas, presentaron el color característico de la fruta el cual es bien aceptado por el consumidor, pero su tamaño y peso no favorecen la comercialización en plazas de mercado, sin embargo estos materiales pueden ser utilizados para procesos agroindustriales ya que en dichos lugares buscan son buenas características fisicoquímicas de los frutos.

Cuadro 8 .Relación de los mejores materiales según variables evaluadas

| Material | Racimos | Botones | Frutos | Cuajado | Peso | Tamaño | Penetración | Color | | C. Bioquímicas | C |
|----------|---------|---------|--------|---------|------|--------|-------------|-------|-----|----------------|---|
| | | | | | | | | N.V | A.V | | |
| PL8 | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | | | | | | ✓ | ✓ |
| PL35 | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | | | ✓ | | | ✓ | ✓ |
| PL11 | ✓ | ✓ | | ✓ | | | ✓ | | | ✓ | ✓ |
| PL24 | ✓ | ✓ | | | | | | | | ✓ | ✓ |
| SER15 | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | | | | | ✓ | ✓ | ✓ |
| SER7 | ✓ | ✓ | | ✓ | | | | | ✓ | ✓ | ✓ |
| SER9 | ✓ | ✓ | | | | | | | ✓ | ✓ | ✓ |
| SEC31 | ✓ | ✓ | | | | | | | ✓ | ✓ | ✓ |
| SEC27 | ✓ | ✓ | | | | | | | ✓ | ✓ | ✓ |
| FGE1 | ✓ | ✓ | | | ✓ | ✓ | | | ✓ | ✓ | ✓ |
| ORE1 | | | | | ✓ | ✓ | | ✓ | | ✓ | ✓ |
| ORE2 | | | | | | ✓ | | ✓ | | ✓ | ✓ |
| JSE1 | | | | | ✓ | ✓ | | ✓ | | ✓ | ✓ |

N.V: Cáscara Naranja, pulpa Verde. *A.V*: Cáscara Amarilla, Pulpa Verde.

Fuente: el presente trabajo, 2009

Los materiales JSE1 (Darién, Valle del Cauca), ORE1 y ORE2 (Santa Rosa de Cabal- Risaralda) se caracterizaron por tener frutos de muy buen peso y tamaño al igual que un color de cáscara naranja y pulpa verde muy apetecida en el mercado, sin embargo las variables de producción resultaron con promedios inferiores a los anteriores materiales. Estos materiales podrían mejorar sus características productivas realizando un manejo integrado de todas las actividades requeridas, como [adecuada](#) fertilización según el ciclo del cultivo, control integrado de plagas y manejo postcosecha.

El material FGE1 (Darién, Valle del Cauca) presentó el mejor comportamiento en la gran mayoría de las variables evaluadas, aunque el número de frutos por planta estuvo por debajo de los mejores promedios. Sería importante tener en cuenta este material para programas de mejoramiento genético y proyectos productivos en esta zona. Otras características importantes para resaltar de este material son su aroma, sabor muy ácido característico de este tipo de frutas, el contenido de semilla es poco y el tamaño de las mismas es grande.

Todos los materiales seleccionados presentaron buenas características fisicoquímicas para la industria y el consumo en fresco, además de mostrar un grado de tolerancia mayor a las enfermedades observadas en el ciclo productivo del cultivo de lulo (*Solanum quitoense* Lam).

4. CONCLUSIONES

Los materiales PL8 Y PL24 (Híbridos- CORPOICA –La Selva- Río Negro, Antioquia), presentaron una buena producción de racimos y botones. Los materiales SER15, SER7, SER9, SEC31, SEC27 (Dapa, Valle del Cauca), además de poseer buenas características productivas, presentaron el color característico de la fruta la cual las hace muy apetecidas por el consumidor para consumo en fresco.

Los valores esperados para el lulo de Castilla (*Solanum quitoense* Lam.) en cuanto a producción y rendimiento para el Cauca son de 7.05 toneladas por hectárea en el primer año de producción. El material más sobresaliente fue el PL35 procedente de CORPOICA-“La Selva” (Rio Negro-Antioquia) con una producción por planta de 4.5 kilogramos lo que sería igual a 8.9 toneladas por hectárea, superando el promedio regional. Existió un grupo de materiales ubicados en un rango de 2.6 a 3.4 kilogramos por planta que se acercaron al promedio, estos materiales fueron en su orden: PL8, PL11 (Rio Negro - Antioquia), SER15 (Dapa – Valle del Cauca) y FGE1 (Darién – Valle del Cauca).

Los materiales JSE1 (Darién, Valle del Cauca), ORE1 y ORE2 (Santa Rosa de Cabal- Risaralda) se caracterizaron por tener frutos de buen peso, tamaño, color de cáscara naranja y pulpa verde muy apetecida en el mercado, mientras que las variables de producción resultaron muy bajas con promedios entre 1.6, 1.2 y 2.2 toneladas por hectárea.

La resistencia a la penetración es más notoria en materiales pintones y va disminuyendo a medida que estos van madurando, además su valor se incrementa en la parte apical, siendo la peduncular la menos resistente, es decir, el lulo en posición longitudinal resiste más carga que en posición transversal, la mayor resistencia se obtuvo en los materiales SSE1 (278.33 Newton), SSE2 (272 Newton), VME1 (238.1 Newton), PL11 (233.22 Newton) y PL35 (228.33 Newton), medido en su parte apical.

Según la norma técnica ICONTEC número 1265, 13 materiales se clasifican como de primera al superar los cinco centímetros de diámetro ecuatorial, destacándose los materiales FGE1, ORE2, JSE1 y ORE1 que superaron los seis centímetros, clasificándose como de tamaño extra. El material PL24 obtuvo 12 °Brix clasificándose como de primera por su **dulzor** y 9 materiales de frutos de color naranja llegaron a valores de °Brix entre 8.9 y 11, lo cual mostró las magnificas características de su sabor tanto para procesos agroindustriales como para el consumo en fresco.

5. RECOMENDACIONES

Realizar nuevas evaluaciones con los mejores materiales de esta investigación donde se incluyan también materiales o variedades regionales cultivadas por los agricultores de la zona de estudio para poder emplearlos como testigos o para tener parámetros de comparación.

Realizar la siembra de los 42 materiales en la misma época para garantizar las mismas condiciones climáticas y así estandarizar los resultados obtenidos en esta evaluación.

Programar con anticipación todas las actividades que requiere el establecimiento de un cultivo teniendo en cuenta el manejo agronómico establecido para este.

Establecer cultivos semicomerciales en la Vereda la Rejoja con los materiales PL8, PL35, PL11, PL24 (Rio Negro - Antioquia), SER15, SER7, SER9, SEC31, SEC27 (Dapa – Valle del Cauca), FGE1, JSE1 (Darién – Valle del Cauca), ORE1, ORE2 (Santa Rosa de Cabal - Risaralda) los cuales presentaron el mejor comportamiento en cuanto a las variables de producción, rendimiento y calidad de frutos estableciendo un manejo técnico fitosanitario donde se garantiza que se obtendrán mayores producciones y mejores rendimientos por hectárea.

Capacitar a productores del cultivo de lulo con respecto a las normas de calidad para el manejo del fruto en la etapa de postcosecha y posterior comercialización para minimizar perdidas postcosecha.

Sembrar materiales híbridos - CORPOICA “La selva” para la agroindustria ya que estos materiales garantizan buenos rendimientos y calidad de fruto para dicho fin.

BIBLIOGRAFÍA

ALDANA, H. M. Ingeniería y Agroindustria. Enciclopedia agropecuaria Terranova. 2 ed. Tomo V. Bogotá D.C. (Colombia): Terranova, 2001. p. 615-622.

ANGULO, R. Lulo: El cultivo. [en línea]. Medellín (Colombia). [s.n]. [s.f]. [citado en 29 agosto de 2009]. Disponible en Internet: <http://books.google.com.co/books?id=_mjUUDHQwfcC&pg=PA85&lpg=PA85&dq=factores+que+influyen+en+el+peso+del+fruto+de+lulo&source=bl&ots=AsxMXKFcgr&sig=p8Fki43oH40C0H1HAQ_U7EoUDr8&hl=es&ei=1GDStrmAt6JtgfJ_jTCg&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=6#v=onepage&q=&f=false>

BAYER CROPSCIENCE. *Colletotrichum spp.* [en línea]. México D.F. Bayer Cropscience. 2008. [citado en 18 junio de 2009]. Disponible en Internet: <http://www.bayercropscience.com.mx/bayer/cropscience/bcsmexico.nsf/id/Antrac_frutDiseases_BCS.2007>.

BERNAL, J. y LOBO, M. Documento presentación del material lulo La Selva. Rionegro (Antioquia): CORPOICA; 1998. Código único interno 39. p. 12-15.

BURGOS, A., *et al.* Determinación de las características químicas, físicas y organolépticas del fruto de Grosella (*Phyllanthus acidus* L.). [en línea]. Córdoba (Colombia). Universidad de Córdoba. Departamento de Ingeniería de Alimentos. 2007. [citado en 21 agosto de 2009]. Disponible en Internet: <<http://www.unicordoba.edu.co/revistas/rta/documentos/12-1/121-4.pdf>>

CASIERRA, F., *et al.* Determinación del punto óptimo de cosecha en el lulo (*Solanum quitoense* Lam. var. *quitoense* y *septentrionale*). [en línea]. Garzón, (Huila). Universidad Nacional. 2004. [citado en 1 julio de 2009]. Disponible en Internet: <<http://agronomia.unal.edu.co/Agronomia%20221/6%20Determinacion.pdf>>.

CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL - CIAT. Materiales de lulo (*Solanum quitoense*) y sitio de procedencia del material de siembra. Programa frutas tropicales. Palmira (Colombia): CIAT, 2007.

CORPORACIÓN COLOMBIANA DE INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA - CORPOICA. El cultivo de lulo. Manual técnico. Manizales (Colombia): CORPOICA, 2002. p. 6.

CORPORACIÓN COLOMBIA INTERNACIONAL - CCI. Evaluaciones agropecuarias municipales. Cultivos permanentes y anuales por municipio. Cauca (Colombia): Ministerio de agricultura y desarrollo rural, 2006.

FRANCO, G., *et al.* Manual técnico - El cultivo de lulo. 1 ed. Manizales (Colombia): ASOHOFRUCOL, FNFH, CORPOICA; 2002. p. 140-141.

GARCÍA, M. C. y GARCÍA, H. R. Manejo cosecha y postcosecha de mora, lulo y tomate de árbol. 1 ed. Bogotá D.C. (Colombia): Grupo Latino, 2001. p. 78-88.

GÓMEZ, L. E., *et al.* Manejo integrado del cultivo de lulo. CORPOICA – PLANTE – SENA. Ibagué (Colombia): Limusa S.A.; 1999. p. 18-24.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN - ICONTEC. Frutas procesadas, mermelada y jaleas de frutas. NTC 285. [en línea]. Bogotá D.C. (Colombia). 1997. [citado en 15 julio de 2009]. Disponible en Internet: http://www.lalibreriadelaui.com/catalog/product_info.php/products_id/7825?sid=30d3f481da2bef6e6b41ee9fef40633f

_____. Lulo de cualquier variedad proveniente de la especie *Solanum quitoense* Lam, para consumo fresco. NTC 1265. [en línea]. Bogotá D.C. (Colombia). 2002. [citado en 20 julio de 2009]. Disponible en Internet: <http://www.interletras.com/manualCCI/Frutas/Lulo/calidad01.htm>

_____. Norma Colombiana para el Lulo de Castilla. NTC 5093. Bogotá D.C. (Colombia). 2002. [citado en 20 julio de 2009]. Disponible en Internet: <http://www.sisav.valledelcauca.gov.co/.../Lulo%20perfil%20de%20producto.CI.pdf>

Manual del ingeniero de alimentos. Tecnología de alimentos. Manizales (Colombia): Grupo Latino, 2006. p. 200.

MEYER, M. R., *et al.* Manual para educación agropecuaria. Control de calidad de productos agropecuarios. Área industrias rurales. México D.F.: Trillas, 2004. p. 34-57.

OSORIO, D. L. y ROLDAN, J. C. Volvamos al campo. Producción de lulo y otros frutales tropicales. 2 ed. Bogotá D.C.: Limusa S.A.; 2003. p. 12.

OSPINA, D. M., *et al.* Determinación de la fuerza de la fractura superficial y fuerza de firmeza en frutas de lulo (*Solanum quitoense* x *Solanum hirtum*). [en línea]. Medellín (Antioquia). Universidad Nacional. 2007. [citado en 12 agosto de 2009]. Disponible en Internet: <http://www.agro.unalmed.edu.co/publicaciones/revista/index.php?id_vol=29&id_art=213>

PASTRANA, E. Manejo post-cosecha y comercialización de lulo (*Solanum quitoense* Lam.). Acondicionamiento del producto para el mercado. [en línea]. Módulo 3. Manizales (Colombia). SENA. 2006. [citado en 17 marzo de 2009]. Disponible en Internet: <http://biblioteca.sena.edu.co/exlibris/aleph/u18_1/alephe/www_fspa/icon/30902/cd/html/mod3.htm>.

_____. Manejo post-cosecha y comercialización de lulo (*Solanum quitoense* Lam.). Transporte y almacenamiento. [en línea]. Módulo 4. Manizales (Colombia). SENA. 2006. [citado en 17 marzo de 2009]. Disponible en Internet: <http://biblioteca.sena.edu.co/exlibris/aleph/u18_1/alephe/www_fspa/icon/30902/cd/html/mod4.htm>.

QUINCHIA, F., *et al.* Manual técnico del cultivo de lulo (*Solanum quitoense* L.) en el departamento del Huila. 1 ed. Neiva (Colombia): Litocentral, 2006. p. 19-25.

QUIÑONEZ, M. A. Evaluación de la presencia de patógenos en 42 materiales de lulo (*Solanum quitoense* Lam.) en la Vereda la Rejoya, Departamento del Cauca. Trabajo de grado Ingeniera Agropecuaria. Popayán (Colombia): Universidad del Cauca. Facultad de Ciencias Agropecuarias, 2009. p. 33-56.

REINA, C. E. Manejo postcosecha y evaluación de la calidad del lulo (*Solanum quitoense* sp.) que se comercializa en la ciudad de Neiva. [en línea]. Neiva (Colombia). Universidad Surcolombiana – Facultad de Ingeniería Agrícola. 1998. [citado en 12 enero de 2009]. Disponible en Internet: <http://www.agronet.gov.co/www/docs_si2/Manejo%20postcosecha%20y%20evaluacion%20de%20la%20calidad%20en%20lulo.pdf>

TAMAYO, A. y CARDONA, J. H. Manual técnico – El cultivo de lulo. Manizales (Colombia): Limusa S.A.; 2002. p. 38.

TORRES, A. Evaluación de la viabilidad para comercializar frutas amazónicas y sus productos en mercados de Bogotá y Neiva en canales de comercialización

específicos y diseño de estrategias para el ingreso al mercado. Informe final Proyecto: fortalecimiento de biocomercio en la región amazónica colombiana. Bogotá D.C. (Colombia). 2004. p. 147.

UNIDAD MUNICIPAL DE ASISTENCIA TÉCNICA AGROPECUARIA - UMATA. Estudio de actualización y diagnóstico ambiental del Municipio de Popayán. Popayán (Cauca): UMATA, 2007. Escala 1:58.000.

WILLARD, G. Manual de fertilizantes. 2 ed. México D.F.: Limusa S.A.; 1999. p. 54-63.

Anexo c. Tabla de colores para lulo de Castilla



Fuente: NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 5093, 2002.

Anexo e. Análisis de varianza ANOVA ($p < 0.005$) para las variables de producción.

| Variables | | Suma de cuadrados | GI | Media cuadrática | F | Sig. |
|-----------|--------------|-------------------|-----|------------------|--------|-------|
| Racim | Inter-grupos | 7.678,544 | 41 | 187,282 | 4,116 | 0,000 |
| | Intra-grupos | 5.732,942 | 126 | 45,500 | | |
| | Total | 13.411,486 | 167 | | | |
| Botones | Inter-grupos | 52,115 | 41 | 1,271 | 1,413 | 0,075 |
| | Intra-grupos | 113,327 | 126 | 0,899 | | |
| | Total | 165,442 | 167 | | | |
| Flores | Inter-grupos | 2.697,531 | 41 | 65,793 | 3,900 | 0,000 |
| | Intra-grupos | 2.125,605 | 126 | 16,870 | | |
| | Total | 4.823,137 | 167 | | | |
| Frutos | Inter-grupos | 86.550,706 | 41 | 2.110,993 | 11,084 | 0,000 |
| | Intra-grupos | 23.996,762 | 126 | 190,450 | | |
| | Total | 110.547,469 | 167 | | | |

gl: grados de libertad

Sig: significancia

Fuente: el presente trabajo, 2009

Anexo f. Análisis de Tukey para número de racimos

| Materiales | N | Subconjunto para alfa = .05 | | | | |
|------------|---|-----------------------------|---------|---------|---------|---------|
| | | 2 | 3 | 4 | 5 | 1 |
| ER19 | 4 | 3,9975 | | | | |
| EC28 | 4 | 4,1925 | | | | |
| DPE1 | 4 | 4,4825 | | | | |
| EC39 | 4 | 4,9500 | 4,9500 | | | |
| WME1 | 4 | 5,3050 | 5,3050 | | | |
| DPE2 | 4 | 6,0150 | 6,0150 | 6,0150 | | |
| SSE2 | 4 | 6,6050 | 6,6050 | 6,6050 | 6,6050 | |
| PHE1 | 4 | 6,6400 | 6,6400 | 6,6400 | 6,6400 | |
| ER10 | 4 | 6,7450 | 6,7450 | 6,7450 | 6,7450 | |
| JSE3 | 4 | 6,9575 | 6,9575 | 6,9575 | 6,9575 | |
| JSE3 | 4 | 6,9650 | 6,9650 | 6,9650 | 6,9650 | |
| PHS1 | 4 | 7,0600 | 7,0600 | 7,0600 | 7,0600 | |
| JYE1 | 4 | 7,0800 | 7,0800 | 7,0800 | 7,0800 | |
| ORE1 | 4 | 7,1475 | 7,1475 | 7,1475 | 7,1475 | |
| YDE3 | 4 | 7,4475 | 7,4475 | 7,4475 | 7,4475 | |
| YDE2 | 4 | 7,4750 | 7,4750 | 7,4750 | 7,4750 | |
| AGE2 | 4 | 7,6525 | 7,6525 | 7,6525 | 7,6525 | |
| AGE1 | 4 | 7,8700 | 7,8700 | 7,8700 | 7,8700 | |
| JSE2 | 4 | 8,0900 | 8,0900 | 8,0900 | 8,0900 | |
| 120044 | 4 | 8,3925 | 8,3925 | 8,3925 | 8,3925 | |
| VME2 | 4 | 8,4775 | 8,4775 | 8,4775 | 8,4775 | |
| 120055 | 4 | 8,6100 | 8,6100 | 8,6100 | 8,6100 | |
| VME1 | 4 | 8,8375 | 8,8375 | 8,8375 | 8,8375 | |
| OJVE1 | 4 | 8,8625 | 8,8625 | 8,8625 | 8,8625 | |
| JSE1 | 4 | 8,9250 | 8,9250 | 8,9250 | 8,9250 | |
| SSE1 | 4 | 9,2625 | 9,2625 | 9,2625 | 9,2625 | |
| 120043 | 4 | 9,7400 | 9,7400 | 9,7400 | 9,7400 | |
| LHE1 | 4 | 10,0450 | 10,0450 | 10,0450 | 10,0450 | |
| ORE2 | 4 | 10,0950 | 10,0950 | 10,0950 | 10,0950 | |
| YDS1 | 4 | 10,6425 | 10,6425 | 10,6425 | 10,6425 | |
| 120052 | 4 | 10,9825 | 10,9825 | 10,9825 | 10,9825 | |
| FGE1 | 4 | 12,1675 | 12,1675 | 12,1675 | 12,1675 | |
| PL19 | 4 | 13,6450 | 13,6450 | 13,6450 | 13,6450 | |
| SER9 | 4 | 16,6725 | 16,6725 | 16,6725 | 16,6725 | 16,6725 |
| PL24 | 4 | 16,9875 | 16,9875 | 16,9875 | 16,9875 | 16,9875 |
| SER7 | 4 | 20,6100 | 20,6100 | 20,6100 | 20,6100 | 20,6100 |
| PL11 | 4 | 21,3300 | 21,3300 | 21,3300 | 21,3300 | 21,3300 |
| SEC27 | 4 | 22,2275 | 22,2275 | 22,2275 | 22,2275 | 22,2275 |
| PL35 | 4 | | 23,8025 | 23,8025 | 23,8025 | 23,8025 |
| SEC31 | 4 | | | 24,7525 | 24,7525 | 24,7525 |
| PL8 | 4 | | | | 25,3800 | 25,3800 |
| SER15 | 4 | | | | | 33,3350 |
| Sig. | | 0,088 | 0,060 | 0,064 | 0,063 | 0,211 |

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 4,000.

Fuente: el presente trabajo, 2009

Anexo g. Análisis de Tukey para botones por racimo.

| Materiales | N | Subconjunto para alfa = .05 | |
|------------|---|-----------------------------|---------|
| | | 2 | 1 |
| JSE3 | 4 | 7,4925 | |
| ER19 | 4 | 8,9900 | 8,9900 |
| PHE1 | 4 | 9,1625 | 9,1625 |
| YDE3 | 4 | 9,3350 | 9,3350 |
| EC28 | 4 | 9,4400 | 9,4400 |
| ER10 | 4 | 9,4525 | 9,4525 |
| WME1 | 4 | 9,4825 | 9,4825 |
| EC39 | 4 | 9,4950 | 9,4950 |
| SSE2 | 4 | 9,5175 | 9,5175 |
| SSE1 | 4 | 9,5900 | 9,5900 |
| AGE1 | 4 | 9,6025 | 9,6025 |
| DPE1 | 4 | 9,6275 | 9,6275 |
| YDE2 | 4 | 9,6850 | 9,6850 |
| DPE2 | 4 | 9,6950 | 9,6950 |
| 120052 | 4 | 9,7050 | 9,7050 |
| PHS1 | 4 | 9,7300 | 9,7300 |
| LHE1 | 4 | 9,7575 | 9,7575 |
| JYE1 | 4 | 9,8300 | 9,8300 |
| VME2 | 4 | 9,8600 | 9,8600 |
| OJVE1 | 4 | 9,8750 | 9,8750 |
| ORE1 | 4 | 9,8800 | 9,8800 |
| 120044 | 4 | 9,8975 | 9,8975 |
| SER7 | 4 | 9,9050 | 9,9050 |
| JSE1 | 4 | 9,9375 | 9,9375 |
| AGE2 | 4 | 9,9425 | 9,9425 |
| 120043 | 4 | 9,9450 | 9,9450 |
| VME1 | 4 | 9,9625 | 9,9625 |
| JSE2 | 4 | 9,9925 | 9,9925 |
| YDS1 | 4 | 10,0425 | 10,0425 |
| JSE3 | 4 | 10,0450 | 10,0450 |
| ORE2 | 4 | 10,0600 | 10,0600 |
| 120055 | 4 | 10,0975 | 10,0975 |
| PL24 | 4 | | 10,3050 |
| FGE1 | 4 | | 10,3175 |
| SEC31 | 4 | | 10,3775 |
| PL19 | 4 | | 10,4425 |
| SER15 | 4 | | 10,5325 |
| PL11 | 4 | | 10,5575 |
| SEC27 | 4 | | 10,5675 |
| PL8 | 4 | | 10,6750 |
| PL35 | 4 | | 10,6825 |
| SER9 | 4 | | 10,7850 |
| Sig. | | 0,074 | 0,792 |

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.
a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 4,000.

Fuente: el presente trabajo, 2009

Anexo h. Análisis de Tukey para número de flores por racimo

| Materiales | N | Subconjunto para alfa = .05 | | | | |
|-------------|---|-----------------------------|---------|---------|---------|---------|
| | | 2 | 3 | 4 | 5 | 1 |
| ER19 | 4 | 2,9250 | | | | |
| EC39 | 4 | 4,2375 | 4,2375 | | | |
| DPE2 | 4 | 4,3925 | 4,3925 | | | |
| EC28 | 4 | 4,4600 | 4,4600 | | | |
| SSE2 | 4 | 4,4700 | 4,4700 | | | |
| DPE1 | 4 | 4,6425 | 4,6425 | | | |
| PHE1 | 4 | 4,8300 | 4,8300 | | | |
| WME1 | 4 | 5,1350 | 5,1350 | 5,1350 | | |
| YDE2 | 4 | 5,3000 | 5,3000 | 5,3000 | | |
| ER10 | 4 | 5,4900 | 5,4900 | 5,4900 | | |
| JSE3 | 4 | 5,9050 | 5,9050 | 5,9050 | 5,9050 | |
| JSE3 | 4 | 6,0375 | 6,0375 | 6,0375 | 6,0375 | |
| SSE1 | 4 | 6,0650 | 6,0650 | 6,0650 | 6,0650 | |
| PHS1 | 4 | 6,2350 | 6,2350 | 6,2350 | 6,2350 | |
| VME2 | 4 | 6,2550 | 6,2550 | 6,2550 | 6,2550 | |
| JYE1 | 4 | 6,3500 | 6,3500 | 6,3500 | 6,3500 | |
| JSE2 | 4 | 6,5775 | 6,5775 | 6,5775 | 6,5775 | |
| YDE3 | 4 | 6,8250 | 6,8250 | 6,8250 | 6,8250 | |
| ORE1 | 4 | 6,8300 | 6,8300 | 6,8300 | 6,8300 | |
| OJVE1 | 4 | 6,8700 | 6,8700 | 6,8700 | 6,8700 | |
| AGE1 | 4 | 6,9425 | 6,9425 | 6,9425 | 6,9425 | |
| VME1 | 4 | 7,7600 | 7,7600 | 7,7600 | 7,7600 | 7,7600 |
| AGE2 | 4 | 8,0650 | 8,0650 | 8,0650 | 8,0650 | 8,0650 |
| JSE1 | 4 | 8,1200 | 8,1200 | 8,1200 | 8,1200 | 8,1200 |
| 120044 | 4 | 8,1250 | 8,1250 | 8,1250 | 8,1250 | 8,1250 |
| LHE1 | 4 | 8,2175 | 8,2175 | 8,2175 | 8,2175 | 8,2175 |
| YDS1 | 4 | 8,5325 | 8,5325 | 8,5325 | 8,5325 | 8,5325 |
| ORE2 | 4 | 8,7150 | 8,7150 | 8,7150 | 8,7150 | 8,7150 |
| 120055 | 4 | 8,8225 | 8,8225 | 8,8225 | 8,8225 | 8,8225 |
| 120043 | 4 | 8,9175 | 8,9175 | 8,9175 | 8,9175 | 8,9175 |
| 120052 | 4 | 9,7525 | 9,7525 | 9,7525 | 9,7525 | 9,7525 |
| PL19 | 4 | 10,3975 | 10,3975 | 10,3975 | 10,3975 | 10,3975 |
| FGE1 | 4 | 10,4750 | 10,4750 | 10,4750 | 10,4750 | 10,4750 |
| SER7 | 4 | 11,9425 | 11,9425 | 11,9425 | 11,9425 | 11,9425 |
| PL24 | 4 | 12,0200 | 12,0200 | 12,0200 | 12,0200 | 12,0200 |
| SER9 | 4 | 12,1550 | 12,1550 | 12,1550 | 12,1550 | 12,1550 |
| SEC31 | 4 | 13,3575 | 13,3575 | 13,3575 | 13,3575 | 13,3575 |
| SEC27 | 4 | | 14,7850 | 14,7850 | 14,7850 | 14,7850 |
| SER15 | 4 | | | 16,5275 | 16,5275 | 16,5275 |
| PL11 | 4 | | | | 17,4225 | 17,4225 |
| PL35 | 4 | | | | | 18,7325 |
| PL8 | 4 | | | | | 18,9375 |
| Sig. | | 0,165 | 0,149 | 0,066 | 0,057 | 0,082 |

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.
a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 4,000.

Fuente: el presente trabajo, 2009

Anexo i Análisis de Tukey para frutos por planta

| Material | N | Subconjunto para alfa = .05 | | | |
|----------|---|-----------------------------|---------|---------|----------|
| | | 2 | 3 | 4 | 1 |
| ER19 | 4 | 3,1575 | | | |
| EC28 | 4 | 4,3450 | | | |
| AGE1 | 4 | 4,9950 | | | |
| YDE3 | 4 | 5,8200 | | | |
| ORE1 | 4 | 5,9550 | | | |
| PHE1 | 4 | 6,4500 | | | |
| SSE2 | 4 | 6,5950 | | | |
| YDE2 | 4 | 6,7000 | | | |
| JSE2 | 4 | 6,7900 | | | |
| DPE2 | 4 | 6,9675 | | | |
| JSE3 | 4 | 7,1275 | | | |
| DPE1 | 4 | 7,2700 | | | |
| EC39 | 4 | 7,5550 | | | |
| JSE1 | 4 | 8,1000 | | | |
| PHS1 | 4 | 8,2175 | | | |
| VME1 | 4 | 8,2900 | | | |
| WME1 | 4 | 8,7400 | | | |
| OJVE1 | 4 | 9,1100 | | | |
| SSE1 | 4 | 9,5125 | | | |
| 120043 | 4 | 10,2250 | | | |
| ER10 | 4 | 10,4725 | | | |
| AGE2 | 4 | 10,8350 | | | |
| ORE2 | 4 | 10,8850 | | | |
| JYE1 | 4 | 11,2725 | | | |
| VME2 | 4 | 11,8450 | | | |
| JSE3 | 4 | 12,1025 | | | |
| 120055 | 4 | 12,6300 | | | |
| YDS1 | 4 | 13,4100 | | | |
| 120044 | 4 | 16,7000 | | | |
| 120052 | 4 | 17,5000 | | | |
| LHE1 | 4 | 18,0675 | | | |
| SEC31 | 4 | 21,2700 | | | |
| SER9 | 4 | 23,8500 | | | |
| FGE1 | 4 | 25,4100 | | | |
| PL24 | 4 | 31,1625 | 31,1625 | | |
| SEC27 | 4 | 33,1825 | 33,1825 | | |
| SER7 | 4 | 35,7125 | 35,7125 | | |
| PL19 | 4 | 37,6025 | 37,6025 | | |
| PL11 | 4 | | 64,6750 | 64,6750 | |
| SER15 | 4 | | 66,9100 | 66,9100 | 66,9100 |
| PL8 | 4 | | | 93,1100 | 93,1100 |
| PL35 | 4 | | | | 105,0350 |
| Sig. | | 0,193 | 0,137 | 0,618 | 0,069 |

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.
a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 4,000.

Fuente: el presente trabajo, 2009

Anexo j. Correlaciones de Pearson para las variables evaluadas

| | | Racimos | Botones | Flores | Porcent cuajamto | Frutos | Peso fruto | Producc planta | Proyecd rendim | Diámet ecuador | Diámetro longitud | Resist Pedunc | Resist Media | Resist Apical | Brix | pH |
|-----------|-------------------|-----------|-----------|-----------|------------------|-----------|------------|----------------|----------------|----------------|-------------------|---------------|--------------|---------------|-----------|----------|
| Botones | Correlación | ,788(**) | 1 | | | | | | | | | | | | | |
| | Sig. (unilateral) | 0,000 | | | | | | | | | | | | | | |
| Flores | Correlación | ,826(**) | ,847(**) | 1 | | | | | | | | | | | | |
| | Sig. (unilateral) | 0,000 | 0,000 | | | | | | | | | | | | | |
| Porcuaja | Correlación | -,278(*) | -,322(*) | -,377(**) | 1 | | | | | | | | | | | |
| | Sig. (unilateral) | 0,037 | 0,019 | 0,007 | | | | | | | | | | | | |
| Frutos | Correlación | ,834(**) | ,714(**) | ,865(**) | -0,007 | 1 | | | | | | | | | | |
| | Sig. (unilateral) | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,482 | | | | | | | | | | | |
| Pesofruto | Correlación | -,592(**) | -,443(**) | -,527(**) | -0,103 | -,526(**) | 1 | | | | | | | | | |
| | Sig. (unilateral) | 0,000 | 0,004 | 0,001 | 0,278 | 0,001 | | | | | | | | | | |
| Proplanta | Correlación | ,729(**) | ,709(**) | ,813(**) | 0,169 | ,945(**) | -,292(*) | 1 | | | | | | | | |
| | Sig. (unilateral) | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,166 | 0,000 | 0,044 | | | | | | | | | |
| Prorend | Correlación | ,729(**) | ,709(**) | ,813(**) | 0,169 | ,945(**) | -,292(*) | 1,000(**) | 1 | | | | | | | |
| | Sig. (unilateral) | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,166 | 0,000 | 0,044 | 0,000 | | | | | | | | |
| Diamecua | Correlación | -,621(**) | -,486(**) | -,557(**) | -0,057 | -,560(**) | ,920(**) | -,332(*) | -,332(*) | 1 | | | | | | |
| | Sig. (unilateral) | 0,000 | 0,002 | 0,000 | 0,372 | 0,000 | 0,000 | 0,026 | 0,026 | | | | | | | |
| Diamongi | Correlación | -,702(**) | -,529(**) | -,558(**) | -0,026 | -,557(**) | ,913(**) | -,339(*) | -,339(*) | ,922(**) | 1 | | | | | |
| | Sig. (unilateral) | 0,000 | 0,001 | 0,000 | 0,440 | 0,000 | 0,000 | 0,023 | 0,023 | 0,000 | | | | | | |
| ResPed | Correlación | -0,066 | -0,053 | 0,057 | 0,057 | 0,140 | -0,155 | 0,119 | 0,119 | -0,033 | -0,106 | 1 | | | | |
| | Sig. (unilateral) | 0,354 | 0,381 | 0,372 | 0,371 | 0,212 | 0,186 | 0,248 | 0,248 | 0,426 | 0,273 | | | | | |
| ResiMedia | Correlación | -0,104 | -0,091 | 0,066 | -0,055 | 0,119 | 0,065 | 0,155 | 0,155 | 0,107 | 0,097 | ,896(**) | 1 | | | |
| | Sig. (unilateral) | 0,276 | 0,302 | 0,352 | 0,377 | 0,248 | 0,355 | 0,187 | 0,187 | 0,270 | 0,290 | 0,000 | | | | |
| ResApical | Correlación | -0,149 | -0,097 | 0,049 | -0,040 | 0,099 | 0,089 | 0,144 | 0,144 | 0,105 | 0,118 | ,850(**) | ,948(**) | 1 | | |
| | Sig. (unilateral) | 0,197 | 0,291 | 0,391 | 0,410 | 0,286 | 0,305 | 0,204 | 0,204 | 0,273 | 0,250 | 0,000 | 0,000 | | | |
| Brix | Correlación | ,334(*) | ,403(**) | ,311(*) | -0,063 | ,334(*) | -0,010 | ,354(*) | ,354(*) | -0,152 | -0,059 | -0,212 | -0,058 | -0,038 | 1 | |
| | Sig. (unilateral) | 0,025 | 0,008 | 0,034 | 0,359 | 0,025 | 0,477 | 0,019 | 0,019 | 0,191 | 0,367 | 0,111 | 0,369 | 0,414 | | |
| pH | Correlación | ,377(*) | ,310(*) | ,386(*) | 0,255 | ,516(**) | -,577(**) | ,384(*) | ,384(*) | -,452(**) | -,451(**) | 0,278 | 0,093 | 0,017 | 0,199 | 1 |
| | Sig. (unilateral) | 0,013 | 0,035 | 0,011 | 0,070 | 0,001 | 0,000 | 0,011 | 0,011 | 0,003 | 0,003 | 0,053 | 0,298 | 0,461 | 0,126 | |
| ácidcitrí | Correlación | -,388(*) | -,287(*) | -,334(*) | -0,115 | -,374(*) | ,362(*) | -,302(*) | -,302(*) | ,345(*) | 0,277 | -0,112 | -0,133 | -0,093 | -,408(**) | -,321(*) |
| | Sig. (unilateral) | 0,011 | 0,047 | 0,025 | 0,255 | 0,013 | 0,016 | 0,039 | 0,039 | 0,021 | 0,054 | 0,262 | 0,224 | 0,298 | 0,007 | 0,030 |

** La correlación es significativa al nivel 0,01 (unilateral). * La correlación es significativa al nivel 0,05 (unilateral).

Fuente: el presente trabajo, 2009