

**RESPUESTA DEL LULO *Solanum quitoense* Lam, AL ATAQUE DEL PASADOR  
DEL FRUTO *Neoleucinodes elegantalis* Guenée (LEPIDOPTERA:  
CRAMBIDAE).**

**MARÍA ROSARIO PINEDA ARTEAGA I.A.**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
MAESTRÍA EN CIENCIAS AGRARIAS  
ÉNFASIS EN PRODUCCIÓN DE CULTIVOS  
SAN JUAN DE PASTO**

**2018**

**RESPUESTA DEL LULO *Solanum quitoense* Lam, AL ATAQUE DEL PASADOR  
DEL FRUTO *Neoleucinodes elegantalis* Guenée (LEPIDOPTERA: CRAMBIDAE).**

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Magister en Ciencias  
Agrarias con énfasis en Producción de Cultivos.

**MARÍA ROSARIO PINEDA ARTEAGA I.A.**

**Presidente de tesis:  
TITO BACCA Ph.D.**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
MAESTRÍA EN CIENCIAS AGRARIAS  
ÉNFASIS EN PRODUCCIÓN DE CULTIVOS  
SAN JUAN DE PASTO  
2018**

## **NOTA DE RESPONSABILIDAD**

“Las ideas y conclusiones aportadas en el trabajo son responsabilidad exclusiva de sus autores”

Artículo 1º de acuerdo 324 de octubre 11 de 1966 emanado por el Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño

**NOTA DE ACEPTACIÓN**

---

**Tulio Cesar Lagos Burbano. Ph.D.**

**Jurado delegado**

---

**Alberto Soto Giraldo. Ph.D.**

**Jurado**

---

**Alejandro Pabón Valverde. Ph.D.**

**Jurado**

---

**Tito Bacca. Ph.D.**

**Presidente**

San Juan de Pasto, Mayo de 2018

## **DEDICATORIA**

*A la memoria de mi Padre Jorge Pineda y*

*Mi Abuela Deifilia Escobar.*

*“La vida no consiste en ser un ganador o un perdedor,  
se trata de ser uno mismo y de dar lo mejor”*

## **AGRADECIMIENTOS**

*A la Universidad de Nariño, Centro de Investigación de Ciencias Agrícolas por formarme  
como una excelente profesional.*

*A Tito Bacca, por sus enseñanzas, su amistad y su apoyo constante para mi formación  
personal y profesional.*

*A mis Jurados de Tesis Tulio Cesar Lagos Burbano Ph.D., Alberto Soto Ph.D. y Alejandro  
Pabón Ph.D, por sus sugerencias para la culminación de esta investigación.*

*A Hernando Criollo Escobar Ph.D. por su apoyo incondicional.*

*Al Grupo de Investigación de Producción de Frutales Andinos-GPFA.*

*A Mauricio Rodríguez, por su indispensable compañía en las labores de campo y trabajo  
de laboratorio.*

*A Carlos Marcillo y Laura Latorre, quienes han sido mis amigos incondicionales.*

*Y a todas las personas que de alguna u otra forma me ayudaron en este arduo proceso.*

*A todos muchas gracias.*

## RESUMEN

El cultivo de Lulo presenta muchos problemas sanitarios, entre los insectos plaga, el más importante y limitante es el gusano perforador del fruto *Neoleucinodes elegantalis*, una polilla que oviposita cerca del fruto. Las larvas son las que causan el mayor daño al alimentarse del mesocarpio del fruto. El control de este insecto está basado en el uso indiscriminado de insecticidas principalmente de altas categorías toxicológicas, lo que provoca problemas ambientales y genera un desequilibrio ecológico que ocasiona pérdidas de enemigos naturales, la contaminación de fuentes de agua y el incremento en costos de producción. En consecuencia, el objetivo de esta investigación fue evaluar 23 introducciones de *S. quitoense* de la colección del Grupo de investigación en Producción de Frutales Andinos de la Universidad de Nariño, para identificar si existen introducciones que posean fuentes de resistencia o tolerancia al ataque de *N. elegantalis*.

Para evaluar la respuesta de las introducciones de Lulo ante el daño de *N. elegantalis*, se utilizó un diseño irrestrictamente al azar (DIA), con 23 tratamientos y cuatro repeticiones. Mediante el Análisis de Varianza se analizaron las variables porcentaje de infestación de *N. elegantalis* (INF), peso de fruto, diámetro ecuatorial de fruto (DEF), grosor del exocarpio (GEX), grosor del mesocarpio (GMES), número de Tricomas (NTRI), dureza (DUR), y rendimiento (RTO). Se encontraron diferencias estadísticas significativas con base en las medias de las introducciones que superaron  $\mu \pm \sigma$ . Se realizó un Análisis de Correlación Múltiple de Pearson, donde se observó que las variables más correlacionadas fueron peso vs DEF ( $r=0,96^{**}$ ), peso vs GMES ( $r=0,94$ ) y peso vs NTRI ( $r=-0,77^{**}$ ). De igual forma, se realizó un Análisis de Sendero que determinó que las variables que tuvieron mayor efecto directo sobre el porcentaje de infestación fue la dureza (DUR) (0,352) y el grosor del mesocarpio (0,145), para el número de tricomas (NTRI) el coeficiente de sendero fue negativo -0,245. Según el índice de selección (IS), se concluye que existe una alta variabilidad genética. La introducción PL-35 se calificó como resistente con el 0% de infestación y un IS= 0,60 y las introducciones SqEFma017 y Sqm036 como tolerantes al ataque de *N. elegantalis*, las cuales presentaron un IS de 0,483 y 0,304, respectivamente y un porcentaje de infestación de 19,64% y 2,64%, en su orden. Estas introducciones pueden

ser parte de programas de fitomejoramiento que vayan encaminados a producir nuevas variedades de Lulo que tengan como objeto reducir las pérdidas económicas ocasionadas por *N. elegantalis*.

**Palabras clave:** Resistencia a *Neoleucinodes elegantalis*, Tolerancia, Suseptible, Tricomas, porcentaje de infestación, perforador del fruto, Lulo.

.



## ABSTRACT

The Lulo crop presents many health problems, the most important and limiting known as the fruit borer *Neoleucinodes elegantalis*, a moth that oviposits near the fruit, later the larvae are those that cause the greatest damage when feeding from the mesocarp of the fruit rendering it useless. The control of this insect is based on the indiscriminate use of insecticides mainly of high toxicological categories, which causes environmental problems and generates an ecological imbalance causing the loss of natural enemies, contamination of water sources and increase in production costs. Consequently, the objective of this research was to evaluate 23 introductions of *S. quitoense* of the collection that the Group of investigation in Producción de Frutales Andinos, de la University of Nariño to identify if there are introductions that have sources of resistance and tolerance to the attack of this pest.

To evaluate the resistance of the 23 introductions, was used an unrestricted randomized design, with 36 treatments and 4 repetitions. Through an analysis of variance were analyzed the variables infestation of *N. elegantalis* percentage, weight, fruit equatorial diameter, exocarp and mesocarp thickness, number of trichomes ( $50 \mu\text{m}^2$ ), hardness and yield, which presented statistical differences ( $P \leq 0,05$ ). Pearson multiple correlation analysis were performed, where it was observed that the most correlated variables were: weight vs fruit equatorial diameter ( $r = 0,96^{**}$ ), weight vs mesocarp thickness ( $r = 0,94^*$ ) and weight vs number of trichomes ( $-0,77^{**}$ ). The path analysis was determined that the variables that had the greatest total effect on the percentage of infestation was the hardness (0,3252) and the number of trichomes (-0,244). Within the collection of introductions according to the calculated selection index, it can be concluded that there is high genetic variability. The PL-35 introduction was qualified as resistant with 0% infestation and an IS = 0.60 and the introductions SqEFma017 and Sqm36 as tolerant to the attack of *N. elegantalis*. These introductions presented an IS of 0,483 and 0,304 respectively and a percentage of infestation of 19,64% and 2,64% respectively. These introductions can be part of breeding

programs that are aimed at producing new varieties of lulo that aim to reduce the economic losses caused by *N. elegantalis*.

**Keywords:** Resistance to *Neoleucinodes elegantalis*, Tolerance, Suseptible, Trichomes, percentage of infestation, fruit borer, Lulo.

## CONTENIDO

I.	INTRODUCCIÓN .....	17
II.	MARCO TEÓRICO.....	20
2.1	Generalidades del cultivo de Lulo <i>Solanum quitoense</i> Lam. ....	20
2.1.2	Descripción morfológica <i>S. quitoense</i> .....	20
2.1.3	Descripción morfológica <i>S. hirtum</i> .....	20
2.2	Problemas Fitosanitarios.....	21
2.2.1	Principales enfermedades del Cultivo de Lulo .....	21
2.2.2	Principales plagas del cultivo de Lulo .....	21
2.2.2.1	Clasificación y distribución geográfica del pasador del fruto <i>N. elegantalis</i> Guenée.....	22
2.2.2.2	Biología de del pasador del fruto <i>N. elegantalis</i> Guenée.....	22
2.2.2.3	Ecología del pasador del fruto <i>N. elegantalis</i> .....	22
2.2.3	Manejo integrado de <i>N. elegantalis</i> .....	24
2.3	Resistencia Varietal .....	24
2.4	Mecanismos de Resistencia .....	25
2.4.1	Antibiosis .....	25
2.4.2	Antixenosis.....	26
2.4.3	Tolerancia.....	26
2.5	Resistencia de Solanaceas a <i>N. elegantalis</i> .....	27
III.	MATERIALES Y METODOS.....	30
3.1	Localización.....	30
3.1.2	Material vegetal.....	30

	12
3.2 Manejo Agronómico .....	30
3.2.1 Preparación del suelo .....	30
3.2.2 Podas .....	31
3.2.3 Control de Malezas.....	31
3.2.4 Manejo Sanitario .....	31
3.2.5 Cosecha .....	31
3.3 Diseño experimental .....	32
3.4 Variables a evaluar.....	32
3.4.1 Porcentaje de Infestación de <i>N. elegantalis</i> .....	32
3.4.2 Número de tricomas .....	33
3.4.3 Peso de frutos .....	34
3.4.4 Dureza de fruto.....	34
3.4.5 Diámetro de fruto .....	34
3.4.6 Grosor del exocarpio y mesocarpio.....	34
3.4.7 Rendimiento .....	35
3.5 Análisis estadístico.....	35
3.6 Selección de introducciones de mejor comportamiento frente al ataque de <i>N. elegantalis</i> .....	35
3.6.1 Escala de calificación .....	36
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	38
4.1 Análisis de Varianza .....	38
4.1.1 Porcentaje de Infestación (INF). .....	39
4.1.2 Número de Tricomas.....	41
4.1.3 Peso y Diámetro ecuatorial de fruto (DEF).....	43
4.1.4 Grosor del exocarpio (GEX) y mesocarpio (GMES) de fruto. ....	44

4.1.5 Dureza (DUR) .....	45
4.1.6 Rendimiento .....	46
4.2 Análisis de correlación de Pearson .....	48
4.3 Análisis de sendero .....	52
4.4 Selección de las Introducciones con mejor respuesta frente al ataque de <i>N. elegantalis</i> .....	54
V. CONCLUSIONES .....	56
VI. BIBLIOGRAFIA .....	57

## LISTA DE TABLAS

### PAG

- Tabla 1.** Listado de las 22 introducciones de Lulo *S. quitoense* L. y *S. hirtum*, pertenecientes al grupo de Investigaciones en Producción de Frutales Andinos de la Universidad de Nariño..... 32
- Tabla 2.** Escala de Selección para la Evaluación de la repuesta de 22 introducciones de *S. quitoense* y *S. hirtum* a la infestación natural de *N. elegantalis*..... 37
- Tabla 3.** Cuadrados medios del porcentaje de infestación de *N. elegantalis* (INF), número de tricomas (NTRI), peso, diámetro ecuatorial de fruto (DEF), grosor del exocarpio (GEX), grosor del mesocarpio (GMES), dureza (DUR), y rendimiento (RTO), de 22 introducciones de *S. quitoense* y una de *S. hirtum*. ..... 38
- Tabla 4.** Promedios de las variables porcentaje de infestación de *N. elegantalis* (INF), número de tricomas (NTRI), peso, diámetro ecuatorial de fruto (DEF), grosor del exocarpio (GEX), grosor del mesocarpio (GMES), dureza (DUR), y rendimiento (RTO), en la evaluación de la respuesta 22 introducciones de *S. quitoense* y una de *S. hirtum* al ataque del pasador del fruto *N. elagantalis*..... 40
- Tabla 5.** Análisis de correlación de Pearson de las variables del componente del fruto, evaluadas en 22 introducciones de *S. quitoense* y *S. hirtum* sometidos a infestación natural de *N. elegantalis*. ..... 48
- Tabla 6.** Análisis de Sendero para la Evaluación de la respuesta a 22 introducciones de *S. quitoense* y *S. hirtum* a la infestación natural de *N. elegantalis*. ..... 53

<b>Tabla 7.</b> Índice de selección en la Evaluación de la respuesta de 20 introducciones de Lulo <i>S. quitoense</i> , dos de <i>S. quitoense</i> x <i>S. hirtum</i> y una de <i>S. hirtum</i> a la infestación natural de <i>N. elegantalis</i> .....	55
---	----

## LISTA DE FIGURAS

### PAG

**Figura 1.** Ciclo biológico de *N. elegantalis* Guenée. **A.**Adulto (♂ 4días -♀ 7 días); **B.** Huevo (4-6 días). **C.** larva (23-25 días); **D.** Pupa (prepupa: 2-3 días, pupa 12 días). Ciclo total:  $53 \pm 4$  días. (Adaptado de Bonilla, 1996 y Díaz, 2013). Fotos: Pineda, M. (2015). ... 23

**Figura 2.** Frutos de Lulo de las introducciones: A. Sqm037, B. Sqm032, C. PL-35, D.SqEFma022, *S. hirtum* y F. Sqm033. Fotos: Pineda, M. y Pineda, J. 2015. .... 49



## I. INTRODUCCIÓN

Según el Plan Frutícola Nacional (2016), la fruticultura en Colombia se ha incrementado considerablemente en los últimos años. Esto obedece a la demanda mundial de varios frutales exóticos. Entre ellos se destacan varias especies del grupo de las solanáceas como la Uchuva, el Tomate de árbol y el Lulo (Asohofrucol, 2016).

El DANE (2016), reporta para el año 2016 en Colombia un área sembrada de 8655,75 hectáreas de Lulo. El Valle del Cauca, Huila y Tolima son los principales productores (52,53%); Nariño representa el 5,6% del área cosechada a nivel nacional ubicándose en el lugar número diez de los 21 departamentos productores a nivel nacional. El cultivo de Lulo en Nariño se ha establecido en fincas de economía campesina tradicional que corresponden al 74% y el resto en fincas de economía empresarial (Muñoz, Rodríguez y Criollo, 2014).

Respecto al área sembrada en el Departamento de Nariño en el año 2014 la producción registrada fue de 377,5 hectáreas con un rendimiento promedio de 4,74 toneladas, para el año 2015 se redujeron a 251 con un rendimiento de 5,40 y para el último año de registro 2016 el área sembrada fue de 484,5 con un rendimiento de 4,48 toneladas por hectárea respectivamente (Agronet, 2018).

La variación observada en el área sembrada se debe a diferentes factores de índole tecnológico, climático, fitosanitario y de comercialización, los cuales amenazan la sostenibilidad del cultivo y han provocado que los agricultores abandonen el cultivo y se dediquen a otras actividades agropecuarias (Muñoz, 2011).

En cuanto a problemas fitosanitarios los más comunes en el cultivo de Lulo son: *Fusarium* spp., *Sclerotinia sclerotiorum*, *Colletotrichum gloesporioides*, *Gloesporium* sp., *Phytophthora infestans*, *Cladosporium* sp.; *Ralstonia solanacearum*, *Erwinia* sp.; *Meloydogine incognita*, algunos virus e insectos plaga como *Neolucinodes elegantalis*,

*Alcidion sp*, *Melanogromyza sp.*, y ácaros. Estos problemas en la mayoría de los casos ocasionan la muerte de la planta o la debilitan, reducen la vida útil del cultivo y disminuyen su capacidad productiva (ICA, 2011).

El perforador del fruto, *N. elegantalis* Guenée, es la plaga más limitante en la producción de muchas solanáceas en Colombia. Este es un insecto de origen neotropical, ampliamente distribuido en Centro y Sur América (Capps, 1948). En Colombia Díaz, Solís y Brochero (2011) lo reportan en 18 departamentos.

La larva de *N. elegantalis* se conoce como perforador del fruto. Esta ingresa una vez eclosiona del huevo, penetrando el mesocarpio y formando galerías que hace que el fruto pierda el valor comercial (Marcano, 1990; Parra *et al.*, 1997). Las pérdidas ocasionadas reportadas por este insecto van desde el 30 hasta del 90% en cultivos de Lulo (Galvis y Herrera 1999; Díaz *et al.*, 2013), en Tomate del 60,3% (Restrepo *et al.*, 2006 y en cultivos de Tomate del 21% (Díaz, 2013).

El manejo Integrado de *N. elegantalis* se fundamenta en la aplicación de insecticidas que pertenecen a varios grupos químicos, (Organofosforados, piretroides y carbamatos), algunos de los cuales son altamente tóxicos y peligrosos si no son utilizados correctamente. Además, se debe tener en cuenta que el uso intensivo de insecticidas conduce a estos insectos adquieran resistencia en las generaciones futuras (Obando, 2011; Díaz 2013).

Una de las alternativas inocua para el manejo de esta plaga es el reconocimiento e identificación de introducciones que manifiesten propiedades resistentes y tolerantes hacia el ataque de *N. elegantalis*.

A pesar de que en Colombia existen diferentes materiales genéticos de Lulo, no existen investigaciones en las cuales se haya explorado el grado de tolerancia ó resistencia al ataque de *N. elegantalis*, de ahí que la presente investigación tuvo como objetivo, evaluar en 22 introducciones de la colección de trabajo del Grupo de Investigación en Producción de Frutales Andinos GPFA de la Universidad de Nariño, de *S. quitoense* y una de *S. hirtum*

utilizando, la infestación natural como variable de respuesta, para identificar introducciones resistentes y tolerantes al ataque de *N. elegantalis*, en el corregimiento de Matituy, municipio de la Florida, departamento de Nariño.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Generalidades del cultivo de Lulo *Solanum quitoense* Lam.

El Lulo pertenece a la familia Solanaceae, la cual tiene 70 géneros con más de 2.000 especies, aportando un gran número de plantas utilizadas por el hombre, entre las cuales se encuentran la Papa *Solanum tuberosum*, el Pepino dulce *Solanum muricatum*, la Berenjena *Solanum melongena*, el Tomate *Lycopersicon esculentum*, el Tabaco *Nicotiana tabacum*, Tomate de árbol *Cyphomandra betacea* y la Berenjena de Etiopía *Solanum gilo*, entre otras. El género *Solanum* tiene 1.200 especies y está ampliamente distribuido. Este género pertenece al orden Solanales, familia Solanaceae, sección Lasiocarpa (Whalen *et al.*, 1981).

#### 2.1.2 Descripción morfológica *S. quitoense*

La planta de Lulo es un arbusto de entre 2,5 y 3m de altura. Presenta una raíz pivotante que puede alcanzar 50cm de profundidad y con muchas raíces adventicias superficiales. Los tallos son semileñosos, cilíndricos de textura vellosa que pueden o no tener espinas. Presentan tres o cuatro ramificaciones laterales que sostienen la parte aérea de la planta. Las hojas son grandes de aproximadamente 40cm de largo y 34cm de ancho. El haz es pubescente y de color verde, el envés es de color violeta. Las flores se agrupan en racimos de cinco a diez flores, los pétalos son de color claro en la cara superior, tienen cinco anteras amarillas con dehiscencia apical. El fruto es una baya globosa con un diámetro variable entre 4 y 8cm, cubierto por diferentes tipos de tricomas (Angulo, 2006 y 2008).

#### 2.1.3 Descripción morfológica *S. hirtum*

Las plantas de *Solanum hirtum* son arbustos ramificados espinosos, con una altura entre 1.5 a 2m. El tallo es de color verde blanquecino pubescente con tricomas multi angulados. Hojas solitarias ampliamente ovaladas con muchos tricomas. Las flores se presentan en

racimos y son de color blanco. Los frutos son bayas globosas de color anaranjado, pubescentes, globosos, pequeños de 1,5 a 3,0cm de diámetro (Revelo *et al.*, 2010)

## **2.2 Problemas Fitosanitarios**

### **2.2.1 Principales enfermedades del Cultivo de Lulo**

Según el ICA (2011) y Lozano *et. al.* (2007) el Lulo es una planta que es altamente susceptible a muchos problemas patológicos que afectan su calidad y que en algunos casos producen la pérdida total de la producción.

Las enfermedades de mayor importancia económica son: el tizón del Lulo o gota *Phytophthora infestans*, moho blanco o pudrición algodonosa *Sclerotinia sclerotiorum*, antracnosis del fruto *Colletotrichum gloesporioides*, pudrición del tallo por esclerotium *Sclerotium rolfsii*, marchitez vascular *Fusarium oxysporum* y el nematodo causante de la agalla radical *Meloidogyne spp.* (Lozano *et. al.*, 2007).

Las pérdidas económicas ocasionadas por problemas sanitarios caso de antracnosis, nematodos y fusarium en el cultivo de Lulo van desde el 50 al 90% del total de la producción en cultivos comerciales (Lozano *et al.*, 2007; ICA, 2011).

### **2.2.2 Principales plagas del cultivo de Lulo**

El cultivo de Lulo es en una de las especies más susceptibles al ataque de plagas, algunas de las cuales se han convertido en un gran limitante. Según el Instituto Colombiano Agropecuario (2011) y Díaz (2013), entre las plagas que afectan este cultivo se encuentran: *Tetranychus nabarinus*; *T. urticae* (Acari: Teranychidae); *Polyphagotarsonemus latus* (Acari: Tarsonemidae), *Thrips sp.* (Thysanoptera: Thripidae), *Anthonomus sp.* (Coleoptera: Curculionidae), *Alcidion sp.* (Coleoptera: Cerambycidae), *Melanogromyza sp.* (Diptera: Agromyzidae) *Anastrepha spp* y *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) y la plaga más limitante de este cultivo, es el gusano perforador del fruto *Neoleuciones elegantalis* (Lepidoptera: Crambidae).

### **2.2.2.1 Clasificación y distribución geográfica del pasador del fruto *N. elegantalis* Guenée.**

Según Solís (2006), el pasador del fruto de Lulo *N. elegantalis* Guenée. Se clasifica dentro del orden Lepidoptera, familia Crambidae, subfamilia Spilomelinae.

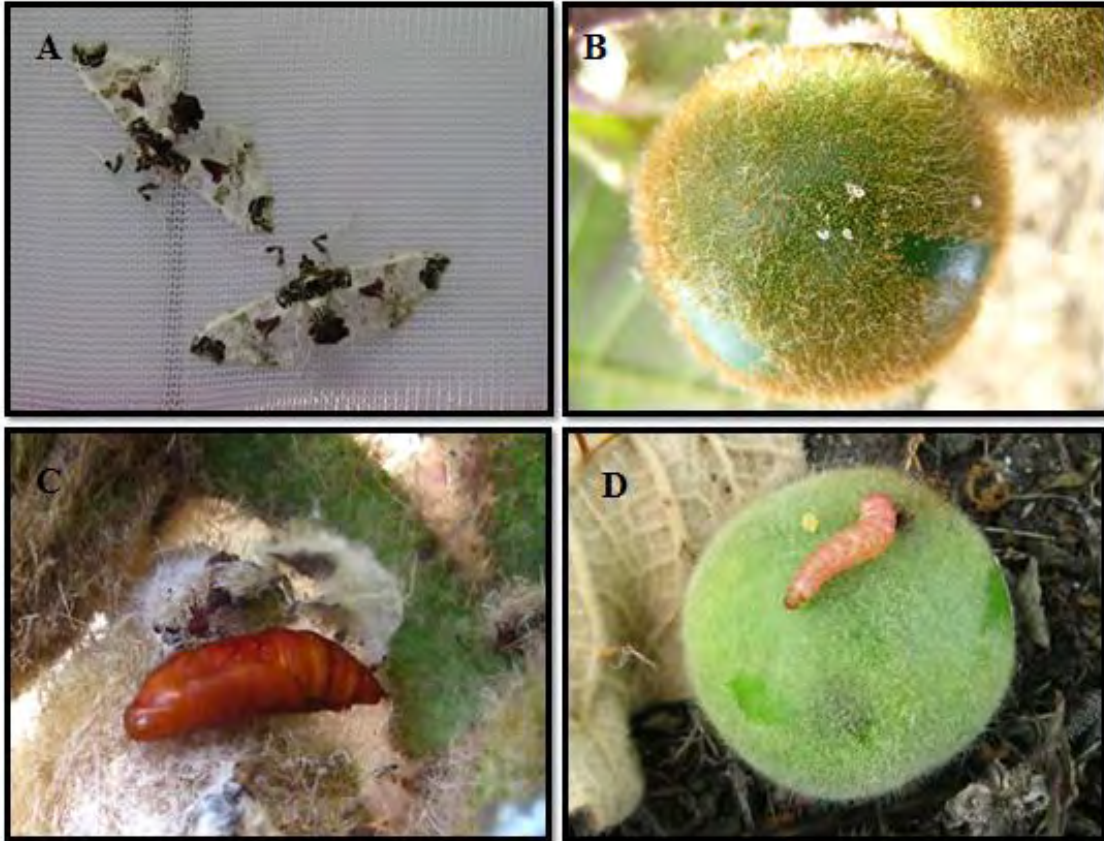
Díaz *et al.* (2011) registró la presencia de *N. elegantalis* en 18 departamentos de Colombia; Antioquia, Boyacá, Caldas, Cauca, Cundinamarca, Huila, Norte de Santander, Quindío, Risaralda, Santander, Tolima y Valle del Cauca correspondientes a la Región Andina. Para Nariño en la Región Pacífica y para Cesar, Magdalena y Córdoba en la Región Caribe.

### **2.2.2.2 Biología de del pasador del fruto *N. elegantalis* Guenée.**

La duración del ciclo biológico de *N. elegantalis* es de 53 a 57 días a 20°C (Figura 1). En estado de huevo de cuatro a cinco días, en estado de larva 25 días, el estado de prepupa dos a tres días, pupa 13 días y el promedio de vida de los adultos depende del sexo. En machos de tres a cinco días y para hembras de seis a siete días (Marcano, 1991b; Bonilla, 1996; Paredes *et al.*, 2010).

### **2.2.2.3 Ecología del pasador del fruto *N. elegantalis***

Según Marcano (1991a y b) y Bonilla (1996), el pasador del fruto de Tomate *N. elegantalis*, es un insecto que inicia su ataque en la época de floración y formación de los primeros frutos. Inicialmente, los daños se localizan en los bordes del área de cultivo y se van desplazando hacia el centro, colonizando toda la plantación. La oviposición del insecto se localiza en el pedicelo y el cáliz de las flores, sobre los frutos y especialmente sobre y debajo de los sépalos, en el pedúnculo y la zona de inserción con el fruto.



**Figura 1.** Ciclo biológico de *N. elegantalis* Guenée. **A.**Adulto (♂ 4días -♀ 7 días); **B.** Huevo (4-6 días). **C.** larva (23-25 días); **D.** Pupa (prepupa: 2-3 días, pupa 12 días). Ciclo total:  $53 \pm 4$  días. (Adaptado de Bonilla, 1996 y Díaz, 2013). Fotos: Pineda, M. (2015).

Ramos (1998) asegura que esta preferencia se debe seguramente a un mecanismo de protección contra el efecto letal que podrían ejercer los factores ambientales. Aunque Salas (1991) asegura que cuando la presión del insecto sobre el cultivo es demasiado fuerte, la postura puede encontrarse indiscriminadamente en cualquier parte de la planta, favoreciendo la posible existencia de poblaciones superpuestas.

Una vez eclosionan los huevos, las larvas neonatas perforan rápidamente el fruto de Lulo o Tomate dejan un orificio muy característico, que en muchas ocasiones pasa desapercibido, de tal forma que el daño se manifiesta en la maduración del fruto cuando la larva sale a empupar dejando un orificio de salida de forma redondeada con un diámetro de 0,5 a 1,0mm (García *et. al.*, 2007).

### **2.2.3 Manejo integrado de *N. elegantalis***

El manejo de esta plaga se fundamenta principalmente en el uso de insecticidas con diferentes mecanismos de acción como: Spinoteram, benzoato, Bifenthrin, Clorantraniliprole, Lufenuron, lamdacialotrina, tiametoxam, metomil y clorpirifos principalmente (Díaz, 2013). Otras recomendaciones emitidas por el ICA (2011) son: recolección y eliminación de frutos afectados semanalmente, monitoreo de hospedantes alternos, cosecha oportuna y la aplicación de productos biológicos a base de *Bacillus thuringiensis*.

### **2.3 Resistencia Varietal**

En 1983 Kogan y Paxton sugirieron que las bases de la resistencia es la cantidad relativa de caracteres heredables que tiene una planta, la que contribuyen a reducir el daño causado por un insecto. Cardona *et al.* (2004) la define como la habilidad de una planta para defenderse del ataque de un insecto. Es la mejor forma de control y se debe a la acción individual o conjunta de tres mecanismos de defensa de la planta denominados antibiosis, antixenosis y tolerancia.

La resistencia varietal es considerada un método ideal, debido a que proporciona un mecanismo natural de represión contra una plaga. Es específica a una plaga determinada o a un complejo de especies relacionadas, y en muy pocas ocasiones causa efectos perjudiciales sobre insectos benéficos. Posee un efecto acumulativo, no contamina el ambiente y es compatible con la mayoría de métodos de control de plagas (Cardona y Mesa, 2011).

El conocimiento de los insectos, de su relación con las plantas y de los mecanismos que contribuyen a la resistencia de plagas es crucial para el desarrollo de cultivares mejorados con alto rendimiento y resistencia duradera (Sharma, 2008). En vista del limitado éxito en el pasado, en el desarrollo de cultivares resistentes a insectos plaga mediante el uso de fuentes conocidas de resistencia, es necesario identificar introducciones con atributos



genéticos para afrontar los problemas de tipo entomológico e incorporarlos a cultivares comerciales a través de cruzamientos piramidales (Pérez, 2010).

## **2.4 Mecanismos de Resistencia**

Painter (1958) y Smith (2005) diferencian tres tipos de mecanismos de resistencia de las plantas a los insectos: antibiosis (preferencia), antixenosis (no preferencia) y tolerancia.

### **2.4.1 Antibiosis**

La antibiosis es el mecanismo de resistencia a insectos que describe los efectos negativos de una planta resistente en la biología de un insecto (Smith, 1989 y 2005).

La antibiosis se debe a la presencia de factores químicos tales como: proteínas, toxinas (alcaloides, quetonas, ácidos orgánicos), inhibidores (de  $\alpha$  amilasa, tripsina, proteasas) o de factores físicos (crecimientos hipersensitivos, tricomas, deposiciones de sílice) que protegen la planta dado que causa un efecto letal en ninfas al impedir su desarrollo y por lo tanto evitar que causen daño al genotipo que presenta este mecanismo de defensa. La antibiosis actúa como un insecticida natural producido por la planta para protegerla del insecto. Se presenta por la presencia de alomonas (sustancia que favorecen a la planta) o por la ausencia de kairomonas (sustancias que benefician al insecto) (Estrada 2008; Cardona y Mesa, 2011).

La antibiosis se manifiesta de diversas maneras: muerte de insectos inmaduros, tasas de crecimiento anormales (prolongación del ciclo de vida), fallas en el proceso de empupamiento, fallas en la emergencia de adultos, emergencia de adultos muy pequeños o mal formados, fecundidad y fertilidad reducidas, conducta anormal del insecto (Smith, 2005; Cardona y Mesa, 2011).

### **2.4.2 Antixenosis**

Conocida como no preferencia, es el conjunto de características de una planta que interfieren con la conducta del insecto y afectan el proceso de copula, oviposición y la ingestión del alimento. Para Cardona y Mesa (2011), la antixenosis quiebra la cadena de respuestas que debe existir para que el insecto se alimente u oviposite. El resultado final siempre será una reducción sustancial de la población del insecto en la planta resistente y por consiguiente, menor daño a ella (Smith, 2005; Wolf y Koch, 2008).

La antixenosis se debe a la presencia en la planta resistente de factores morfológicos o químicos que afectan la conducta del insecto. Entre los factores físicos que la condicionan, se mencionan a aquellos que actúan como verdaderas barreras: epidermis duras, tejidos muy duros, capas de cera, presencia de tricomas, entre otros. Los factores químicos son aquellos que repelen o retardan los procesos normales de alimentación u oviposición (Cardona y Mesa, 2011).

La antixenosis puede ser medida, teniendo en cuenta el contexto del cultivo que vaya a evaluarse y las características del insecto. En las plantas se puede evaluar de forma visual, el daño ocasionado por la plaga, necrosis de los tejidos, porcentaje de infestación de frutos y porcentaje de reducción de rendimiento (Wolf y Koch, 2008).

### **2.4.3 Tolerancia**

La tolerancia es la capacidad de la planta para soportar o tolerar el daño y rendir más que otras a un mismo nivel de infestación de la plaga. Según Smith (2005), la tolerancia se define como la habilidad genética de una planta para superar una infestación o para recuperarse y producir nuevos tejidos después de la destrucción de ellos por un insecto.

La tolerancia es una respuesta de la planta a una población de insectos plaga. Por lo tanto, la tolerancia difiere de la antibiosis y de la antixenosis en la forma en que afecta a la relación planta-insecto. Antibiosis y la antixenosis causan una respuesta en los insectos

cuando intentan utilizar la planta resistente para alimento, oviposición o refugio (Pérez, 2010).

Panda y Khush (1995) y Smith (2005) resaltan tres ventajas que la tolerancia ofrece al manejo integrado de plagas:

- Las variedades tolerantes tienen umbrales de acción más altos que las variedades susceptibles.
- Por alta que sea la población de insectos, las variedades tolerantes no ejercen presión de selección sobre el insecto. De esta forma, se minimiza el riesgo de aparición de biotipos.
- Cuando una variedad combina los tres mecanismos, la tolerancia actúa como un estabilizador de rendimiento cuando la aparición de biotipos da al traste con la antibiosis o antixenosis.

Otras formas, como las plantas tolerantes se reponen al daño incluyen compensación por pérdida de área foliar, mayores tasas fotosintéticas, repartición diferencial de recursos (mayor producción de macollas, de raíces adventicias, producción de nuevas yemas de crecimiento, entre otras.) (Cardona y Mesa, 2011).

## **2.5 Resistencia de Solanaceas a *N. elegantalis***

Actualmente, existen diferentes investigaciones acerca de la resistencia a *N. elegantalis* de cultivares comerciales y silvestres del genero *Solanum* en Colombia. Este género ha sido estudiado mediante pruebas de antibiosis y antixenosis por Casas y Estrada (2005), Restrepo (2006), Restrepo, Vallejo y Lobo (2007), Vallejo *et al.* (2008), Pérez (2010), Barbosa (2011) y Casas *et al.* (2013). Estas investigaciones han sido realizadas en cultivares comerciales de *S. lycopersicum* de diferentes variedades.

La mayoría de éstas investigaciones, concluyen que algunos de los mecanismos de resistencia del género *Solanum* se encuentran presentes en la morfología de la planta, tal como el grosor de cutícula, la presencia de tricomas glandulares y otros caracteres de defensa que se manifiestan con ayuda de las condiciones ambientales.

Las plantas también liberan sustancias químicas conocidas como metabolitos secundarios, compuestos fenólicos, alomonas y kairomonas, que están directamente relacionados con la defensa de la planta contra el ataque de los insectos herbívoros (Kennedy, 2003 y Cardona, 2011).

Restrepo *et al.* (2007) encontraron en una una evaluación morfoagronómica de 12 accesiones de especies silvestres del género *Solanum*, las accesiones PI134417, PI134418 y PI126449 de la variedad Glabratum de *S. habrochaites*, las accesiones LA1624 y LA2092 de la variedad Typicum de *S. habrochaites*, y la accesión LA 444-1 de *S. peruvianum*, fueron clasificadas como resistentes al pasador *N. elegantalis*, mientras que el testigo Unapal-Maravilla fue catalogado como susceptible.

Casas y Leal (2013) estudiaron los mecanismos de resistencia a *N. elegantalis* en tres introducciones de Tomate silvestres del género *Solanum* (PI134417, PI134418, LA1264) y un comercial Unapal Maravilla. En una casa de malla circular evaluaron la respuesta de *N. elegantalis* mediante una prueba de antixenosis y en jaulas con dimensiones de 1,8 x 1,5 x 1,5m evaluaron cinco racimos de cada genotipo mediante una prueba de antibiosis. El Análisis de Varianza y la comparación de medias indicó que la introducción LA1264 presentó el menor número de huevos por fruto, concluyendo que los tricomas glandulares presentes en las introducciones silvestres ejercen un efecto antixenótico y antibiótico en *N. elegantalis*.

Barbosa (2011) evaluó ocho variedades de Tomate (Viradoro, Nemadoro, Tosporo, HEI36, LAI148, LAI144, LAI132 y UC82) en campo y laboratorio, con el fin de determinar el comportamiento de la oviposición de *N. elegantalis*, mediante una prueba de antixenosis. En campo, *N. elegantalis* tuvo menor preferencia de oviposición y larvas eclosionadas en la variedad HEI36 y en laboratorio en la variedad LAI148.

Los recursos genéticos del género *Solanum* son muy importantes a la hora de realizar una búsqueda de materiales resistentes al ataque de plagas. Medina *et al.* (2009) concluyeron que existen múltiples factores potenciales para la producción del cultivo de Lulo, uno de los más importantes, es la amplia variabilidad genética de esta especie con alto potencial agroindustrial que se ha considerado como una alternativa para cultivos ilícitos.

En el caso específico de Lulo *S. quitoense* Lam, estos recursos no han sido estudiados. En este contexto la presente investigación buscó realizar un primer acercamiento en la búsqueda de introducciones de Lulo resistente o tolerantes al ataque de *N. elegantalis*, tomando la infestación natural que se presenta en un ambiente natural de la región andina del departamento de Nariño.

### III.MATERIALES Y METODOS

#### 3.1 Localización

El material de genético de Lulo fue suministrado por el GPFA, el cual entrego plántulas de lulo obtenidas por reproducción asexual.

Cultivo para la investigación se implementó en la Vereda Santa Ana, corregimiento de Matituy, municipio de la Florida (Nariño), con coordenadas 1° 21'35,3"LN y 77° 20' 29,6"LO, según la clasificación de Holdridge (1967). Esta región presenta características de bosque húmedo premontano (bh-PM). El ensayo de campo se ubicó a 1.960 msnm, temperatura promedio de 20,5°C y una humedad relativa del 50%.

##### 3.1.2 Material vegetal

Para la realización de esta investigación se evaluaron 20 introducciones de Lulo *S. quitoense*, dos de *S. quitoense x S. hirtum* y una de *S. hirtum*, pertenecientes al grupo de Investigación en Producción de Frutales Andinos (GPFA), de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Nariño (Tabla 1). El material vegetal fue obtenido mediante reproducción asexual, para garantizar que las plantas evaluadas tuvieran la misma información genética que los parentales.

#### 3.2 Manejo Agronómico

##### 3.2.1 Preparación del suelo

En el lugar donde se realizó el ensayo de campo, el terreno presentó una topografía plana, con un porcentaje de pendiente <5%. Según el análisis del suelo la textura es arcillo-arenosa, con pH fuertemente ácido (5,3), contenido medio de materia orgánica (5,35 %) y una fertilidad media.

Se realizó un ahoyado de 30x30x30cm, en el cual se aplicó un kilogramo de materia orgánica que fue mezclado con suelo y cal en proporción 1:1. La distancia de siembra fue de 2m entre plantas y 3m entre surcos. El trasplante se efectuó cuando las plantas alcanzaron 20cm.

### **3.2.2 Podas**

Una vez establecido el cultivo, se realizaron podas de mantenimiento y de formación, además, se eliminaron todos los chupones por debajo de 20cm de altura.

### **3.2.3 Control de Malezas**

Se realizó un control cultural de malezas. En este cultivo, no se realizaron aplicaciones de herbicidas. Se realizó el plateo de las plantas de forma manual cada vez que fue necesario.

### **3.2.4 Manejo Sanitario**

En cuanto al manejo sanitario correspondiente a enfermedades, el cultivo se manejó como un cultivo comercial convencional. Se realizaron aplicaciones de fungicidas preventivos como Mancozeb cada 20 días, cuando se presentaron ataques de *Phytophthora infestans* se aplicaron fungicidas curativos de amplio espectro como Cymoxanil, Propineb, Fosetyl aluminio en las dosis recomendadas por el ICA (2011).

Teniendo en cuenta la naturaleza de la investigación no se realizó aplicaciones de insecticidas con el fin de determinar el daño natural ocasionado por *N. elegantalis*.

### **3.2.5 Cosecha**

La cosecha se realizó nueve meses después de la implementación del cultivo. Se realizaron cuatro pases de cosecha por dos ciclos de producción. La primera cosecha se realizó durante los meses de julio a agosto de 2014 y la segunda cosecha se realizó de marzo a abril de 2015.

**Tabla 1.** Listado de las 23 introducciones de Lulo *S. quitoense* L. y *S. hirtum*, pertenecientes al grupo de Investigaciones en Producción de Frutales Andinos de la Universidad de Nariño.

No.	Código	Origen	No.	Código	Origen
1	SqEFma011*	La Florida-Matituy	13	SqEFma026*	La Florida-Matituy
2	SqEFma013*	La Florida-Matituy	14	Sqm031*	La Florida-Matituy
3	SqEFma014*	La Florida-Matituy	15	Sqm032*	La Florida-Matituy
4	SqEFma015*	La Florida-Matituy	16	Sqm033*	La Florida-Matituy
5	SqEFma016*	La Florida-Matituy	17	Sqm035*	La Florida-Matituy
6	SqEFma017*	La Florida-Matituy	18	Sqm036*	La Florida-Matituy
7	SqEFma018*	La Florida-Matituy	19	Sqm037*	La Florida-Matituy
8	SqEFma019*	La Florida-Matituy	20	HERBERTH*	Colección FACIA
9	SqEFma020*	La Florida-Matituy	21	<i>S. hirtum</i> **	Colección FACIA
10	SqEFma021*	La Florida-Matituy	22	LC-LA SELVA***	Colección FACIA
11	SqEFma022*	La Florida-Matituy	23	PL-35***	Colección FACIA
12	SqEFma023*	La Florida-Matituy			

\* *S. quitoense* var. Septentrional tipo castilla, \*\* *S. hirtum*, \*\*\* Hibrido inter específico *S. hirtum* x *S. quitoense*. Fuente: GPFA (2018).

### 3.3 Diseño experimental

En el ensayo de campo se utilizó un Diseño Irrestrictamente al Azar con 23 tratamientos y cuatro repeticiones. La parcela experimental correspondió a una planta, en la cual se determinaron las variables descritas en el numeral 3.4.

### 3.4 Variables a evaluar

#### 3.4.1 Porcentaje de Infestación de *N. elegantalis*



Como variable antixenotica se registró el porcentaje de infestación natural ocasionado por *N. elegantalis* (Smith, 2005; Cardona y Mesa, 2011) en los frutos producidos por cada planta.

Nueve meses después de la implementación del cultivo, entre julio y agosto de 2014 se determinó la infestación natural de *N. elegantalis*, a través de una revisión exhaustiva de los frutos producidos de cada planta, con ayuda de una lupa entomológica de 30X buscando orificios de entrada y de salida del perforador del fruto. La frecuencia del muestreo fue de 15 días, para un total de cuatro evaluaciones durante el primer ciclo de cosecha del cultivo. Durante el segundo ciclo de cosecha durante marzo y abril de 2015, se realizaron cuatro evaluaciones más de igual forma que en la primera cosecha.

El porcentaje de frutos infestados se calculó mediante la siguiente formula:

$$\text{Porcentaje de Infestación} = \frac{\text{Frutos con presencia de } N. \text{ elegantalis por tratamiento}}{\text{Frutos totales producidos por tratamiendo}} \times 100$$

Los frutos que presentaron cualquier orificio fueron destruidos para verificar la presencia de *N. elegantalis* teniendo en cuenta los caracteres morfológicos según la clave de Solis (2006), con el fin descartar el ataque de otras larvas perforadoras.

El porcentaje de infestación, se tomó como criterio para la calificación de daños y según el cálculo del índice de selección se eligieron las introducciones de Lulo resistentes o tolerantes al ataque de *N. elegantalis*.

### 3.4.2 Número de tricomas

Para la evaluación de esta variable se tomaron frutos diferentes a los utilizados en el numeral anterior. Se identificaron en campo, tres frutos sanos procedentes de la misma inflorescencia por cada repetición, para un total de 12 frutos seleccionados. Para la

determinación de la densidad de tricomas se utilizó la metodología propuesta por Capezio *et al.* (2016) con algunas modificaciones. El conteo de tricomas se realizó en un área de  $50 \mu\text{m}^2$ , con ayuda de un micrómetro adaptado a un estereoscopio Nikon SMZ 645.

Los tricomas vegetales se consideran tejidos epidérmicos ubicados en diferentes superficies de la planta (Wagner *et al.*, 2004). Según Oriani y Vendramim (2010), por funcionalidad, los tricomas se clasifican en glandulares (aquellos que poseen células diferenciadas que almacenan diferentes sustancias o compuestos) y no glandulares (Tissier, 2012). Dentro del género *Solanum* se diferencian siete tipos de tricomas llamados: II, III y V (no glandulares), y los tipos I, IV, VI y VII (glandulares) (Gurr y McGrath, 2001; Simmons y Gurr, 2005).

### **3.4.3 Peso de frutos**

Los frutos utilizados para el conteo de tricomas en el numeral anterior, fueron pesados (gramos) en el laboratorio con ayuda de una balanza analítica, inmediatamente después de ser cosechados para evitar pérdidas de peso por transpiración.

### **3.4.4 Dureza de fruto**

La dureza se define como la consistencia del fruto, está determinada como la fuerza necesaria para deformar su superficie (Valero y Ruiz, 1996; Ospina *et al.*, 2007). A los frutos utilizados anteriormente, se obtuvo la dureza, con ayuda de un penetrometro modelo FT 327 (3- 27 lb) marca Bertuzzi, siguiendo la metodología descrita por Zapata *et al.* (2010), en la cual para determinar la dureza de los frutos de Lulos cosechados se utilizó el penetrometro mencionado anteriormente, el procedimiento consistió en emplear una punta cilíndrica de 0,46 mm de diámetro con una carga de 250 Newton (N) y velocidad de 21 mm/min. Los datos se capturaron gracias al software NEXYGEN Plus para cada fruto.

### **3.4.5 Diámetro de fruto**

Con ayuda de un pie de rey electrónico se midió el diámetro ecuatorial (mm) en el eje polar de cada uno de los frutos seleccionados anteriormente.

### **3.4.6 Grosor del exocarpio y mesocarpio**

Con ayuda de un bisturí se realizó un corte transversal a 12 frutos del numeral anterior, con el fin de medir el el grosor del exocarpio y mesocarpio del fruto (mm) con ayuda de un pie de rey electrónico.

### **3.4.7 Rendimiento**

El Rendimiento se determinó con los frutos seleccionados en el numeral 2.4.3, en donde con una regla de tres se multiplico el peso promedio por el número total de frutos producidos durante los cuatro pases de cosechas realizados. La producción fue expresada en kilogramos por planta.

### **3.5 Análisis estadístico**

Se realizó Análisis de Varianza ( $P < 0,05$ ) para las variables porcentaje de infestación (INF), número de tricomas (NTRI), peso de frutos (Peso), dureza (DUR), diámetro ecuatorial de fruto (DEF), grosor de exocarpio y mesocarpio (GEX, GMES), utilizando el paquete estadístico Statgraphics. Se declararon diferencias estadísticas significativas las introducciones que presenten la media  $\pm$  desviación estándar.

Igualmente se hizo el Análisis de Correlación Múltiple de Pearson (Weisstein, 2011), con el fin de determinar el grado de correlación de las variables. También se realizó un análisis de sendero (Cruz, 2011), con el fin de descomponer las correlaciones de la variable porcentaje de infestación y determinar los efectos directos o indirectos de todas las variables

### **3.6 Selección de introducciones de mejor comportamiento frente al ataque de *N. elegantalis*.**

En primer lugar, se procedió a realizar el Análisis de Varianza (ANDEVA) para cada una de las variables. En aquellas donde se encontraron diferencias significativas, se procedió a realizar la comparación de medias con base en lo planteado por Antuna *et al.* (2003) y De la Cruz *et al.* (2010), quienes establecen que los valores superiores de una característica en particular son los que superaron a la media general más una vez el error estándar ( $\mu + \sigma$ ).

De acuerdo con la metodología de Lagos *et al.* (2013) y Lagos (1998), se determinó el índice de selección (IS), el cual se aplicó a 23 introducciones evaluadas, utilizando una presión de selección del 20%. En primer lugar, se estandarizaron (E) los valores de cada una de las variables que componen el índice de selección, mediante la ecuación:

$$E = [(X_{ij} - \mu) / \sigma]$$

Donde:

$X_{ij}$ = observación individual

$\mu$  = promedio general de cada introducción

$\sigma$  = desviación estándar de la variable

Para realizar el Índice de Selección se tuvieron en cuenta todas las variables, de tal forma que el IS está dado por:

$$IS = (NTRI*0,4)-(DUR*0,2)+(GMES*0,1)-(GEX*0,1) -(INF*0,4)+(PESO*0,05)+(DEF*0,05)+ (RTO*0,05)$$

Dónde:

NTRIC= Número de tricomas ( $50 \mu m^2$ )

DUR= Dureza (N)

GMES= Grosor del mesocarpio (mm)

GEX= Grosor del exocarpio (mm)

INF= Porcentaje de Infestación (ocasionado por *N.elegantalis*)

PESO= Peso del fruto (gramos)

DEF = Diametro ecuatorial de fruto (mm)

RTO=Rendimiento (Kilogramo/planta)

### 3.6.1 Escala de calificación

Con el fin de proporcionar una calificación cualitativa con base en el índice de selección (IS) del numeral anterior se determinó una escala de calificación (Tabla 2).

**Tabla 2.** Escala de Selección para la Evaluación de la respuesta de 22 introducciones de *S. quitoense* y *S. hirtum* a la infestación natural de *N. elegantalis*

Índice de Selección	Calificación
> 0,5	Resistente
0,49 a 0,3	Tolerante
< 0,3	Susceptible

Fuente: Esta Investigación.

## IV.RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Análisis de Varianza

El Análisis de Varianza indica que se presentaron diferencias estadísticas altamente significativas ( $P \leq 0,01$ ) para las variables número de tricomas (NTRI), peso, diámetro ecuatorial de fruto (DEF), grosor de mesocarpio (GMES), dureza e infestación, y diferencias significativas ( $P \leq 0,05$ ) para las variables grosor de exocarpio (GEX) y rendimiento (RTO) como se observa en la Tabla 3.

**Tabla 3.** Cuadrados medios del porcentaje de infestación de *N. elegantalis* (INF), número de tricomas (NTRI), peso, diámetro ecuatorial de fruto (DEF), grosor del exocarpio (GEX), grosor del mesocarpio (GMES), dureza (DUR), y rendimiento (RTO), de 22 introducciones de *S. quitoense* y una de *S. hirtum*.

FV	GL	INF	NTRI	PESO	DEF	GEX	GMES	DUR	RTO
Tratamiento	22	726,61**	2425,06**	1777,43**	232,65**	2,17*	275,71**	1427,03**	19,51*
Error	69	184,73	69,27	103,055	9,36	1,26	11,75	94,33	7,16
C.V. (%)		53,81	10,06	19	6,78	48,46	8,33	16,68	78,08
Media		25,25	82,7	53,45	45,12	2,31	41,12	58,21	3,43

\*=Diferencias estadísticas significativas ( $P \leq 0,05$ ), \*\*=Diferencias altamente significativas ( $P \leq 0,01$ ), ns= sin diferencias estadísticas significativas.

Se declararon diferencias estadísticas significativas a la media de cada tratamiento  $\pm$  una desviación estándar como se indica en la Tabla 4.

#### 4.1.1 Porcentaje de Infestación (INF).

Los promedios correspondientes al porcentaje de infestación (INF) se encuentran en la Tabla 4. El promedio general de la población fue de  $25,25 \pm 13,47$ . El porcentaje de infestación ocasionado por *N. elegantalis* osciló entre 0 y 53,93%. Las introducciones que presentaron promedios menores de  $\mu-\sigma= 11,77$ , fueron PL-35 con el 0% de infestación, seguido de las introducciones Sqm031 (2,58%), Sqm036 (2,64%) y Sqm037 (6,09%), lo que indica que estas introducciones de *S. quitoense* fueron incapaces de servir como plantas hospederas a *N. elegantalis* (Smith, 2005).

Las introducciones anteriormente mencionadas representan el 17,4% de los materiales evaluados y por presentar los promedios más bajos en cuanto al porcentaje de infestación de *N. elegantalis* se consideran con fuentes de resistencia o tolerancia para esta plaga, como lo mencionan Vallejo *et al.* (2008) y Fory *et al.*, 2010. Para determinar la resistencia de plantas a insectos se pueden determinar muchas variables, una de ellas el porcentaje de daños en frutos como lo es en el caso de esta investigación (Cardona y Mesa, 2011). La introducción PL-35 puede presentar factores químicos y morfológicos, que según Smith (2005) pueden brindarle propiedades antibióticas y antixenóticas frente al ataque de esta plaga (Painter, 1951; Kogan y Ortman 1978).

Por otra parte, la introducción que presentó un mayor promedio en cuanto al porcentaje de infestación fue *S. hirtum* con 53,93%, al respecto Carmona *et al.* (2006), Díaz (2009) y Díaz *et al.* (2011), mencionan que *N. elegantalis* tiene hábitos olifagos y ataca a muchas especies del género *Solanum*, incluido *S. hirtum*, el cual es considerado un Lulo silvestre. Esta investigación es la primera en reportar un porcentaje de infestación para esta introducción.

En Nariño no hay reportes en cuanto a porcentaje de infestación causada por *N. elegantalis*.

**Tabla 4.** Promedios de las variables porcentaje de infestación de *N. elegantalis* (INF), número de tricomas (NTRI), peso, diámetro ecuatorial de fruto (DEF), grosor del exocarpo (GEX), grosor del mesocarpo (GMES), dureza (DUR), y rendimiento (RTO), en la evaluación de la respuesta 22 introducciones de *S. quitoense* y una de *S. hirtum* al ataque del pasador del fruto *N. elegantalis*.

INTRODUCCION	INF	TRIC	DUR	PESO	DEF	GEX	GMES	RTO
PL-35	<b>0*</b>	<b>112,08*</b>	<b>26,12*</b>	28,5	36,15	5,23	28,23	3,65
Sqm031	<b>2,58*</b>	<b>109,08*</b>	<b>24,47*</b>	26,76	34,95	2,44	30,04	4,5
Sqm036	<b>2,64*</b>	<b>110,83*</b>	<b>30,80*</b>	30,14	36,44	2,81	30,86	<b>10,78*</b>
Sqm037	<b>6,09*</b>	<b>114,66*</b>	<b>33,51*</b>	42,25	42,56	2,29	35,13	5,32
Sqm032	15,28	<b>120,91*</b>	<b>36,34*</b>	20,83	32,3	2,15	29,24	0,94
SqEFma015	18,15	59,67	49,92	72,39	<b>52,79*</b>	2,02	49,18	4,62
SqEFma017	19,64	62,83	77,32	64,92	50,39	2,52	46,8	3,29
SqEFma019	23,77	55,58	64,8	53,06	46,75	<b>1,58*</b>	43,55	4,44
Sqm033	24,02	<b>109,25*</b>	72,27	42,46	43,17	2,62	39,46	<b>9,58*</b>
Sqm035	24,28	<b>125,00*</b>	54,64	14,72	29,63	2,83	25,27	0,92
SqEFma023	25,5	62,34	74,29	58,85	47,07	2,17	43,92	3,19
SqEFma018	25,54	73,67	40,06	66,97	50,35	2,3	46,99	3,65
SqEFma014	27,99	54,08	63,79	<b>82,55*</b>	<b>53,77*</b>	1,79	<b>50,77*</b>	5,5
SqEFma021	28,02	67,25	81,86	<b>83,71*</b>	51,84	1,69	48,34	<b>7,79*</b>
SqEFma011	28,9	61,59	63,27	70,11	52,49	2,58	47,31	5,56
SqEFma016	32,92	80,25	75,88	55,55	46,86	1,78	43,32	4,42
SqEFma013	33,24	66,5	80,35	71,55	50,16	1,95	46,26	5,46
SqEFma022	33,63	58,59	68,04	74,48	52,09	2,66	48,39	3,54
LCLASELVA	35,94	62,22	74,51	60,34	48,86	2,18	45,43	2,9
HEBERTH	38,04	64,58	69,56	60,41	47,62	1,71	45	2,94
SqEFma020	40,28	95,17	65,09	70,55	50	2,3	47,34	3,99
SqEFma026	40,52	71,67	73,32	58,91	49,5	1,68	46,94	3,82
<i>S. hirtum</i>	53,93	104,5	<b>38,71*</b>	19,5	32,05	2,09	28,01	1,94
<b>Media (<math>\mu</math>)</b>	25,25	82,71	58,21	53,46	45,12	2,32	41,12	4,47
<b>DE(<math>\sigma</math>)</b>	13,47	24,62	18,89	21,08	7,63	0,74	8,3	2,37
<b><math>\mu \pm \sigma</math></b>	<b>11,77</b>	<b>107,33</b>	<b>39,33</b>	<b>74,54</b>	<b>52,75</b>	<b>1,58</b>	<b>49,42</b>	<b>6,83</b>
<b>Valor Máximo</b>	53,93	54,08	24,47	83,71	53,77	5,23	50,77	10,78
<b>Valor Mínimo</b>	0	125	81,86	14,72	29,63	1,57	25,27	0,92

$\mu \pm \sigma$ : Para INF, DUR y GEX el signo es negativo (-) y para INF, TRIC, PESO, DEF, GMES y RTO es positivo (+).

Esta investigación, es el primer acercamiento respecto al de porcentaje de infestación en algunas introducciones comerciales de *S. quitoense* como lo son SqEFma026 (40,52%), SqEFma020 (40,28%), HERBERTH (38,04%), LC-LA SELVA (35,94), SqEFma022 (33,63%), SqEFma013 (33,24%) y SqEFma016 (32,92%), los cuales representan el 30,5% de la población evaluada, y se encuentran dentro de los rangos reportados por Díaz (2009) y



Arévalo *et al.* (2011), para cultivos de Lulo comercial en los departamentos de Antioquía, Caldas y Huila, donde se reportan infestaciones que oscilan entre 30 y 47%. Por lo tanto estas introducciones se consideran como susceptibles al ataque de *N. elegantalis*.

#### 4.1.2 Número de Tricomas.

Para la variable número de tricomas (NTRI) el promedio general de la población fue de  $82,71 \pm 24,62$  Tricomas/ $50 \mu\text{m}^2$  (Tabla 4). Los promedios para esta variable oscilaron entre 54,08 (SqEFma014) y 125 (Sqm035) Tricomas/ $50 \mu\text{m}^2$ . Las introducciones que presentaron promedios mayores de  $\mu + \sigma = 107,33$  Tricomas/ $50 \mu\text{m}^2$  fueron Sqm031 (109,08 Tricomas/ $50 \mu\text{m}^2$ ), Sqm033 (109,25 Tricomas/ $50 \mu\text{m}^2$ ), Sqm036 (110,84 Tricomas/ $50 \mu\text{m}^2$ ), PL-35 (112,08 Tricomas/ $50 \mu\text{m}^2$ ), Sqm037 (114,67 Tricomas/ $50 \mu\text{m}^2$ ), Sqm032 (120,92 Tricomas/ $50 \mu\text{m}^2$ ) y Sqm035 (125 Tricomas/ $50 \mu\text{m}^2$ ) los cuales representan el 30,4% de la población total evaluada. Por el contrario las introducciones que presentaron menor densidad de tricomas fueron: SqEFma014 (54,08 Tricomas/ $50 \mu\text{m}^2$ ), SqEFma019 (55,58 tric/ $50 \mu\text{m}^2$ ), SqEFma022 (58,59 tric/ $50 \mu\text{m}^2$ ) y SqEFma015 (59,67 tric/ $50 \mu\text{m}^2$ ) que representan el 17,4% de la población.

Werker (2000) y Álvarez (2015), definen que los tricomas, son considerados células epidérmicas diferenciadas, estructuras uni o pluri celulares que cubren las superficies de las hojas y tallos de las plantas y que difieren en su morfología y funcionalidad. Al respecto Wagner *et al.*, (2004) menciona que en virtud de su propiedades físicas (tamaño, densidad), los pelos de tricomas pueden servir directamente para proteger brotes de plantas de insectos daño. Las plantas durante su evolución con los insectos han desarrollado múltiples mecanismos de defensa, principalmente la liberación de aleloquímicos y los biofísicos como la presencia de tricomas glandulares que son un obstáculo para muchos insectos Walling, y Kaloshian, 2005; Walling, 2008; Smith y Clement, 2012).

En los dos casos de la defensa de la planta, y como es el caso de esta investigación el *N. elegantalis* pudo haber presentado dificultades para alimentarse, crecer, desarrollarse. Alba *et al.* (2011) mencionan que las defensas directas de las plantas como la presencia de tricomas es el más interesante desde el punto de vista del mejoramiento genético de las

plantas. Por su parte Diez y Nuez (2008) indican que uno de los mecanismos de resistencia estudiados en el Tomate es la presencia de tricomas foliares (glandulares o no glandulares) y las sustancias que estos secretan.

En el caso del específico cultivo de Lulo para Lobo *et al.* (2007), la presencia de tricomas es una característica que se encuentra presente en los frutos y es un indicador de que este cultivo, aún no ha sido totalmente domesticado. Por su parte Fory *et al.* (2010) mencionan en sus investigaciones que la densidad de tricomas depende de la variabilidad genética de las introducciones estudiadas, plantas silvestres no domesticadas presentan mayor número de tricomas con respecto a variedades comerciales, resultados que concuerdan con esta investigación, teniendo en cuenta que introducciones como Sqm031 (109,08 Tricomas/50 $\mu\text{m}^2$ ), Sqm036 (110,84 Tricomas/50 $\mu\text{m}^2$ ), Sqm037 (114,67 Tricomas/ 50  $\mu\text{m}^2$ ) y PL-35 (112,08, Tricomas/50 $\mu\text{m}^2$ ) tienen características silvestres y presentan mayor densidad de tricomas, además de presentar bajos porcentajes de infestación (2,58%, 2,64%, 6,1% y 0%, en su orden) en comparación con las introducciones LC-LA SELVA (62,22 Tricomas/50 $\mu\text{m}^2$ ), SqEFma014 (54,08 Tricomas/50 $\mu\text{m}^2$ ) , SqEFma019 (55,58 Tricomas/ 50 $\mu\text{m}^2$ ), SqEFma022 (58,59 Tricomas/50 $\mu\text{m}^2$ ) y SqEFma011 (61,59 Tricomas/50 $\mu\text{m}^2$ ) que poseen características de cultivares comerciales en donde la densidad de tricomas fue menor y los porcentajes de infestación oscilaron entre 35,94% 33,63% (Tabla 4). Lo anterior permite concluir que las plantas de Lulo con características comerciales y con menor presencia de tricomas son más susceptibles al ataque de *N. elegantalis*.

Maluf *et al.* (2007) determinó como un criterio directo de selección las altas densidades de tricomas glandulares (tipo VI) de plantas de Tomate derivados de un cruzamiento interespecífico entre *Lycopersicon esculentum* x *L. hirsutum* var. *Glabratum* PI 134417, debido a que presentaron un efecto repelente en la presencia de ácaros en las hojas de las plantas. Por su parte, Andrade *et al.* (2017) reportan que altas densidades de tricomas glandulares tipo IV en varias accesiones de *Solanum galapagense* está asociada a la resistencia a *Bemisia tabaci*. Madeiros y Moreira (2002) encontraron que la densidad de tricomas glandulares pueden reducir la eficiencia de alimentación de una variedad de insectos herbívoros, sin embargo, los mecanismos específicos por los cuales los tricomas tienen efectos disuasivos no siempre son claros. Kariyat *et al.* (2017) encontraron que

larvas de *Manduca sexta* ganaron más peso cuando fueron alimentadas con hojas de *Solanum carolinense* que presentan pocos tricomas, en comparación con hojas que tenían una densidad de tricomas mayor. Da Silva *et al.* (2016) evaluaron la antixenosis en cruzamientos interespecíficos de *Solanum lycopersicum* x *S. galapagense*, teniendo en cuenta la densidad de tricomas glandulares, en donde encontraron que la alta densidad de tricomas tipo IV presentaron menores ataques de *Helicoverpa armígera*.

#### 4.1.3 Peso y Diámetro ecuatorial de fruto (DEF).

Los promedios correspondientes al peso y diámetro ecuatorial de fruto se encuentran en la Tabla 4. El promedio general para esta variable peso fue de  $53,6 \pm 21,08$  g, y los valores de la población oscilaron entre 83,71g (SqEFma021) y 14,72g (Sqm035). Para el diámetro ecuatorial de fruto el promedio general fue de  $45,12 \pm 7,63$  mm y los valores de la población oscilaron entre 53,8mm (SqEFma014) y 29,6mm (*S. hirtum*). Para la variable peso de fruto las introducciones: SqEFma021 (83,71 g), SqEFma014 (82,5 g) y SqEFma022 (74,54 g) presentaron diferencias significativas teniendo en cuenta que la  $\mu + \sigma = 74,54$  gramos, las cuales representaron el 13% de la población total evaluada, mientras que para la variable diámetro ecuatorial de fruto (DEF) las introducciones SqEFma014 (53,77 mm) y SqEFma015 (52,79 mm) fueron los únicos que superaron los valores de  $\mu + \sigma = 52,75$  mm, las cuales representaron el 8,7% de la población total evaluada.

Los menores valores para el peso del fruto se presentaron en las introducciones Sqm035 (14,72 g), *S. hirtum* (19,50 g), Sqm032 (20,83 g), Sqm031 (26,76 g), PL-35 (28,5 g) y Sqm036 (30,14 g). Según Riascos *et al.* (2012) los frutos de tamaño y peso reducido como las introducciones anteriormente mencionadas son un inconveniente para programas de fitomejoramiento en este cultivo, teniendo en cuenta que el peso de fruto es una característica determinante para su comercialización. Sin embargo cabe resaltar que las introducciones Sqm032 (15,28%), Sqm036 (2,64%), Sqm031 (2,58 %) y PL-35 (0%) presentaron bajo porcentaje de infestación natural ocasionado por *N. elegantalis*.

Teniendo en cuenta los resultados de la Tabla 4, las introducciones SqEFma021 (74,54 g), SqEFma014 (82,50 g) y SqEFma022 (83,71 g) que presentaron mayor peso de fruto

podrían ser una alternativa para ser utilizados en procesos de selección y mejoramiento destinados a obtener una variedad que requiera esta característica como lo señala García *et al.*, (2007), pero cabe resaltar que estas introducciones presentaron mayor porcentaje de infestación natural ocasionado por *N. elegantalis*, con valores de 28,02%, 27,99% y 33,63%, con respecto a las introducciones mencionadas anteriormente, lo que indica que existe una relación directa entre el peso de fruto y el porcentaje de infestación que esta plaga causa.

Para el diámetro ecuatorial de fruto (DEF) la introducción que presentó el menor valor fue Sq035 (29,63 mm), seguida de las introducciones *S. hirtum* (32,05mm), Sqm032 (32,30mm), Sqm031 (34,95mm), PL-35 (36,15mm) y Sqm036 (36,44mm) que representan el 26,1% de la población total. Revelo *et al.* (2010) indican que en el caso específico de *S. hirtum*, un lulo silvestre de tamaño pequeño presenta un diámetro inferior a 25 mm, demostrando que los resultados encontrados en esta investigación fueron superiores par *S. hirtum* (32,05mm).

Según Quinchia y Carbrera (2006) y Angulo (2008), el diámetro ecuatorial de frutos de variedades de Lulo comerciales oscila entre 40 a 80 mm, teniendo en cuenta esta información las introducciones que están dentro de este rango son Sqm037 (42,56 mm), Sqm033 (43,17mm), SqEFma019 (46,75mm), SqEFma016 (46,86mm), SqEFma023 (47,07mm), , HEBERTH (47,62mm), LC LA SELVA (48,86mm), SqEFma026 (49,50mm), SqEFma020 (50,00mm), SqEFma013 (50,16mm), SqEFma018 (50,35mm), SqEFma017 (50,39mm), SqEFma021 (51,84mm), SqEFma022 (52,09mm), SqEFma011 (52,49mm), SqEFma015 (52,79mm) y SqEFma014 (53,77), las cuales representan el 73,9% de la población total evaluada (Tabla 4).

#### **4.1.4 Grosor del exocarpio (GEX) y mesocarpio (GMES) de fruto.**

Los promedios correspondientes al GEX y GMES se encuentran en la Tabla 4. El promedio general para la variable GEX de fruto fue de  $2,32 \pm 0,74$  mm, y los valores de la población

oscilaron entre 5,23 mm (PL-35) y 1,58 mm (SqEFma019). Para el GMES de fruto el promedio general fue de  $41,12 \pm 8,30$  mm y los valores de la población oscilaron entre 50,77mm (SqEFma014) y 25,27mm (Sqm035) (Tabla 4).

Para la variable GEX de fruto la única introducción que presentó diferencias estadísticas significativas con respecto a las demás introducciones fue SqEFma019 (1,58 mm) teniendo en cuenta que la  $\mu - \sigma = 1,58$  mm, mientras que para la variable GMES la única introducción que presentó diferencias estadísticas significativas con respecto a las demás introducciones fue SqEFma014 (50,77 mm), las dos variables representaron el 4,4% de la población total evaluada.

La media más alta para GEX de fruto la presentó la introducción PL-35 con 5,23mm y con un GMES de 28,23mm, la misma introducción en la cual *N. elegantalis* estuvo ausente, Smith, (2005) y Cardona y Mesa (2011) hacen referencia que la segunda línea de defensa de una planta con resistencia varietal contra el ataque de artrópodos son sus estructuras morfológicas las cuales pueden influir en la no preferencia del insecto. En el caso de esta investigación el grosor del exocarpio del fruto impidió el ingreso de larvas de *N. elegantalis*.

Moncayo (2017) reportó que el grosor del exocarpio de frutos de injertos de *S. quitoense* sobre *S. hirtum* que presentaron un promedio de 2,34 mm, con respecto a esta investigación las introducciones Sqm031 (2,44mm), SqEFma017 (2,52), SqEFma011 (2,58mm), Sqm033 (2,62mm), SqEFma022 (2,66mm), Sqm036 (2,81mm) y Sqm035 (2,83mm) superan el promedio reportado por este autor.

#### **4.1.5 Dureza (DUR)**

Los promedios correspondientes a la dureza de frutos encuentran en la Tabla 4. El promedio general para la variable DUR de fruto fue de  $58,21 \pm 18,89$  N y los valores de la población oscilaron entre 81,86 N (SqEFma021) y 24,47 N (Sqm031).

Para esta variable las introducciones que presentaron medias menores a 39,33 N, fueron Sqm031 (24,47N), PL-35 (26,12N), Sqm036 (30,80N), Sqm037 (33,51N), Sqm032 (36,34N) y *S. hirtum* (38,71N) como se observa en la Tabla 4, las cuales corresponde al 26,1% de la población total evaluada y el 73,9% restante de la población presento una dureza que oscilo entre 40,06 N y 81,86 N. Smith *et al.*, (1994) indican una de las variables para la medición de resistencia en plantas a insectos es la dureza que los frutos posean. Dentro de esta investigación se puede observar que existe una relación entre la dureza y el porcentaje de infestación natural ocasionado por *N. elegantalis*, en donde las introducciones Sqm031 (24,47N), PL-35 (26,12N), Sqm036 (30,80N), Sqm037 (33,51N) presentaron los menores porcentajes de infestación en un rango de 2,58% a 0%, esta información permite concluir que entre menor dureza menor infestación de la plaga. Aunque cabe resaltar que introducciones como Sqm032 y *S. hirtum* si bien presentaron una baja dureza (36,34N y 38,71N) presentaron mayores infestaciones con 15,28% y 53,93%, lo cual pudo deberse a otros factores como la liberación metabolitos secundarios como fenoles, aldehídos terpenoides o alcoholes que pueden provocar diferentes reacciones en los insectos (Bernays y Chapman, 1994).

Ospina *et al.* (2007), encontraron que la firmeza de frutos de Lulo fue de 84,8 N, por otra parte Almanza-Merchan *et al.* (2016), encontraron que en Lulo variedad chonto presentó una firmeza de  $82,67 \pm 8,09$  N y en la variedad Criollo fue de  $75,93 \pm 7,42$  N, resultados que coinciden con las introducciones SqEFma016 (75,88 N), SqEFma017 (77,32N), SqEFma013 (80,35 N) y SqEFma21 (81,86 N) (Tabla 4) que presentaron los mayores valores para la dureza en esta investigación. Estas introducciones presentaron porcentajes de infestación entre 32,93% y 28,02% y mayor dureza de los frutos.

#### **4.1.6 Rendimiento**

Para la variable Rendimiento (RTO) el promedio general de la población fue de  $4,46 \pm 2,36$  Kg/planta. Los promedios para esta variable oscilaron entre 10,78 Kg/planta (SqM036) y 0,92 Kg/planta (SqM035) Kg/planta. Las introducciones declaradas con diferencias significativas se consideraron cuando presentaron promedios mayores de 6,83 Kg/planta, las cuales corresponden a SqEFma021 (7,79 Kg/planta), SqM033 (9,58 Kg/planta), SqM036 (10,78 Kg/planta) (Tabla 4) que representan el 13,04% de la población total. Dentro de este grupo la única introducción que posee características comerciales es la introducción SqEFma021 considerando que posee el mayor peso, DEF y uno de los más altos rendimientos (84g, 51,84mm, 7,79 Kg/planta) características que son indispensables en su comercialización (Quinchia y Cabrera, 2006), cabe de resaltar que esta introducción presentó una infestación de 28,02%, lo que indica que a pesar de tener buenos atributos para programas de mejoramiento genético teniendo en cuenta algunas de sus características comerciales es un material susceptible al ataque de *N. elegantalis*. Por otra parte las introducciones SqM033 (9,58 Kg/planta), SqM036 (10,78 Kg/planta) que presentaron buenos rendimientos, exhibieron un peso y DEF bajo ( 42,46g y 43,17mm; 30,14g y 36,44mm) con respecto a la introducción SqEFma021. En relación al porcentaje de infestación la introducción SqM033 (24,02%) fue más susceptible en comparación con la introducción SqM36 (2,64%) que fue menos susceptible a la infestación natural de *N. elegantalis*. A pesar de que la introducción SqM036 no posea características comerciales deseables posee atributos de resistencia a *N. elegantalis* y puede ser un criterio de selección significativo (Cleveland *et al.*, 1994 y Smith, 2005).

Las introducciones que presentaron los rendimientos más bajos fueron *S. hirtum* (1,94 Kg/planta) que presentó el mayor porcentaje de infestación de natural de *N. elegantalis* (53,94%), seguida de SqM032 (0,94 Kg/planta) y SqM035 (0,92 Kg/planta) los cuales presentaron porcentajes de infestación de *N. elegantalis* de 15,28% y 24,28%.

De igual forma cabe resaltar que las introducciones PL-35 (3,65 Kg/planta), SqM031 (4,50Kg/planta) y SqM037 (5,32 Kg/planta) presentaron bajos rendimientos, pero fueron menos atacadas por esta plaga, registrando porcentajes de infestación de 0%, 2,58 y 6,09% respectivamente como puede se puede observar en la Tabla 4.

Finalmente el rendimiento es una característica indispensable para procesos de mejoramiento genético y caracterizaciones en colecciones biológicas, para Lobo (2006) esta variable es una característica agronómica importante para el desarrollo en la obtención de cultivares mejorados. Según Vallejo y Salazar (2002) y Riascos *et al.* (2009), la introducción SqEFma21 tiene estos atributos, por presentar el mayor rendimiento por planta de 7,79 kg.

#### 4.2 Análisis de correlación de Pearson

En la Tabla 5, se muestra el análisis de correlación de Pearson para las variables: Peso (Peso), grosor del exocarpio (GEX), grosor del mesocarpio (GMES), número de tricomas (NTRI), Dureza (DUR), porcentaje de infestación ocasionado por *N. elegantalis* (INF) y rendimiento (RTO).

**Tabla 5.** Análisis de correlación de Pearson de las variables del componente del fruto, evaluadas en 22 introducciones de *S. quitoense* y *S. hirtum* sometidos a infestación natural de *N. elegantalis*.

	PESO	DEF	GEX	GMES	NTRI	DUR	INF
PESO	1,00	<b>0,96**</b>	-0,15NS	<b>0,94**</b>	<b>-0,77**</b>	<b>0,57**</b>	<b>0,23*</b>
DEF		1,00	-0,16NS	<b>0,96**</b>	<b>-0,80**</b>	<b>0,57**</b>	<b>0,24*</b>
GEX			1,00	<b>-0,31*</b>	<b>0,23*</b>	<b>-0,26*</b>	-0,19NS
GMES				1,00	<b>-0,79**</b>	<b>0,60**</b>	<b>0,27*</b>
NTRIC					1,00	<b>-0,59**</b>	<b>-0,34*</b>
DUR						1,00	<b>0,42**</b>
INF							1,00

\*\*Correlación altamente significativa (0,001), \*Correlación significativa (0,05); NS= No significativa, Peso (Peso), grosor del exocarpio (GEX), grosor del mesocarpio (GMES), número de tricomas (NTRI), Dureza (DUR), porcentaje de infestación ocasionado por *N. elegantalis* (INF) y rendimiento (RTO).

La variable peso de fruto presentó una alta correlación ( $r=0,96^{**}$ ) con respecto al diámetro DEF. En este caso a medida que el peso del fruto es mayor se espera que el DEF también se incremente. Con respecto al peso vs. GMES el valor de la correlación fue de  $r=0,94^{**}$  y con respecto al peso vs DUR el valor de correlación es de  $r=0,57^{**}$ . En ambos casos, el grado de relación de estas variables con respecto al peso es positiva y directamente proporcional. A mayor peso del fruto, se obtendrá mayor GMES y mayor DUREZA en



frutos de Lulo. Estos resultados coinciden con los encontrados por Lobo *et al.*, (2007) quienes reportan que frutos de Lulo de mayor tamaño tienen mayor cantidad de pulpa y mayor dureza.

En el caso del peso vs. NTRI el valor correspondiente a la correlación fue de  $r=-0,77^{**}$ . Lo cual significa que existe una asociación negativa al igual que el DEF vs. NTRI que presentó un  $r=-0,80^{**}$ . Se puede afirmar que a medida que el peso y el diámetro ecuatorial de frutos es mayor, el número de tricomas disminuye (Figura 2).



**Figura 2.** Frutos de Lulo de las introducciones: A. Sqm037, B. Sqm032, C. PL-35, D.SqEFma022, *S. hirtum* y F. Sqm033. Fotos: Pineda, M. y Pineda, J. 2015.

En relación al NTRI vs. INF se presenta una correlación baja significativa y negativa ( $r= -0,34^*$ ) esto significa hay grado de correlación inversa entre estas variables, de tal forma que a mayor número de tricomas en los frutos de Lulo menor daño producido por *N. elegantalis*. Esta correlación confirma los resultados encontrados en la Tabla 4, donde se puede observar que las introducciones PL-35 (112,08 tricomas/ $50\mu\text{m}^2$ ), Sqm031 (109,8 tricomas/ $50\mu\text{m}^2$ ), Sqm036 (110,83 tricomas/ $50\mu\text{m}^2$ ) y Sqm037 (114,66 tricomas/ $50\mu\text{m}^2$ ) que presentaron mayor número de tricomas y los menores porcentajes de infestación (0%, 2,58%, 2,64% y 6,09%, en su orden).

Al respecto, Smith (2005) menciona que los tricomas son la primera estructura de la planta con la cual los insectos plaga entran en contacto, por su parte Cardona y Mesa (2011), Glas *et al.* (2012) y Peter y Shanower (2001), mencionan que los tricomas glandulares presentes en solanáceas son más estables y pueden interferir en la conducta del insecto de tal forma que este factor morfológico confiere en este caso a las introducciones de Lulo PL-35, Sqm031, Sqm036 y Sqm037 propiedades antixenóticas.

Álvarez (2015), menciona que además del efecto físico que pudieran ejercer los tricomas sobre la conducta de los insectos como lo observaron Smith (2005) y Cardona y Mesa (2011), las resistencias se basan, fundamentalmente, en el efecto antibiótico y antixenótico que provocan los aleloquímicos almacenados como las metilcetonas, los sesquiterpenos y los acilazúcares.

Glas, *et al.* (2012) sugiere que un mecanismo de resistencia de algunas plantas a plagas es la presencia de cualquier tipo de tricomas, en especial si las plantas son silvestres. Dentro de esta investigación las introducciones PL-35, Sqm031, Sqm036 y Sqm037 tuvieron muy buena adaptabilidad al medio en el que fueron cultivadas, por poseer características silvestres como una alta densidad de tricomas.

En algunos casos de Híbridos de Tomate cultivado y la especie silvestre *Lycopersicon hirsutum* var. *Glabratum*, *Lycopersicon pennellii* y *Lycopersiconcheesmanii*, se han reportado altos niveles de resistencia a la presencia de ácaros e insectos como dípteros y hemípteros. Al respecto Bergau *et al.* (2015) explican que las morfologías adaptativas de los tricomas tipo VI del género *Solanum*, presentes en todos sus órganos, son una fuente de almacenamiento y liberación de metabolitos secundarios, que pueden ser identificados con investigaciones adicionales para conocer mejor su funcionamiento, y es necesario para determinar la resistencia a las plagas como en el caso de esta investigación de *S. quitoense* a *N. elegantalis*.

Stout *et al.* (2017) señalan que investigaciones relacionadas con tricomas de las especies silvestres del género *Lycopersicum* confieren resistencia a muchas plagas, entre ellos se destacan lepidópteros y hemípteros. Esta resistencia está relacionado con la exudación de

sustancias químicas de los tricomas glandulares tipo IV y VI y están asociados cuando su densidad es mayor como en el caso de *L. hirsutum* var. *Glabratum*.

Handley *et al.* (2005) encontraron una relación negativa entre la densidad de los tricomas y el número de huevos que *Plutella xylostella* ovipositó sobre hojas de *Arabidopsis thaliana*, sugiriendo que la mayor densidad de tricomas afectó su oviposición y contribuyó a la resistencia de la planta a este insecto plaga.

Estudios realizados por Kennedy (2003) y Simmons *et al.* (2005), mencionan que cultivares del género *Solanum* presentan tricomas, glandulares y no glandulares, y se consideran un componente fundamental en la defensa estas plantas. En accesiones silvestres de *S. habrochaites* (PI-134417, PI-134418 y PI-126449) variedad *Glabratum*. Restrepo *et al.* (2007) reportaron alta resistencia al pasador del fruto de Tomate *N. elegantalis*, ya que los frutos no revelaron orificios de salida de larvas ni presencia de éstas dentro de los frutos evaluados.

Finalmente, Kennedy (2003) señala que *S. habrochaites* var. *Glabratum* y *S. habrochaites* var. *Typicum*, presentan los mayores niveles de tolerancia a gran número de especies artrópodos, entre ellas a *N. elegantalis*, debido a los tricomas tipo IV y VI, presentes principalmente en las especies silvestres, que están asociados a altas concentraciones de sustancias aleloquímicas que causa efectos negativos sobre los insectos plaga (Peter y Shanower, 2001; Smith, 2005 y Tissier, 2012), y en el caso de esta investigación que confiere a algunos materiales de *S. quitoense* tolerancia al ataque de esta plaga como la introducción PL-35 en donde *N. elegantalis* estuvo ausente, durante todas las evaluaciones realizadas.

En cuanto al NTRI vs. DUR presentó una alta correlación negativa ( $r = -0,59^{**}$ ) lo que indica que a mayor número de tricomas menos dureza en los frutos, resultados que se pudieron observar en las introducciones PL-35, Sqm031, Sqm036, Sqm037 y Sqm032 las cuales presentaron mayor número de tricomas con valores que oscilaron entre 112,08 y 120,91 tricomas/ $50\mu\text{m}^2$ , menores porcentajes de infestación con rangos entre el 0 y 15,28% y menor dureza de frutos con valores entre 26,12 y 36,34 N (Tabla 4). Con respecto a la DUR vs. INF la correlación fue positiva ( $r = 0,42^{**}$ ) lo que demuestra que a mayor dureza

estos serán más susceptibles al ataque de *N. elegantalis* y por lo tanto su porcentaje de infestación será mayor, como se puede observar en las introducciones SqEFma013 y SqEFma021 las cuales presentaron la mayor dureza de frutos (80,35 y 81,86 N, respectivamente) y presentaron altos porcentajes de infestación natural ocasionada por *N. elegantalis* con 33,24 y 28,02%, en su orden. Por otra parte, cabe destacar que para la variable peso y DEF vs. GEX presentaron coeficientes de correlación bajos ( $r=-0,15$  y  $r=-0,16$ , respectivamente), indicando que no hay relación directa entre el grosor del exocarpio con respecto al diámetro ecuatorial del fruto y el peso.

Para la DUR del fruto tiene una correlación directa y es altamente significativa con las variables peso, DEF y GMES con valores de  $r=0,57$ ,  $0,57$  y  $0,60$ , en su orden. Por lo tanto hay una relación directa entre estas variables y es correcto afirmar que a mayor peso existe mayor DEF y mayor dureza de fruto (Tabla 4).

En cuanto a la INF natural ocasionada por *N. elegantalis*, el análisis de correlación de Pearson, indica que para las variables peso, DEF y GMES los valores de correlación fueron bajos y van de 0,23 a 0,27 (Tabla 5). Estos datos concuerdan con Vallejo *et al.* (2008), quienes encontraron que *N. elegantalis* producía más daño a medida que se incrementaba el peso promedio de frutos derivados del género *Solanum* spp. Por su parte Collavino *et al.* (1999) encontró que genotipos provenientes del género *Lycopersicon* presentaron correlaciones positivas altamente significativas ( $r=0,82$ ) entre el grado de infestación de *Tuta absoluta* y el peso de los frutos, como se pudo observar en las introducciones de Lulo SqEFma022 y SqEFma020 que registraron los frutos con mayor peso (83,71 y 82,55 g) e infestaciones de *N. elegantalis* de 33,63 y 40,28% (Tabla 4).

### 4.3 Análisis de sendero

En la Tabla 6 se presenta el Análisis de Sendero que indica la descomposición de las correlaciones entre las variables peso, diámetro ecuatorial de fruto (DEF), grosor de exocarpio (GEX) y mesocarpio (GMES), número de tricomas (NTRI) y dureza (DUR) para el porcentaje de infestación (INF).

El Coeficiente de Determinación ( $R^2$ ) en el análisis de sendero indica el 100% de la variabilidad del porcentaje de infestación natural ocasionado por *N. elegantalis*, con

respecto al Peso, GEX, GMES, NTRIC y DUR. Por otro lado, en el análisis de sendero el  $R^2$  tuvo un valor del 54% con respecto al porcentaje de Infestación natural, el cual se considera bajo, lo que permite concluir que las variables tomadas para este análisis no explican totalmente los efectos directos o indirectos que ejercen sobre el porcentaje de infestación natural causado por *N. elegantalis* en las 20 introducciones de *S. quitoense*, dos introducciones de *S. quitoense* x *S. hirtum* y un de *S. hirtum*.

**Tabla 6.** Análisis de Sendero para la Evaluación de la respuesta a 22 introducciones de *S. quitoense* y *S. hirtum* a la infestación natural de *N. elegantalis*.

VARIABLES	PESO	DEF	GEX	GMES	NTRI	DUR	r Total	P- valor
<b>PESO</b>	-0,02	-0,28	0,01	0,14	0,19	0,2	0,23	0,0243
<b>DEF</b>	-0,018	<b>-0,287</b>	0,007	0,14	0,195	0,202	0,239	0,0218
<b>GEX</b>	0,003	0,047	<b>-0,043</b>	-0,045	-0,056	-0,09	-0,185	0,0771
<b>GMES</b>	-0,017	-0,276	0,013	<b>0,145</b>	0,193	0,211	<b>0,269</b>	<b>0,0096</b>
<b>NTRI</b>	0,014	0,228	-0,01	-0,114	<b>-0,245</b>	-0,209	-0,336	<b>0,001</b>
<b>DUR</b>	-0,01	-0,165	0,011	0,087	0,145	<b>0,352</b>	<b>0,42</b>	<b>3,05E-05</b>
<b>R<sup>2</sup>= 0,54</b>								

Los efectos directos resaltados en negrita.

El Análisis de Sendero indica que la variable que tuvo mayor efecto directo sobre el porcentaje de infestación fue DUR con coeficiente de sendero de 0,352 y un r total de 0,42, por otra parte el NTRI y el peso presentaron una alta correlación de forma negativa ( $r = -0,245$  y  $-0,20$ ; Tabla 6). Con base en estos resultados se concluye que el peso y la dureza frutos están relacionados directamente con el porcentaje de infestación natural de *N. elegantalis*. Por ejemplo las introducciones SqEFma022 y SqEFma020 presentaron el mayor peso (83,71 y 82,55 g), mayor dureza (68,04 y 65,09 N) y mayores porcentajes de infestación natural de *N. elegantalis* (33,63 y 40,28%) con respecto a las introducciones PL-35 y Sqm031 que presentaron menor peso (28,50 y 26,12 g), menor dureza (26,12 y 24,47 N) y fueron menos susceptibles a la infestación natural de *N. elegantalis* (0 y 2,58%) (Tabla 4).

En cuanto a la variable NTRI tiene no existe un aporte directo por presentar un coeficiente de sendero negativo ( $r = -0,245$ ), y con respecto al peso, DEF y GMES presenta aportes

indirectos positivos con coeficientes de sendero de 0,190; 0,195 y 0,193 lo que significa que a mayor peso, DEF y GMES, hay menor NTRIC y por lo tanto una mayor infestación natural de *N. elegantalis*. Estos resultados concuerdan con los obtenidos en la Tabla 4, en donde por ejemplo la introducción SqEFma014 tuvo el mayor peso de fruto (82,55 g), mayor DEF y GMES (53,77 y 50,77 mm), baja densidad de tricomas (54,08 tricomas/ 50  $\mu\text{m}^2$ ) y un porcentaje de infestación natural ocasionado por *N. elegantalis* (27,99%) que supera el de la media general (25,26%).

Para el GEX y NTRI no hay un aporte directo ya que los coeficientes de sendero son negativos ( $r = -0,043$  y  $r = -0,01$  respectivamente). En este caso los valores negativos corroboran la información obtenida en el análisis de correlación de Pearson y la colectada en campo, en donde se observó que de forma general algunas introducciones de Lulo que presentaron menor GEX y NTRI presentaban mayores porcentajes de infestación de *N. elegantalis*. Por ejemplo la introducción SqEFma014 presento un promedio de 54,08 tricomas /50 $\mu\text{m}^2$ , un grosor de exocarpio de 1,79 mm y un porcentaje de infestación de 27,99%, por el contrario la introducción PL-35 presentó uno de los mayores promedios con 125 tricomas/ 50 $\mu\text{m}^2$ , el mayor GEX 5,23 mm y el 0% de infestación.

#### **4.4 Selección de las Introducciones con mejor respuesta frente al ataque de *N. elegantalis***

La selección de las introducciones con mejor comportamiento con respecto a la infestación natural ocasionada por el perforador del fruto *N. elegantalis* se realizó teniendo en cuenta los valores del Índice de Selección por encima de 0,5 (Tabla 2 y Tabla 7).

Los índices de selección elegidos en este caso fueron positivos (Tabla 7). Los resultados anteriores permiten establecer que para obtener introducciones resistentes al ataque del pasador del fruto *N. elegantalis* deben seleccionarse introducciones que tengan mayor número de tricomas, grosor de exocarpio y menor dureza de frutos. La introducción PL-35 es la única que cumple estas características teniendo en cuenta que las medias para estas variables superan la  $\mu \pm \sigma$  (Tabla 5) (112,08 tricomas/ 50  $\mu\text{m}^2$ , 5,23 mm de GEX, 26,12 N de DUR y 0% de INF). El porcentaje de infestación es una variable determinante y

confiable a la hora de medir la resistencia del ataque de *N. elegantalis* a *S. quitoense*, por el porcentaje de frutos de Lulo afectados naturalmente por *N. elegantalis*. Con base en el IS se concluye la introducción PL-35 (0,60) es resistente, por lo, tanto es una fuente de resistencia para obtener variedades resistentes o tolerantes encaminadas a disminuir los costos de producción y las pérdidas ocasionadas por el pasador del fruto de Lulo *N. elegantalis*.

**Tabla 7.** Índice de selección en la Evaluación de la respuesta de 20 introducciones de Lulo *S. quitoense*, dos de *S. quitoense* x *S. hirtum* y una de *S. hirtum* a la infestación natural de *N. elegantalis*.

INTRODUCCIÓN	IS	CALIFICACIÓN	INTRODUCCIÓN	IS	CALIFICACIÓN
PL-35	0,6096	<b>Resistente</b>	SqEFma019	-0,0177	Susceptible
SqEFma017	0,4832	<b>Tolerante</b>	SqEFma022	-0,0261	susceptible
Sqm036	0,3043	<b>Tolerante</b>	SqEFma016	-0,0438	susceptible
SqEFma023	0,2554	susceptible	SqEFma018	-0,1256	susceptible
SqEFma021	0,2038	susceptible	Sqm032	-0,1931	susceptible
Sqm033	0,1982	susceptible	LC-LASELVA	-0,2216	susceptible
Sqm037	0,196	susceptible	Sqm035	-0,3055	susceptible
SqEFma015	0,1569	susceptible	SqEFma20	-0,3213	susceptible
Sqm031	0,1218	susceptible	SqEFma026	-0,3551	susceptible
SqEFma013	0,061	susceptible	HEBERTH	-0,4001	susceptible
SqEFma014	0,0387	susceptible	<i>S. hirtum</i>	-1,4241	susceptible
SqEFma011	0,0207	susceptible			

Finalmente teniendo en cuenta el IS otras introducciones que poseen tolerancia al pasador del fruto de Lulo *N. elegantalis* fueron SqEFma017 (0,48) y Sqm036 (0,30). Las demás introducciones fueron susceptibles y presentaron IS que oscilaron entre 0,25 y -1,42 (Tabla 7).

## V. CONCLUSIONES

Existe alta variabilidad genética dentro de la colección de *S. quitoense* del Grupo de Investigación de Frutales Andinos – GPFA de la Universidad de Nariño.

El peso del fruto estuvo altamente correlacionado de forma positiva con el DEF y GMES del fruto. El número de tricomas presentó una correlación negativa con la dureza y el porcentaje de infestación.

En la Colección de *S. quitoense* del GPFA se encontró que la introducción PL-35 es resistente al ataque del pasador del fruto *N. elegantalis*. Las introducciones SqEFma017 y Sqm36 son tolerantes al ataque del pasador del fruto *N. elegantalis*.



## VI. BIBLIOGRAFIA

Agrios, G. Fitopatología. 7ma. México : Limusa, 2002. 838 p.

Agronet. 2018. Sistemas de estadísticas Agropecuarias. Disponible en: <http://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/default.aspx>. Consulta: Marzo de 2018.

Alba, J. M., Glas, J.J., Schimmel, B. C. y Kant, M. R. 2011 . Avoidance and suppression of plant defenses by herbivores and pathogens. *Journal of Plant Interactions*. 6(4): 221-227. <https://doi.org/10.1080/17429145.2010.551670>

Alexopoulos, C.J.; Mims, C.W. y Blackwell, M. *Introductory Micology*. 4 Ed. New York : Wiley y Sons, 1996. 378 p.

Almanza, P.J. 2016. Physicochemical properties during growth and development of fruits of two varieties of Lulo (*Solanum quitoense* Lam.). *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 10(2), 222-231. <http://dx.doi.org/10.17584/rcch.2016v10i2.5065>

Álvarez Gil, M. 2015. Insect resistance in tomato (*Solanum* spp.). *Cultivos Tropicales*. 36(2): 100-110. <http://doi.10.13140/RG.2.2.34979.04640>.

Andrade, M.C., Da Silva, A.A., Neiva, I.P., Oliveira, I.R., De Castro, E.M., Francis, D.M., y Maluf, W.R. 2017. Inheritance of type IV glandular trichome density and its association with whitefly resistance from *Solanum galapagense* accession LA1401. *Euphytica*. 213(2): 52. <http://doi.10.1007/s10681-016-1792-1>.

Angulo, R. 2006. El Cultivo de Lulo. Colciencias, Universidad Jorge Tadeo Lozano. COLCIENCIAS. Bogotá. 100 p.

Angulo, R. 2008. El cultivo de Lulo. COLCIENCIAS, Universidad Jorge Tadeo Lozano. Bogotá, Colombia. p. 100.

Antuna G O, F Rincón S, E Gutiérrez Del R, N A Ruíz T, L Bustamante G. 2003. Componentes genéticos de caracteres agronómicos y de calidad fisiológica de semillas de líneas de maíz. Revista Fitotecnia Mexicana. 6:11-17.

Arévalo, A., Bajonero, J., Soto, C.A. y Arévalo, E. 2011 Vigilancia Epidemiológica del cultivo de Lulo (*Solanum quitoense* Lam) en el departamento del Huila. Instituto Colombiano Agropecuario. Neiva-Huila. 32p.

Arizala, M.; Monsalvo, A.; Betancourth, C.; Salazar, C. y Lagos, T. 2011. Evaluación de solanáceas silvestres como patrones de Lulo (*Solanum quitoense* Lam) y su reacción a *Fusarium* sp. Revista de Ciencias Agrícolas, 28(1):147 – 160.

Asohofrucol. 2016. Plan frutícola nacional. El cultivo de Lulo. Disponible en: <http://www.asohofrucol.com.co/bibliotecavirtual.php>. Consulta: Marzo de 2018.

Barbosa, F.S. 2011. Resistência Genética do Tomateiro e Potencial de Extratos de Plantas Espontâneas no Controle Alternativo de *Neoleucinodes elegantalis* (Guenée). (Lepidoptera: Crambidae). Tese Doutoral. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro Instituto de Agronomia Curso De Pós-Graduação Em Fitotecnia. 89 p.

Bergau, N., Bennewitz, S., Syrowatka, F., Hause, G., y Tissier, A. 2015. The development of type VI glandular trichomes in the cultivated tomato *Solanum lycopersicum* and a related wild species *S. habrochaites*. BMC Plant biology. 15(1): 289. <https://doi.org/10.1186/s12870-015-0678-z>.

Bernays, C.D y Chapman, R.F.1994. Host-Plant selection by phytophagous insects. Chapman and Hall. New York. 312p. <https://doi.org/10.1093/ee/24.6.1754>.

Bonilla, L.C. 1996. Biología de pasador del fruto *Neoleucinodes elegantalis* (Lep: Pyralidae), en el cultivo de Tomate *Lycopersicon esculentum*. Tesis Ing. Agrónomo Universidad Nacional. Palmira. 86p.

Capezio, S., Tassara, A., Bedogni, M. C., y Huarte, M. 2016. Respuesta de una población de *Solanum berthaultii* Hawkes frente a *Phytophthora infestans* y su relación con la densidad y tipo de tricomas. *Revista Latinoamericana de la Papa*, 20(1): 1-8.

Capps, H.W. 1948. Status of the Pyraustid moths of genus *Leucinodes* in the new world, with descriptions of new genera and species. *Proceeding of United States National Museum. Smithsonian institution U.S. National Museum* 98 (3223): 69–83.

Cardona, C., Fory, P., Sotelo, G., Pabón, A., Díaz, G. y Miles, J.W. 2004. Antibiosis and tolerance to five species of spittlebug (Homoptera: Cercopidae) in *Brachiaria* spp.: implications for breeding for resistance. *Journal of Economic Entomology*. 97: 635-445. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15154493>

Cardona, C. y Mesa N.C. 2011. Resistencia varietal a insectos. Bogotá. Universidad Nacional de Colombia. Cuarta edición. 144p.

Carmona, R.A, Coorman, A., Gómez, D., Fuentes, L.S., Nino, N., Espinoza, L., Cuellar, J., Medina, A. y Escobar, H. 2006. Pasador del fruto, p 45. In *Lulo: el cultivo*. Bogotá: fundación universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. 100 p.

Casas, N. E. y Estrada, E. I. 2005. Estudios preliminares sobre la utilización de ultrasonido en el control del pasador del fruto *Neoleucinodes elegantalis* Guenée en el cultivo del Tomate *Lycopersicum esculentum* Mill. Tesis de grado. Universidad Nacional. Palmira. Facultad de Ciencias Agropecuarias. 110 p.

Casas, N.E., Vallejo, F.A., y Estrada, E.I. 2013. Mechanisms of resistance to *Neoleucinodes elegantalis* (Guenée) in wild germplasm of the genus *Solanum*. *Agronomía Colombiana*. 31(2):153-160.

Cleveland, D.A., Soleri, D. y Smith, S.E.. 1994. Do folk varieties have a role in sustainable agriculture?. *BioScience*. 44(11):740-751.

Collavino, G., Hernández, C., Simon, G., Olsen, A., Gray, L. y Gilardon, E. 1999. Heredabilidad de la resistencia a la polilla del Tomate (*Tuta absoluta* Meyrick) y su correlación genética con caracteres de calidad, en descendencias de cruza interespecíficas del género "*Lycopersicon*". *Investigación agraria. Producción y protección vegetales*. 14(3): 445-452.

Cruz, M. E. 2011. Estimación de los Modelos de Ecuaciones Estructurales, del índice Mexicano de la Satisfacción del Usuario de Programas Sociales Mexicanos, con la metodología de Mínimos Cuadrados Parciales. Tesis de Maestría. Mexico DF. Universidad Iberoamericana. 162p. Disponible en: <http://www.bib.uia.mx/gsd/cgi-bin/library?e=d-01000-00---off-0tespru--00-1--0-10-0---0---0prompt-10---4-----0-11--11-es-1000---20-about---00-3-1-00-0-0-11-0-0utfZz-8-00&a=d&c=tespru&cl=CL6.8&d=HASH01d0eb44e422acb0e5c27860>. Consulta: Marzo, 2018.

Da Silva, A.A., Andrade, M.C., De Castro, C.R., Neiva, I.P., Santos, D.C., y Maluf, W.R. 2016. Resistência à *Helicoverpa armigera* em genótipos de Tomateiro obtidos do cruzamento de *Solanum lycopersicum* com *Solanum galapagense*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 51(7): 801-808. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2016000700002>.

De La Cruz, L., Castañon, G., Brito, N., Gomez, A., Robledo, V. Y Lozano, Aj. 2010. Heterosis aptitud combinatoria de poblaciones de maíz tropical. *Revista Internacional de Botánica Experimental*. Argentina. 79: 11-17.

Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE. 2016. Dirección de Metodología y Producción Estadística, DIMPE. Resultados encuesta nacional agropecuaria ENA. [https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuaria/enda/ena/2015/boletin\\_ena](https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuaria/enda/ena/2015/boletin_ena)\_ Consulta: Abril, 2018.

Díaz Montilla, A.E., Alma Solis, M. y Kondo, T. 2013. Chapter 8. The tomato fruit borer, *Neoleucinodes elegantalis* (Guenée) (Lepidoptera: Crambidae), an insect pest of Neotropical solanaceous fruits. Pp. 137-159. In: Peña, J. E. Ed. Potential Invasive Pests. CAB International, Wallingford, UK. 464 pp.

Díaz, A. E., Solis, A. y Brochero, H. L. 2011. Distribución geográfica de *Neoleucinodes elegantalis* (Lepidoptera: Crambidae) en Colombia. Revista Colombiana de Entomología 36 (1): 71-76

Díaz, A.E. 2009. Caracterización morfométrica de poblaciones del perforador del fruto *Neoleucinodes elegantalis* (Guenée) (Lepidoptera: Crambidae) asociadas a especies solanáceas cultivadas y silvestres en Colombia. Tesis de Maestría. Bogotá-Colombia, Universidad Nacional, Facultad de Agronomía. 206p.

Díaz, A.E. 2013. Manejo Integrado del gusano perforador del fruto del fruto de Lulo y Tomate de árbol. Fondo regional de Tecnología Agropecuaria FONTAGRO. Corpoica, C.I. La Selva. Rionegro Antioquia, Colombia. Boletín Técnico. 68 p.

Díez, M.J. y Nuez, F. 2008. *Tomato*. In: Handbook of plant Breeding. pp. 249-263. Eds.: Prohens, J. y Nuez, F. Vegetables II, Springer, New York, NY, USA.

Fory, P.A., Sánchez, I., Bohórquez, A., Ramírez, H., Medina, C.I., y Lobo, M. 2010. Genetic variability of the Colombian collection of Lulo (*Solanum quitoense* Lam.) and related species of section *Lasiocarpa*. Revista Facultad Nacional de Agronomía. 63(2): 5465-5476.

Galvis, J.A., Herrera, A.A. 1999. *El Lulo Solanum quitoense* Lam, *manejo poscosecha*. Convenio Sena- Universidad Nacional. Bogotá. 13-16 p.

García, J.; Chamorro, I.; Floriano, J.; Vera, I. y Segura, D. 2007. Enfermedades y plagas del cultivo de Lulo (*solanum quitoense*) en el departamento del huila. Boletín técnico. Nataima. 18p.

Glas, J. J., Schimmel, B. C., Alba, J. M., Escobar-Bravo, R., Schuurink, R. C., y Kant, M. R. 2012. Plant glandular trichomes as targets for breeding or engineering of resistance to herbivores. *International Journal of Molecular Sciences*. 13(12):17077-17103. DOI:10.3390/ijms131217077

Gobernación de Nariño. 2016. Consolidado Agropecuario de Nariño. Estadísticas de la secretaria de agricultura y medio ambiente departamental. 152p.

Gonzalez, V. A. 2015. Selección de variables: Una revisión de métodos existentes. Universidad da Coruña. Facultad de Informática. Tesis de maestría. La Coruña . España. 87p. Disponible en: [http://eio.usc.es/pub/mte/descargas/ProyectosFinMaster/Proyecto\\_1263.pdf](http://eio.usc.es/pub/mte/descargas/ProyectosFinMaster/Proyecto_1263.pdf). Consulta: Marzo, 2018.

Gurr, G.M. y McGrath, D. 2001. Effect of plant variety, plant age and photoperiod on glandular pubescence and host-plant resistance to potato moth (*Phthorimaea operculella*) in *Lycopersicon* spp. *Annals of applied biology*. 138(2):221–230. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2001.tb00106.x>

Hair, J. F.; Black, W. C.; Babin, B. J.; Anderson, R. E.; y Tatham, R. L. 1998. *Multivariate data analysis*. Upper Saddle River, NJ: Prentice hall. 219p.

Handley, R., Ekbohm, B., y Ågren, J. 2005. Variation in trichome density and resistance against a specialist insect herbivore in natural populations of *Arabidopsis thaliana*. *Ecological Entomology*. 30(3): 284-292. <https://doi.org/10.1111/j.0307-6946.2005.00699.x>

Holdridge LR. 1967. Ecología basada en zonas de vida. San José (Costa Rica). Tropical Science Center. p. 206.

ICA, Instituto Colombiano Agropecuario. 2011.. Manejo fitosanitario del cultivo de Lulo (*Solanum quitoense*): Medidas para la temporada invernal. Bogotá. 23p.

Kariyat, R.R., Smith, J.D., Stephenson, A.G., De Moraes, C.M. y Mescher, M.C. 2017. Non-glandular trichomes of *Solanum carolinense* deter feeding by *Manduca sexta* caterpillars and cause damage to the gut peritrophic matrix. *Proceedings of the Royal Society Biological Sciences*. 284(1849): 2016-2323. doi: 10.1098/rspb.2016.2323.

Kennedy, G. G. 2003. Tomato, pests, parasitoids, and predators: tritrophic interactions involving the genus *Lycopersicon*. *Annual Review of Entomology*, 48(1), 51-72. <http://10.1146/annurev.ento.48.091801.112733>

Kogan, M.; Paxton, J. 1983. Natural inducers of plant resistance to insect. pp. 153-171. In: *Plant Resistance to insects*. Symposium American Chemical Society. Las Vegas. U.S.A.

Kogan, M., y Ortman, E. F. 1978. Antixenosis—a new term proposed to define Painter's “nonpreference” modality of resistance. *Bulletin of the ESA*. 24(2): 175-176.

Lagos, L.K., Vallejo, F.A., Lagos, T.C., Alvarado, D. y Esteban, D. 2013. Genotypic correlations, phenotypic, environmental and path analysis in tomato tree (*Cyphomandra betacea* Cav. Sendt.). *Acta Agronómica*, 62(3), 215-222.

Lagos, T.C. 1998. Avance Generacional y Selección de Líneas Promisorias de Pimentón *Capsicum annuum*, en los municipios de Palmira y Candelaria, Departamento del Valle. Tesis de Maestría. Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira. Pag 31- 113.

Lobo, M. 2006. Recursos genéticos y mejoramiento de frutales andinos: Una visión conceptual. Corpoica. Ciencia y Tecnología Agropecuaria. 7 (2):40-45.

Lobo, M.; Medina, C.; Delgado, O. y Bermeo, A. 2007. Variabilidad morfológica de la colección colombiana de Lulo (*Solanum quitoense* Lam.) y especies relacionadas de la sección Lasiocarpa. Revista Facultad Nacional de Agronomía. 60(2): 3939 -3964.

Lozano, J., Floriano, A., Vera, L.F. y Segura, J.D. 2007. Enfermedades y plagas en el cultivo de Lulo (*S. quitoense* Lam), En el departamento del Huila. Boletín técnico. Centro de Investigación CORPOICA seccional Nataima, El Espinal, Tolima. 33p.

Maluf, W.M., Inoue, I.F., Ferreira, R. D., Gomes, L.A., De Castro, E.M. y Cardoso, M.D. 2007. Higher glandular trichome density in tomato leaflets and repellence to spider mites. Pesquisa Agropecuária Brasileira. 2: 1227– 1235.

Marcano, R. 1990. Estudio de la biología, ecología y control del taladrador del fruto del Tomate -*eoleucinodes elegantalis* (Genee, 1854) (Lepidóptera :Pyralidae) en la zona central del país. Trabajo de Ascenso. U.C.V. Facultad de Agronomía. Maracay. 138 p.

Marcano, R. 1991a. Estudio de la biología y algunos aspectos del comportamiento del perforador del fruto del Tomate *Neoleucinodes elegantalis* (Lepidoptera: Pyralidae) en Tomate. Agronomía Tropical.41: 257-263.

Marcano, R. 1991b. Ciclo biológico del perforador del fruto del Tomate *Neoleucinodes elegantalis* (Guenée) (Lepidóptera: Pyralidae), usando berenjena (*Solanum melongena*) como alimento. Boletín de Entomología Venezolana. 6: 135-141.

Madeiros, L. y Moreira, G.R. 2002. Moving on hairy surfaces: modifications of *Gratiana spadicea* larval legs to attach on its host plant *Solanum sisymbriifolium*. Entomologia Experimentalis Et Applicata. Appl. 102(3): 295–305. <https://doi.org/10.1046/j.1570-7458.2002.00950.x>



Medina, C. I., Lobo, M., y Martínez, E. 2009. Revisión del estado del conocimiento sobre la función productiva del Lulo (*Solanum quitoense* Lam.) en Colombia. Corpoica. Ciencia y Tecnología Agropecuaria. 10(2):167-179

Moncayo, M.F. 2017. Comportamiento fisiológico de Lulo injertado *Solanum quitoense* Lam sobre *Solanum hirtum* bajo condiciones de campo en el municipio de la Unión, Nariño. Tesis Maestría, Centro de Investigaciones de Ciencias Agrícolas. Universidad de Nariño. Pasto. 100p.

Muñoz, J.; Rodríguez, L. y Criollo, H. 2014. Caracterización técnico-económica del sistema de producción de Lulo (*Solanum quitoense* Lam.) en el departamento de Nariño. Agronomía Colombiana. 32(2): 276-282.

Muñoz, J. M. 2011. Análisis de la competitividad del sistema de producción de Lulo (*Solanum quitoense* lam.) en tres Municipios de Nariño. Tesis de Maestría. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. 146 p.

Obando, M. Viviana, P. 2011. Variabilidad morfológica de *Neoleucinodes elegantalis* (Guenée): perforador de fruto de solanáceas de importancia económica. Tesis de grado Magister en Ciencias, Facultad de Ciencias. Universidad Nacional. Medellín. 98p.

Oriani, M. A. y Vendramim, J. D. 2010. Influence of trichomes on attractiveness and ovipositional preference of *Bemisia tabaci* (Genn.) B biotype (Hemiptera: Aleyrodidae) on tomato genotypes. Neotropical Entomology. 39(6):1002-1007. <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-566X2010000600024>

Ospina, D., Ciro, H., y Aristizábal, I. 2007. Determinación de la fuerza de la fractura superficial y fuerza de firmeza en frutos de Lulo (*Solanum quitoense* x *Solanum hirtum*). Revista Facultad Nacional de Agronomía-Medellín. 60(2): 4163-4178.

Painter, R.H. 1958. Resistance of plants to insects. Annual Review of Entomology. 3: 267-290. <https://doi.org/10.1146/annurev.en.03.010158.001411>

Panda, N. y Khush, G. 1995. Host Plant Resistance to insects. CAB International. Bristol. 431 p.

Paredes, J.; Peralta E.L., y Gómez, P. 2010. Gusano Perforador de los Frutos de Naranjilla (*Solanum quitoense* Lam): Identificación y Biología. Revista Tecnológica. ESPOL-RTE, 23(1): 27-32.

Parra, a.; López, C. M.; Garcia, M. A. y Baena, D. 1997. Evaluación de especies del género *Lycopersicon* como posibles fuentes de resistencia al pasador del fruto *Neoleucinodes elegantalis* Guenée. Acta Agronómica. 47 (4): 45-47.

Pérez, M. 2010. Mejoramiento genético en *Solanum lycopersicum* para la resistencia al pasador del fruto *Neoleucinodes elegantalis* Guenée (Lepidoptera: Crambidae). Trabajo Maestría en Ciencias Agrarias con énfasis en Fitomejoramiento. Universidad Nacional, sede Palmira. 113p.

Peter, A.J. y Shanower, T.G. 2001. Role of plant surface in resistance to insect herbivores. In: T. N. Ananthakrishnan (Ed.), Insects and Plant Defense Dynamics. Science Publishers, Enfield, NH USA pp. 107–132.

Quinchia, F. y Cabrera, C.A. 2006. Manual técnico del cultivo de Lulo. Primera edición, Litocentral Ltda. Neiva-Huila. 34p.

Ramos, G. A. 1998. Evaluación de un simulador de Ecdisona para el control de *Neoleucinodes elegantalis* (Lep: Pyralidae), en el cultivo de Tomate *Lycopersicon esculentum*, en zona rural de Palmira. Tesis Ingeniero Agrónomo Universidad nacional. Palmira. 98p.

Restrepo, E.F. 2006. Evaluación de la resistencia al pasador del fruto *Neoleucinodes elegantalis* y caracterización morfoagronómica de germoplasma silvestre de *Lycopersicon* spp. *Acta Agronómica*, 55(1), 15-21.

Restrepo, E., F.A. Vallejo, y Lobo, M. 2007. Producción de poblaciones segregantes resistentes al pasador del fruto a partir de cruzamientos entre Tomate y accesiones silvestres de *Lycopersicum* spp. *Acta Agronómica*. 56 (1):1-6.

Revelo, J., Viteri, P., Vásquez, W., Valverde, F., León, J. y Gallegos, P. 2010. Manual del Cultivo Ecológico de la Naranjilla. INIAP. Quito, Ecuador. 120p.

Riascos, M., Santacruz, A., Lagos, T.C. y Checa, O. 2012. Caracterización morfológica de 39 genotipos de la colección de Lulo (*Solanum quitoense* Lam.) de la Universidad de Nariño. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 29(1): 57-69.

Salas, J. 1991. Contribución al conocimiento de la ecología del perforador del Tomate *Neoleucinodes elegantalis* Guenee (Lepidoptera: Pyraustidae). *Agronomía tropical*, 41(5-6): 275-283.

Sañudo, B., Arteaga, M., Vallejo, W., Arévalo, R. Y Burbano, E. Fundamentos de micología agrícola. Pasto: Universidad de Nariño, 2001. 201 p.

Sharma, H. 2008. Biotechnological approaches for pest management and ecological sustainability. CRC Press, 546p.

Silva, A. D., Andrade, M.C., Carvalho, R. D., Neiva, I.P., Santos, D.C., y Maluf, W.R. 2016. Resistance to *Helicoverpa armigera* in tomato genotypes obtained from the crossing of *Solanum lycopersicum* x *Solanum galapagense*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 51(7): 801-808. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2016000700002>

Silva, W. 2015. Evaluación de progenies de naranjilla (*Solanum quitoense* Lam.) en la Granja Experimental Palora .Tesis (tesis pregrado). Universidad Estatal Amazónica Puyo, Ecuador. Disponible en: <http://repositorio.uea.edu.ec/bitstream/andle/123456789/69/TEISIS%20DE%20WILSON%20GEOVANNY%20SILVA%20VILLA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Consulta: Marzo, 2018.

Simmons, A.T. y Gurr, G.M. 2005. Trichomes of *Lycopersicon* species and their hybrids: effects on pests and natural enemies. *Agricultural and Forest Entomology*. 7(4): 265-276. <https://doi.org/10.1111/j.1461-9555.2005.00271.x>

Smith, C.M. 1989. *Plant Resistance to Insects. A Fundamental Approach*. New York, John Wiley y Sons. 286 p.

Smith, C.M., Khan, C.M., Khan, Z.R. y Pathak, M.D. 1994. *Techniques for evaluation insect resistance in crop plants*. CRC Press. Boca Ratón. 320p.

Smith, C. M., y Clement, S. L. 2012 . Molecular bases of plant resistance to arthropods. *Annual review of entomology*. 57: 309-328. DOI: 10.1146/annurev-ento-120710-100642.

Smith, C.M. 2005. *Plant resistance to Arthropods. Molecular and conventional approaches*. Springer. The Netherlands. Kansas State University. Manhattan, U.S.A. 423p.

Solis, M.A. 2006. Key to selected Pyraloidea (Lepidoptera) larvae intercepted at U.S. ports of entry: revision of Pyraloidea in “Keys to some frequently intercepted lepidopterous larvae” by D. M. Weisman 1986 (updated 2006). Disponible en: [www.ars.usda.gov/SP2UserFiles/Place/12754100/PyraloideaKey.pdf](http://www.ars.usda.gov/SP2UserFiles/Place/12754100/PyraloideaKey.pdf) . Consultada: Marzo de 2018.

Stout, M.J., Kurabchew, H. y Demolin-Leite, G.L. Chapter 9 – Host-Plant Resistance in Tomato. 2017. 217-233 pp. In: Wakil, W., Brust, G.E. y Perring, T.M. 2017. *Sustainable Management of Arthropod Pests of Tomato*. Academic Press Elsevier. London. 372p.

Tissier, A. 2012. Glandular trichomes: what comes after expressed sequence tags?. *The Plant Journal*. 70(1): 51-68. DOI: 10.1111/j.1365-313X.2012.04913.x.

Valero, U.C. y Ruiz, A. 1996. Técnicas de medida de la calidad de frutas. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid. Departamento de Ingeniería Rural. En: [http://www.lpftag.upm.es/pdf/2000%2520Ctmcs PDF+T%C3%A9cnicas+y+herramientas+de+medida+de+la+calidad+de+frutas.pdf](http://www.lpftag.upm.es/pdf/2000%2520Ctmcs%20PDF+T%C3%A9cnicas+y+herramientas+de+medida+de+la+calidad+de+frutas.pdf) Consulta: Marzo de 2018.

Vallejo, A. y Estrada, E. 2002. Mejoramiento genético de plantas. Universidad Nacional de Colombia. Palmira. 402p.

Vallejo, A.; Restrepo, E.; Lobo, M. 2008. Resistencia al perforador del fruto del Tomate derivada de especies silvestres de *Solanum* spp. Revista Facultad Nacional de Agronomía-Medellín.61(1):4316-4324.

Viteri, D., Vasquez, W., Leon, J., Viera, W., Posso, M., Hinojosa, M., Revelo, J. y Ochoa, J. 2009. Naranjilla de jugo (*Solanum quitoense* Lam.) injertada en patrones de solanáceas silvestres resistentes a *Fusarium oxysporum* y *Meloidogyne incognita*. Quito, Ecuador. INIAP. 12 p.

Walling, L.L. 2008. Avoiding effective defenses: strategies employed by phloem-feeding insects. *Plant physiology*. 146(3): 859-866. DOI: <https://doi.org/10.1104/pp.107.113142>.

Walling, L. L. y Kaloshian, I. 2005. Hemipterans as plant pathogens. *Annual Review of Phytopathology*. 43(1): 491-521. <https://doi.org/10.1146/annurev.phyto.43.040204.135944>

Wagner, G., Wang, E. y Shepherd, R. 2004. New approaches for studying and exploiting an old protuberance, the plant trichome. *Annals of Botany*, 93(1): 3–11.

Weisstein, E. 2011. Correlation Coefficient MathWorld – A Wolfram. <http://mathworld.wolfram.com/CorrelationCoefficient.html>. Consulta: Marzo de 2018.

Werker, E. 2000. Trichome diversity and development. In *Advances in Botanical Research Incorporating Advances in Plant Pathology*, Vol. 31: Plant Trichomes (Hallahan, D.L. and Gray, J.C., eds). San Diego/Boston/ London: Academic Press, pp. 1–35.

Whalen, M.D., Costich, D. y Heiser, C. 1981. Taxonomy of *Solanum* section lasiocarpa. *Gentes Herbarum*. 12: 41-129.

Wolf, T. y Koch, J. 2008 .Genetically modified plants. Nova Science. Nova Science Publishers, Inc. New York. 249 p

Zapata, L. M., Malleret, A.D., Quinteros, C.F., Lesa, C.E., Vuarant, C.O.; Rivadeneira, M.F.; y Gerard, J.A. 2010. Estudio sobre cambios de la firmeza de bayas de arándanos durante su maduración. *Ciencia, docencia y tecnología*. (41): 159-171.