

**EVALUACIÓN DE LA REACCIÓN DE GENOTIPOS DE LULO
(*Solanum quitoense* L) Y ESPECIES RELACIONADAS AL NEMATODO
CAUSANTE DEL NUDO RADICAL *Meloidogyne* spp. CHITWOOD***

**EVALUATION OF THE REACTION OF GREEN ORANGE (*Solanum quitoense* L)
GENOTYPES AND RELATED SPECIES TO THE NEMATODE RESPONSIBLE
OF THE ROOT KNOT *Meloidogyne* spp. CHITWOOD***

Cristian Gelpud Chaves¹, Edwin Mora Marcillo¹, Claudia Salazar Gonzalez.²

RESUMEN

El cultivo del lulo (*Solanum quitoense* L.) presenta disminución en su productividad, debido al ataque de patógenos como el nematodo del nudo radical *Meloidogyne* spp., en el departamento de Nariño (Colombia), se han reportado incidencias cercanas al 79%, y pérdidas del 50%. En la presente investigación, se colectaron 45 genotipos de *Solanum quitoense* L. en los departamentos de Nariño y Putumayo y 4 genotipos silvestres *S. mammosum*, *S. hirtum*, *S. marginatum*, y *S. umbellatum* buscando fuentes de resistencia al nematodo. Se inocularon nueve plantas de cada genotipo de dos meses de edad con 10.000 huevos de *Meloidogyne* spp, dejando tres testigos por genotipo. Las variables evaluadas fueron: altura, severidad, incidencia, peso fresco (tallo y raíz) y especies prevalentes de *Meloidogyne* spp. Se hizo una clasificación de genotipos mediante escala de resistencia y regresión entre la severidad y las demás variables para establecer su efecto sobre ellas. Los resultados mostraron 100% de incidencia en todos los genotipos, 2.04% genotipos resistentes, 34.7% moderadamente resistentes, 42.8% moderadamente susceptibles, 18.3% susceptibles, y 2.04% altamente susceptibles. El genotipo SQbr05 resistente, no se vio afectado por la severidad, al contrario SQbc04 genotipo susceptible, mostró reducciones significativas en peso fresco de tallo y raíz, ($R^2 = 0.71$ y 0.98), el genotipo silvestre *Solanum mammosum* es altamente susceptible y *Meloidogyne incognita* presentó 55.31% de presencia. El genotipo SQbr05 es promisorio para ser evaluado en campo.

Palabras clave: Severidad, Resistencia, Incidencia, Susceptibilidad, Perdidas.

*

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar el título de Ingeniero Agrónomo 2010. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, Pasto– Colombia.

¹Estudiantes Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, Pasto – Colombia. Email: cristian_gelpud@latinmail.com, edwin.mora.m@hotmail.com.

²Profesora Asistente I.A M.Sc. Facultad de Ciencias Agrícolas Universidad de Nariño. Pasto-Colombia. Email: claudiasalazarg@yahoo.com.

ABSTRACT

The green orange (*Solanum quitoense* L.) cultivation decrease in productivity due to pathogens attack such as root knot nematode *Meloidogyne* spp., In the Nariño department of (Colombia), incidence close to 79% and losses of 50% have been reported. In this study 45 *Solanum quitoense* L. genotypes were collected in Nariño and Putumayo departments and 4 wild genotypes *S. mammosum*, *S. hirtum*, *S. marginatum* and *S. umbellatum* looking for nematode resistance sources. 9 plants of each genotype of two month old were inoculated with 10,000 eggs of *Meloidogyne* spp, leaving three control by material. The evaluated variables were: height, severity, incidence, fresh weight (stem and root) and *Meloidogyne* spp. prevalent species. A genotype classification was made through a resistance scale and regression between severity and other variables to determine their effect. The results showed 100% incidence in all genotypes, resistant genotypes 2.04%, 34.7% moderately resistant, 42.8% moderately susceptible, 18.3% were susceptible, and 2.04% highly susceptible. The SQbr05 resistant genotype, wasn't affected by severity, opposite to the SQbc04 susceptible genotype that showed significant reductions in stem and root fresh weight ($R^2 = 0.71$ and 0.98), the wild genotype *Solanum mammosum* is highly susceptible, *Meloidogyne incognita* showed 55.31% of presence. The SQbr05 genotype is promising to be evaluated in field.

Key words: Genotype, Severity, Resistance, Incidence.

INTRODUCCIÓN

Los nematodos del nudo radical (*Meloidogyne* spp.), son los más importantes a nivel mundial, tanto por su amplia distribución como por el elevado número de familias y especies de plantas susceptibles. Además, el género contiene más de 90 especies que infectan miles de plantas herbáceas y leñosas (Karssen y Moens, 2006). La familia Heteroderidae se considera la de mayor perjuicio económico en plantas cultivadas (Williamson y Gleason, 2003). Así mismo, Trudgill y Blok (2001) mencionan que *M. incognita* prevalece en ecosistemas tropicales siendo el parásito más dañino de los cultivos.

En Colombia el lulo (*Solanum quitoense* L.) presenta disminución en su productividad debido al ataque de enfermedades y plagas, como es el caso del nematodo del nudo radical *Meloidogyne* spp., que se caracteriza por producir agallas que afectan la absorción de agua y nutrientes, reduciendo la vida útil del cultivo de cinco a dos años, siendo *M. incognita*, la especie más importante (Tamayo *et al.*, 2003 y Tamayo, 2001).

En Nariño García y Obando (2005) reportaron incidencias de nudo radical en los municipios de San José de Albán, Buesaco y Cartago del 79,6%, 63,3% y 57,4% respectivamente.

Vanholme *et al.*, (2004) mencionan que *M. incognita* infecta entre cinco y siete células del procambium para inducir en ellas hipertrofia y formar el sitio de alimentación, generando células gigantes y binucleadas. Según De Almeida *et al.* (1999) las células son estimuladas a producir diversos ciclos de mitosis sin citoquinesis, formándose células gigantes multinucleadas. Su expansión se produce por un crecimiento isotrópico y su tamaño final suele estar alrededor de 400 veces el de una célula vascular normal.

Caillaud *et al.*, (2008) indican que la infección inducida por *Meloidogyne* spp. provocan la alteración y modificación en funciones claves de la planta como el ciclo celular, comunicación mediante hormonas y síntesis de ADN entre otras, con la consecuente formación de nudos que engloban las células gigantes siendo estos los sitios de alimentación, claramente visibles en las infecciones por *M. arenaria*, *M. incognita* o *M. javanica* (Vovlas *et al.*, 2005). Los cuales obstruyen el transporte de auxinas en la raíz, además de alterar el flujo de nutrientes desde la raíz hacia la parte superior de la planta.

Investigaciones realizadas por Fontagro, IICA y Prociandino (2003) indican que en condiciones de campo *Meloidogyne* spp, genera pérdidas en lulo cercanas al 50%, cuando no hay ningún tipo de control, en invernadero ocasiona la reducción del 40% de parámetros de desarrollo y crecimiento.

La siembra de lulo, en Colombia, se lleva acabo generalmente con materiales locales que reciben diferentes nombres o la misma denominación para ecotipos distintos con la asignación del nombre "lulo de castilla" a poblaciones cultivadas en diversas zonas del país, estas poblaciones han sido reportadas como altamente susceptibles a nematodos del genero *Meloidogyne* spp. Cabezas y Novoa (2000), Franco *et al.* (2002).

El mejoramiento del cultivo de lulo a través de técnicas convencionales ha sido limitado, la búsqueda de fuentes de resistencia a *M. incognita* en especies silvestres relacionadas como *S. hirtum*, es un esfuerzo importante puesto que se ha centrado en la transferencia de la resistencia desde *S. hirtum* a *S. quitoense* mediante el desarrollo de cruces interespecíficos (Heiser, 1993; Bernal *et al.*, 1998; Lobo, 2000; lobo, 2004; Gonzales, 2010).

Sin embargo, un aspecto prioritario en la investigación de este cultivo es el seleccionamiento de variedades resistentes a través de bancos de germoplasma Estrada *et al.*, (1986), además, de la realización de injertos de lulo en plantas relacionadas que confieren cierta resistencia y mejoramiento del vigor de la planta para un mejor manejo (Navarro y Puerta (1985). En Nariño estudios dedicados a la reacción materiales lulo a *Meloidogyne* spp. son reportados por Lora (2006).

En el marco de las estrategias de lucha contra enfermedades de las plantas Sañudo y Betancourth (2005) mencionan que la búsqueda de genotipos que muestren distintos grados de resistencia a ellas, y a la vez con buena capacidad productiva, es la de mayor implicación desde los puntos de vista, ecológico, agronómico y económico, promoviendo cultivos equilibrados y productivos, que exijan menores volúmenes y frecuencias de plaguicidas.

Por lo anteriormente expuesto, el presente trabajo se planteó con el objetivo de evaluar genotipos de lulo en su reacción al nematodo del nudo radical, para contribuir al conocimiento del manejo de la enfermedad.

METODOLOGÍA

Localización. Esta investigación se llevó a cabo en el laboratorio de Fitopatología e invernadero de la Universidad de Nariño a una temperatura de 20°C, ubicada al noroeste de la ciudad de San Juan de Pasto, altitud de 2540 msnm, 01° 12'13" LN y 77° 15'23" LO (Lora, 2006).

Material Vegetal. La colecta de los genotipos de lulo (*Solanum quitoense* L.) se realizó en seis municipios del departamento de Nariño (La Florida, San Pedro de Cartago, La Unión, Berruecos, Buesaco, San Lorenzo) y en los municipios de Santiago y Colón (Departamento del Putumayo). Además se evaluarón genotipos silvestres *S. mammosum*, *S. hirtum*, *S. marginatum* y *S. umbellatum* cedidos de la colección de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Nariño.

Colecta. Plantas sobresalientes en arquitectura, carga, tamaño de fruto y estado sanitario fueron seleccionadas, de cada una se tomaron cuatro frutos que presentaban estado fisiológico de madurez, éstos se guardaron en una bolsa individual etiquetada con su procedencia, además se anotó un registro de coordenadas mediante GPS, de cada genotipo se observaron y anotaron características como color del tallo, altura de la planta, color de la hoja, presencia o ausencia de espinas, pistilo corto o largo, color del fruto y carga de la planta, obteniéndose cuarenta y cinco genotipos de *S. quitoense* y cuatro genotipos silvestres.

Se estableció una base de datos con información de cada genotipo colectado, asignándoles pasaportes codificados según el municipio de procedencia, Valle del Sibundoy (SQsy), La Florida (SQlf), San Pedro de Cartago (SQcr) La Unión (SQun), Berruecos (SQbr), Buesaco (SQbc), San Lorenzo(SQsl). (Tab. 1).

Propagación. La siembra se realizó en bandejas de germinación utilizando turba como sustrato con tres semillas por cada alveolo, cuando las plantas cumplieron un mes de edad fueron trasplantadas a suelo en bolsas de dos kg de capacidad.

Fuente de inóculo. Se tomó el tejido radicular infectado, las raíces fueron lavadas y cortadas en pequeñas secciones. Se tomaron 50 gramos de tejido y se licuaron en 50 mililitros de agua destilada durante 25 segundos. La solución obtenida fue pasada a través de tres tamices 200, 325 y 400 mallas, respectivamente. Las porciones que se retuvieron en los tamices de 325 y 400 mallas fueron lavadas y llevadas a un erlenmeyer de 300 mililitros. Esta solución se agitó suavemente y se retiró un mililitro el cual se depositó

en la rejilla de conteo, y se calibró así una cantidad de 200 huevos/mililitro de suspensión (Lozada *et al.*, 2002).

Tabla. 1. Base de datos genotipos colectados.

GENOTIPO	LATITUD	LONGITUD	ALTURA (msnm)	GENOTIPO	LATITUD	LONGITUD	ALTURA (msnm)
SQsy02	N 01, 11, 50.4	W 76, 57, 50.9	2097	SQcr09	N 01, 33, 46.0	W 77, 06, 50.2	1966
SQsy03	N 01, 08, 37.9	W 77, 00, 25.8	2175	SQcr010	N 01, 33, 47.7	W 77, 06, 49.5	1968
SQsy04	N 01, 08, 37.3	W 77, 00, 25.8	2174	SQcr011	N 01, 33, 47.7	W 77, 06, 49.4	1973
SQsy06	N 01, 07, 13.7	W 77, 01, 50.5	2326	SQun01	N 01, 33, 27.2	W 77, 07, 20.5	2067
SQsy07	N 01, 07, 14.0	W 77, 01, 50.7	2337	SQbr01	N 01, 28, 43.5	W 77, 07, 55.4	1889
SQsy08	N 01, 07, 45.1	W 77, 00, 30.8	2258	SQbr02	N 01, 28, 43.3	W 77, 07, 55.0	1878
SQsy09	N 01, 07, 44.5	W 77, 00, 29.7	2255	SQbr03	N 01, 28, 43.3	W 77, 07, 56.4	1873
SQlf01	N 01, 13, 45.8	W 77, 17, 16.5	2180	SQbr04	N 01, 28, 42.8	W 77, 07, 57.1	1866
SQlf02	N 01, 18, 45.7	W 77, 24, 29.5	2210	SQbr05	N 01, 28, 42.4	W 77, 07, 56.5	1869
SQlf03	N 01, 19, 13.6	W 77, 25, 02.7	2218	SQbc01	N 01, 21, 40.4	W 77, 10, 26.0	1987
SQlf04	N 01, 19, 12.6	W 77, 25, 03.0	2217	SQbc02	N 01, 21, 40.8	W 77, 10, 26.1	1991
SQlf05	N 01, 19, 22.2	W 77, 25, 27.4	2003	SQbc03	N 01, 21, 40.4	W 77, 10, 25.8	1976
SQlf06	N 01, 19, 22.0	W 77, 25, 27.2	1998	SQbc04	N 01, 21, 40.1	W 77, 10, 24.5	1964
SQlf07	N 01, 19, 22.3	W 77, 25, 27.4	1993	SQbc05	N 01, 21, 40.3	W 77, 10, 23.3	1950
SQcr01	N 01, 30, 25.7	W 77, 06, 45.1	2250	SQbc06	N 01, 21, 40.5	W 77, 10, 23.3	1950
SQcr02	N 01, 30, 26.2	W 77, 06, 40.7	2286	SQbc07	N 01, 21, 40.7	W 77, 10, 26.3	1995
SQcr03	N 01, 33, 15.9	W 77, 07, 06.3	2077	SQsl01	N 01, 48956	W 77, 26686	1270
SQcr04	N 01, 33, 15.8	W 77, 07,05.4	2076	SQsl02	N 01, 51157	W 77, 23308	1965
SQcr05	N 01, 33, 16.9	W 77, 07, 05.6	2073	SQsl03	N 01, 51160	W 77, 23322	1988
SQcr06	N 01, 33, 43.2	W 77, 06, 53.3	1976	SQsl04	N 01, 50866	W 77, 25179	1812
SQcr07	N 01, 33, 46.3	W 77, 06, 50.1	1966	SQsl05	N 01, 50859	W 77, 25182	1807
SQcr08	N 01, 33, 45.9	W 77, 06, 50.4	1966	SQsl06	N 01, 50875	W 77, 25220	1808
SQsl07	N 01, 50886	W 77, 252443	1810				

Inoculación. Se realizó a los dos meses de edad. Se inocularon nueve plantas de cada genotipo a las cuales se les agregó una cantidad de 50 mililitros de suspensión con una cantidad total de 10.000 huevos de *Meloidogyne* spp. Esta solución fue aplicada en los primeros cinco centímetros del suelo de cada planta (Mañuzca y Varón, 2001). Se utilizaron tres plantas como testigo de cada genotipo, a las cuales se las inoculó con cincuenta mililitros de agua destilada (Lozada *et al.*, 2002).

Evaluación de las variables:

Incidencia. Para la evaluación de la incidencia, se observó durante dos meses el número de plantas afectadas de cada genotipo por *Meloidogyne* spp teniendo en cuenta la presencia de nudos en el tejido radicular, los resultados fueron expresados en porcentaje.

Severidad. Se determinó a los 60 días después de la inoculación (ddi) calificando al azar cuatro plantas inoculadas y dos testigos de cada genotipo usando la escala de infección radical propuesta por Taylor y Sasser (1983) (Fig.1).

Reacción del genotipo. La determinación de los diferentes grados de reacción se realizó tomando como referencia los grados de severidad calificados en los genotipos según la escala propuesta por Taylor y Sasser (1983) los cuales se articularon en una escala de reacción planteada por Sañudo *et al.* (2003), y Sharma *et al.* (2006). (Tab.2).

Altura. Con un metro se midió la altura de las plantas desde la base del tallo hasta el ápice, a los 60 días después de la inoculación.

Peso fresco. 60 días después de la inoculación, Raíz y tallo de cada planta, se lavaron y fueron pesadas en una balanza, tomando cuatro plantas inoculadas y dos plantas testigo de cada genotipo (Niño *et al.*, 2008).

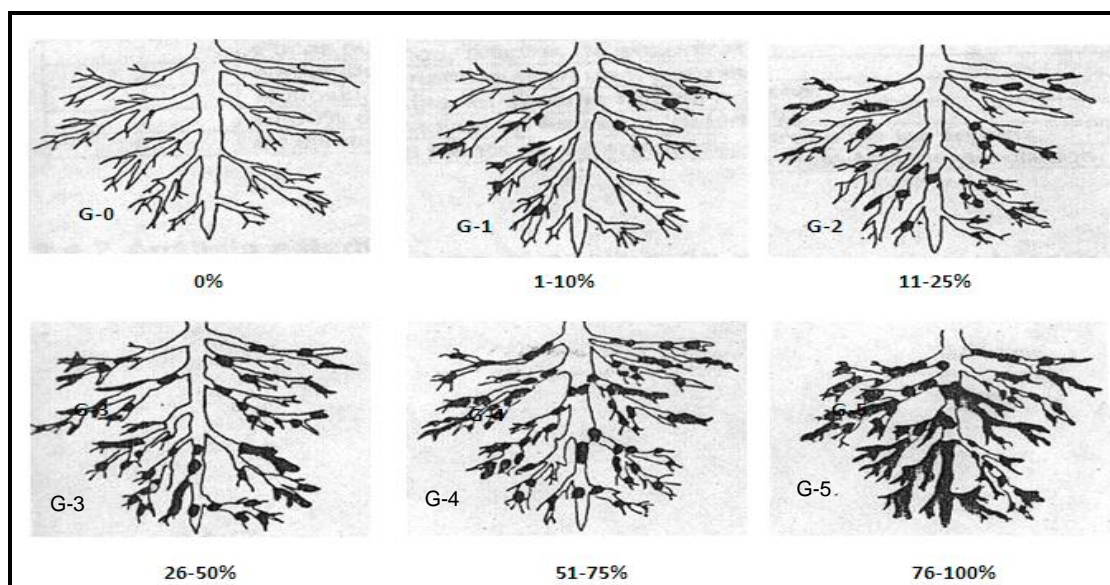


Figura 1. Escala cuantitativa de infección radical de (Taylor y Sasser, 1983)

Tabla2. Escala de Reacción (Sañudo *et al.*, 2003 y Sharma *et al.*, 2006).

Grados de afección	% de Afección	Reacción del genotipo
0	0 %	Inmune (I)
1	1 -10%	Resistente (R)
2	11 - 25%	Moderadamente resistente (MR)
3	26 - 50%	Moderadamente susceptible (MS)
4	51 - 75%	Susceptible (S)
5	76 - 100%	Altamente susceptible (AS)

Identificación de especies de *Meloidogyne spp.* Se realizó extrayendo hembras de raíces infectadas tomadas al azar en los genotipos. Estas fueron puestas en un portaobjetos con una gota de glicerina y una gota de agua, con la aguja de disección se sostuvo la hembra de la parte cefálica y con una cuchilla se hizo un corte transversal en la parte media del cuerpo, se dejó la región del ano y la vulva para su identificación (García y Obando 2005 y Sañudo *et al.*, 2003). Posteriormente con ayuda de una pajilla se removió los residuos de tejidos que quedaron al interior del cuerpo con el fin de identificar con mayor facilidad las líneas anales y vulvares (Cepeda, 2001). Sobre el corte se colocó un cubreobjetos extendiendo las paredes hacia fuera, tanto el cubre y porta objetos se sellaron con esmalte transparente (García y Obando, 2005).

Un total de 47 cortes se llevaron al microscopio y se compararon por medio de las claves de Taylor y Sasser (1983). Los patrones perineales obtenidos se observaron y compararon con los patrones determinantes para cada especie y posteriormente, se identificó la especie a la que correspondió cada corte, observando la forma, el tipo de arco dorsal, líneas de campo lateral y estrías de los patrones perineales en las hembras (Cepeda, 2001).

Análisis estadístico. Para valorar el efecto de la enfermedad sobre las variables evaluadas (Altura, peso fresco de raíz y tallo), se realizaron análisis de regresión lineal para determinar la dependencia entre las variables, planteándose las siguientes hipótesis, nula ($H_0 : \beta = 0$ No hay dependencia) y alterna ($H_a : \beta \neq 0$ hay algún grado de dependencia) además se utilizó el valor de ($Pr > F$) para establecer la significancia del modelo a una probabilidad ($P < 0.05$) y el coeficiente de determinación (R^2), para establecer el porcentaje del ajuste del modelo. Los análisis de regresión lineal se realizaron entre la severidad y las

variables mencionadas para un genotipo resistente, moderadamente resistente, susceptible y altamente susceptible, para contrastar la variación del efecto de la enfermedad en estas categorías (Pérez, 1985; Aballayd y Montedonico, 2001 y Sharma *et al.*, 2006). Utilizando el software estadístico S.A.S V 8.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Incidencia. A los 60 días después de la inoculación (ddi) se estableció que el 100% de los genotipos fueron afectados por *Meloidogyne* spp, lo cual indicó que no se presentó inmunidad en los genotipos. Sin embargo, se obtuvieron diferencias en la respuesta de cada uno. Resultados similares mencionan Sharma *et al.*, (2006) quienes evaluando 23 materiales de arveja (*Pisum sativum*) a *M. incognita*, encontraron 100 % de incidencia 45 ddi y distintos grados de reacción al nematodo, lo que permite establecer que los grados de reacción son causados por las características propias de cada material, la incidencia de *Meloidogyne* spp., puede ser explicada según lo planteado por Esmenjaud *et al.*, (1996) quienes mencionan que las larvas penetran en las raíces de plantas resistentes o susceptibles en números casi iguales, posterior a la penetración del nematodo la planta en interacción con el patógeno puede o no activar factores de resistencia. Los factores de resistencia tanto constitutivos como inductivos característicos de cada genotipo conducen a la reducción en el tiempo del factor de reproducción (Fr) del nematodo observándose variación en la respuesta.

Severidad. Los resultados de severidad 60 ddi indicaron variación en los grados de reacción de los genotipos evaluados (Tab.3), determinando que de los cuarenta y nueve genotipos evaluados ninguno fue catalogado como inmune (I), el 2.04 % fue resistente (R), el 34.7% fue moderadamente resistente (MR), el 42.85% moderadamente susceptible (MS), el 18.36% susceptible (S) y el 2.04% altamente susceptible (AS). Los genotipos de lulo comercial (*Solanum quitoense* L) al igual que los genotipos silvestres *S. mammosum*, *S. hirtum*, *S. marginatum* y *S. umbellatum*, presentaron distintos grados de respuesta a *Meloidogyne* spp., el 42.85% de los genotipos (21 genotipos), presentaron moderada susceptibilidad (26 – 50 % de severidad), lo que permite establecer una marcada sensibilidad de las especies evaluadas al nematodo.

Tabla 3. Índice de severidad y clasificación de la reacción de los genotipos evaluados.

Grados de afección	% de severidad	Genotipos clasificados	Reacción	Genotipos	%
0	0 %	0	Inmune	0	0
1	1-10%	SQbr05	Resistente	1	2.04
2	11 - 25%	SQsy06, SQcr010, SQun01 SQlf03, SQbr01 SQbc02 SQsy07, SQcr09, SQsl03 SQsl04 SQcr07, SQcr03 SQbr02, SQcr08, SQlf04 SQbr03, <i>S. hirtum</i>	Moderadamente Resistentes	17	34.7
3	26 - 50%	SQsy04, SQsy09, SQsy08 SQsy03, SQlf02 SQcr06 SQcr05, SQsy02, SQlf01 SQbc03 SQcr01, SQsl02 SQsl06, SQcr011 SQbr04 SQlf06 SQfl07, SQbc07 SQcr02, SQbc05 <i>S. umbellatum</i> .	Moderadamente Susceptibles	21	42.85
4	51 - 75%	SQbc04, SQbc06 SQsl05 SQcr04 SQfl05, SQsl07, SQsl01 SQbc01, <i>S. marginatum</i>	Susceptibles	9	18.36
5	76- 100%	<i>S. mammosum</i>	Altamente Susceptible	1	2.04

La respuesta de los materiales evaluados estableció variación en la reacción, categorizando materiales desde resistentes hasta altamente susceptibles, el genotipo SQbr05 (2.04%) fue catalogado como resistente por presentar baja severidad (1 – 10%) por el contrario el genotipo silvestre *S. mammosum* (2.04%) presentó alta severidad (76 – 100%).

La variación en la reacción en lulo (*Solanum quitoense* L) es reportada por Navarro (1970) quien en la evaluación de la reacción de 25 introducciones de lulo reportó una variada sensibilidad de la población evaluada al nematodo, por otra parte Navarro *et al.*, (1985) menciona que la expresión diferencial de la resistencia genética a *Meloidogyne incognita* es debida a características innatas de cada genotipo.

Estudios de reacción de otras especies a *Meloidogyne* spp. son reportados por Sharma *et al.*, (2006) quienes evaluaron la reacción de 23 materiales de arveja (*Pisum sativum*) a *M. incognita* 45 ddi encontrando 13% resistentes, 13% tolerantes, 39.13 % moderadamente resistentes, 30.43% moderadamente susceptibles y 4.34% susceptibles, estipulando que la variación de la reacción a *Meloidogyne* spp. en diferentes especies cultivadas depende de la expresión de mecanismos de defensa tanto constitutivos como inductivos los cuales se expresan diferencialmente dependiendo de la interacción entre el nematodo y el hospedante.

Según Camacho (1991) la ausencia en la expresión de mecanismos de respuesta es lo que determina inicialmente un abundante número de sitios de alimentación del nematodo, elevado número y tamaño de nudos, trayendo consigo una alta escala de infección radical. La activación y respuesta de estos mecanismos en el hospedante pueden alterar el desarrollo del nematodo en su estado de parasitismo impidiendo el ciclo de reproducción con la consecuente disminución de los sitios de alimentación, la escasa formación de nudos y una baja escala de infección radical.

En cuanto a la selección de genotipos con distintos grados de reacción, Hussey y Janssen (2004) mencionan que la determinación del índice de nudosidad (escala de infección radical) en la selección de genotipos resistentes en evaluaciones preliminares constituye una medida apropiada en cuanto se continúe con selecciones en evaluaciones que permitan determinar el factor de reproducción (Fr) del nematodo en los materiales seleccionados, además de conocer características de índole agronómica, en este sentido los materiales que presentaron baja escala de infección radical como resistentes y moderadamente resistentes pueden ser evaluados en campo buscando posibilidades de manejo de la enfermedad en zonas productoras con elevadas incidencias.

Altura. Los resultados para la variable altura (Fig.2) mostraron que la severidad (s) no causó efecto en la altura (h) de los genotipos clasificados como resistentes, moderadamente resistentes y susceptibles. Sin embargo, en genotipos clasificados como altamente susceptibles la enfermedad alteró esta variable, de esta forma el análisis de regresión lineal entre la severidad y la altura para el material *S. mammosum* (AS) permitió rechazar la

hipótesis nula ($H_0 : \beta = 0$), indicando que existe algún grado de dependencia entre estas variables, el coeficiente de determinación obtenido ($R^2 = 0.79$) permitió establecer un buen ajuste al modelo propuesto ($h = 38,779 - 0,0834 s$), demostrando que el 79% de la variación total de la altura del material *S. mammosum* se puede explicar por el efecto de la severidad de la enfermedad, el valor de ($Pr > F = 0.0166$) obtenido en el ANOVA de la regresión indicó que al variar la severidad de la enfermedad, el cambio en la altura es significativo.

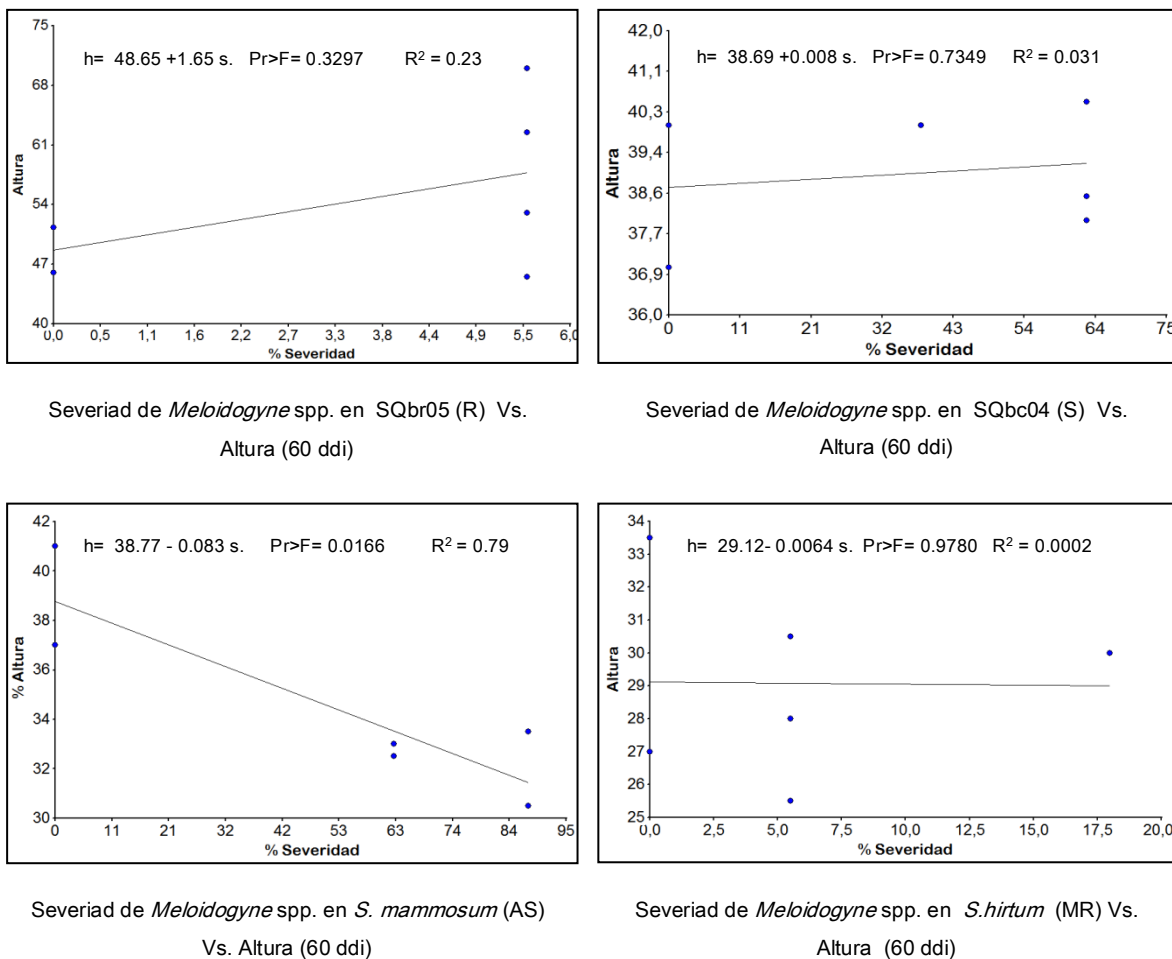


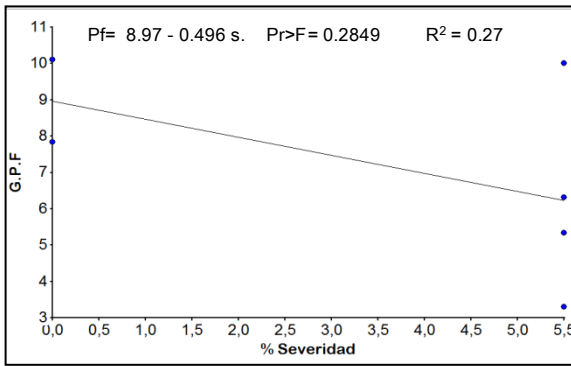
Figura 2. Efecto de la severidad de *Meloidogyne* spp. Sobre la altura (60 ddi) en SQbr05 (R), SQbc04 (S), *S. mammosum* (AS) y *S. hirtum* (MR).

El análisis de regresión lineal entre la severidad y al altura sesenta (ddi) para los materiales SQbr05 (R), *S. hirtum* (MR), SQbc04 (S), permitió rechazar la hipótesis nula, indicando que existe algún grado de dependencia entre estas variables, sin embargo los coeficientes de determinación obtenidos ($R^2 = 0.23, 0.0002, 0.031$) no permitieron establecer el ajuste a los

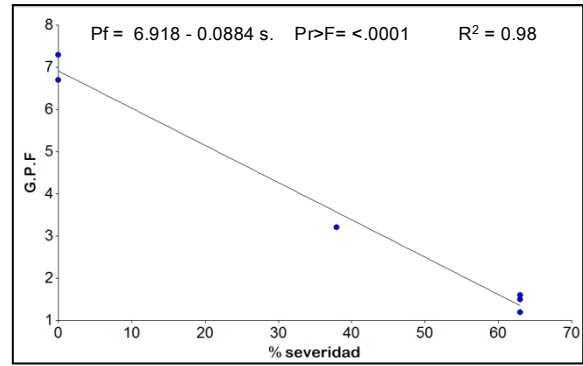
modelos propuestos respectivamente para los genotipos, puesto que demostraron únicamente el 23%, 0.02%, 3.1%, de la variación total de las alturas se explica por el efecto de la severidad de la enfermedad, los valores de $Pr>F= 0.3297, 0.9780, 0.7349$, obtenidos en los ANOVA de las regresiones indicaron que al variar la severidad de la enfermedad, el cambio en la altura no es significativo, indicando que en estos genotipos la altura no se ve afectada por la variación de la severidad de la enfermedad, estando la variación de la altura influenciada por efectos secundarios ajenos a la enfermedad.

Estos resultados concuerdan con los de Jarquin (1999) quien en una investigación orientada al manejo del nematodo en el cultivo de café (*Coffea arabica L.*), determinó que la altura de plantas de café 60 ddi, con *Meloidogyne incognita*, no se vio afectada en comparación con sus testigos, lo que indica que no hay un efecto depresivo de la altura en los hospedantes, a pesar del desarrollo de la infección en la parte radicular de la planta. Por otra parte, en materiales categorizados altamente susceptibles como *S. mammosum* si se presentó un efecto depresivo de la altura. En este sentido, se puede determinar que el nematodo causa daño suficiente para disminuir la altura en materiales que presenten una elevada severidad, puesto que disminuye la tasa metabólica del hospedante debido a la supresión de tejido radicular activo y a la interrupción mecánica del flujo de agua y nutrientes (Jacquet *et al.*, 2005).

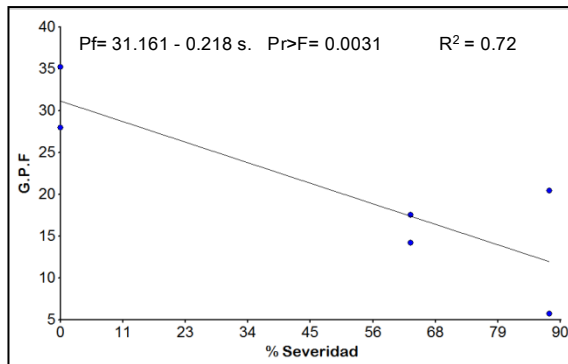
Peso fresco. Los análisis de regresión lineal entre el peso fresco raíz (Pf) y la severidad (s) (Fig.3) en los materiales SQbc04 (S) y *S. mammosum* (AS) permitió rechazar la hipótesis nula indicando que existe algún grado de dependencia entre estas variables en los genotipos mencionados, los coeficientes de determinación obtenidos ($R^2= 0.98$ y 0.72) permitieron establecer buenos ajustes a los modelos propuestos ($Pf= 6,9185 - 0,0884 s$ y $Pf=31,161 - 0,2182 s$), demostrando que el 98% y 72% de la variación total del peso fresco de raíz en estos genotipos se puede explicar por el efecto de la severidad de la enfermedad, los valores de $Pr>F= <0.0001$ y 0.0309 , obtenidos en los ANOVA de las regresiones de los genotipos indicaron que al variar la severidad de la enfermedad, el cambio en la altura es significativo.



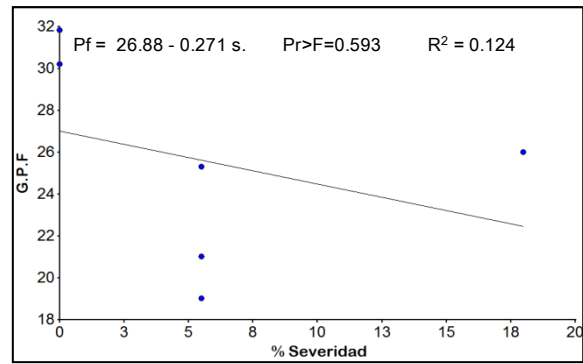
Severiad de *Meloidogyne* spp. en SQbr05 (R) Vs. Peso fresco raiz (60 ddi)



Severiad de *Meloidogyne* spp. en SQbc04 (S) Vs. Peso fresco raiz (60 ddi)



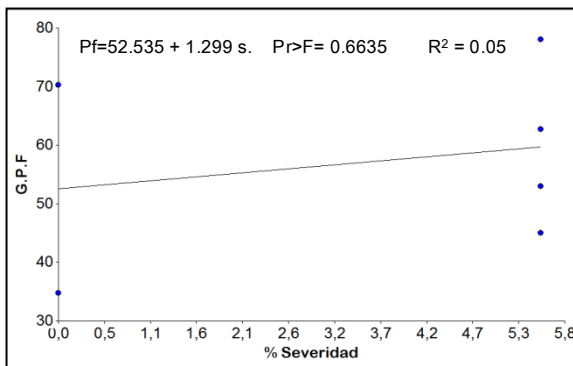
Severiad de *Meloidogyne* spp. en *S. mammosum* (AS) Vs. Peso fresco raiz (60 ddi)



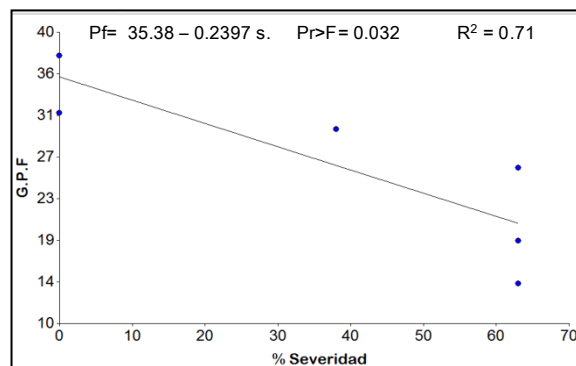
Severiad de *Meloidogyne* spp. en *S. hirtum* (MR) Vs. Peso fresco raiz (60 ddi)

Figura.3. Efecto de la severidad de *Meloidogyne* spp. Sobre el peso fresco de raíz (60 ddi) en SQbr05 (R), SQbc04 (S), *S. mammosum* (AS) y *S. hirtum* (MR).

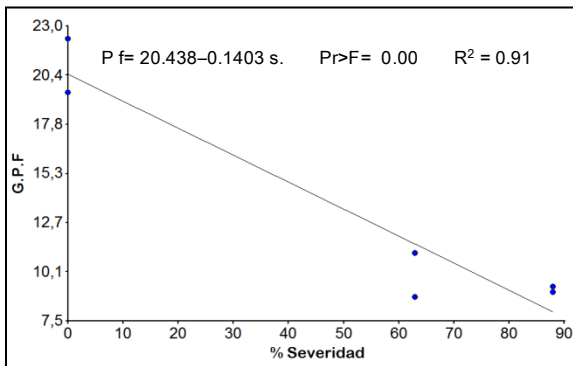
Para la variable peso fresco de tallo, los genotipos SQbc04 (S) y *S. mammosum* (AS), en el análisis de regresión lineal entre el peso fresco de tallo (Pf) y la severidad (S) (Fig.4) permitió rechazar la hipótesis nula, indicando que existe algún grado de dependencia entre estas variables en los genotipos mencionados, los coeficientes de determinación obtenidos ($R^2 = 0.71$ y 0.91), permitieron establecer buenos ajustes a los modelos propuestos ($Pf = 35.38 - 0,2397 S$ y $Pf = 20.438 - 0,1403 S$), demostrando que el 71% y 91% de la variación total del peso fresco de tallo en estos genotipos se puede explicar por el efecto de la severidad de la enfermedad, los valores de $Pr > F = 0.0327$, 0.0031 , obtenidos en los ANOVA de las regresiones de los genotipos indicaron que al variar la severidad de la enfermedad, el cambio en la altura es significativo.



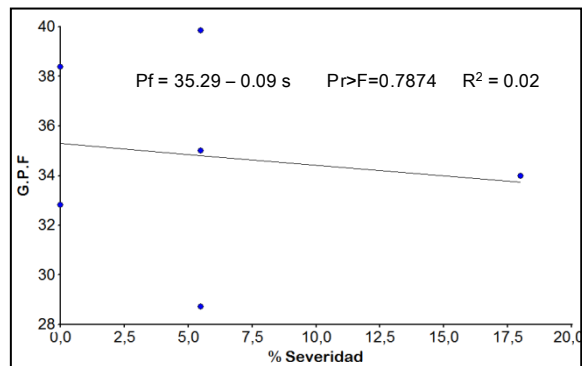
Severiad de *Meloidogyne* spp. en SQbr05 (R) Vs.
Peso fresco tallo (60 ddi)



Severiad de *Meloidogyne* spp. en SQbc04 (S) Vs.
Peso fresco tallo (60 ddi)



Severiad de *Meloidogyne* spp. en *S. mammosum* (AS)
Vs. Peso fresco tallo (60 ddi)



Severiad de *Meloidogyne* spp. en *S. hirtum* (MR) Vs.
Peso fresco tallo (60 ddi)

Figura 4. Efecto de la severidad de *Meloidogyne* spp. Sobre el peso fresco de tallo (60 ddi) en SQbr05 (R), SQbc04 (S), *S. mammosum* (AS) y *S. hirtum* (MR).

En contraste, los genotipos SQbr05 (R) y *S. hirtum* (MR) en los análisis de regresión lineal entre la severidad (s) y el peso fresco de raíz (Pf), y la severidad (s) y el peso fresco de tallo (Pf), sesenta (ddi) (Fig. 3 y 4) permitieron rechazar las hipótesis nulas, indicando que existe algún grado de dependencia entre estas variables en los genotipos. Sin embargo, los coeficientes de determinación obtenidos ($R^2= 0.27$ y 0.124), respectivamente para peso fresco de raíz y ($R^2= 0.05$ y 0.02), para peso fresco de tallo, no permitieron establecer el ajuste a los modelos propuestos para los puesto que demostraron únicamente el 27% y 12.4%, de la variación total del peso fresco de raíz y únicamente el 5% y 2 % de la variación total del peso fresco de tallo se explica por el efecto de la severidad de la enfermedad, los valores de $Pr>F= 0.2849$ y 0.593 , para peso fresco de raíz y $Pr>F= 0.6635$ y 0.7874 , para peso fresco de tallo obtenidos en los ANOVA de las regresiones indicaron que al variar la severidad de la enfermedad, el cambio en la altura no es significativo,

indicando que en estos genotipos tanto el peso fresco de raíz, como de tallo, no se ven afectados por la variación de la severidad de la enfermedad, estando la variación los pesos en fresco de raíz y tallo en estos genotipos influenciados por efectos secundarios ajenos a la enfermedad.

Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Sharma *et al.*, (2006) quienes encontraron coeficientes de determinación altos, pudiendo demostrar que el 94% y el 92% de la variación total del peso fresco y seco de materiales de arveja (*Pisum sativum*) se explica por el efecto del índice de nudosidad causado por *M. incognita*, indicando que el aumento de la acción parasitaria del nematodo está en capacidad de disminuir los pesos tanto de la zona de infección en este caso el tejido radicular y de componentes estructurales de la parte aérea tales como el tallo.

Factores de resistencia activados en genotipos resistentes y moderadamente resistentes dificultan el proceso de infección en estados como pre-penetración, penetración y reproducción impidiendo el acoplamiento en las células radicales y posteriormente los sitios de alimentación, lo que reduce significativamente la tasa de reproducción del nematodo Sañudo y Betancourth (2005). De la no alteración del proceso de absorción y adsorción de nutrientes esenciales y agua depende en gran medida el correcto funcionamiento fisiológico de la planta, en este sentido componentes de crecimiento de la planta como el peso de tallo y raíz continuaran su normal desarrollo y no serán afectados en sentido negativo, tal y como se observó en genotipos resistentes (SQbr05) y moderadamente resistentes *S. hirtum* (Fig.5).

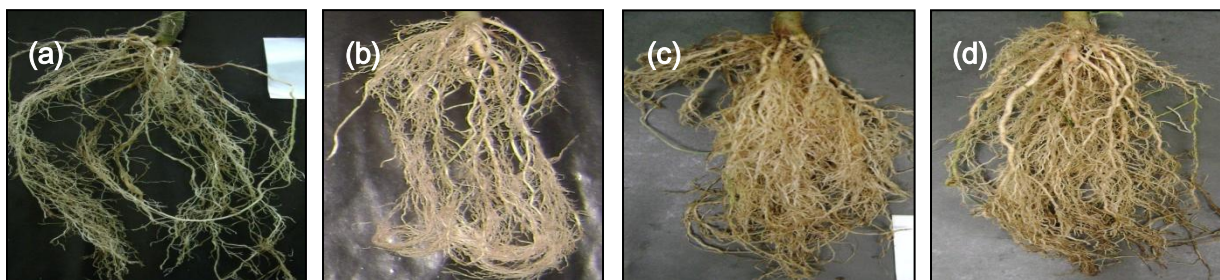


Figura 5. Severidad de *Meloidogyne* spp. en genotipos resistentes SQbr05 inoculado (a) testigo (b), y moderadamente resistentes *S. hirtum* inoculado (c), testigo (d)

La resistencia en materiales silvestres como *S.hirtum*, es mencionada por Lobo (2000), quien en investigaciones reportó a este material como resistente a *M. incógnita* raza 2, caso contrario la ausencia en la expresión de estos factores de resistencia marca un avanzado estado y alta tasa de reproducción del nematodo en el tejido radicular, alterando gravemente el proceso fisiológico de absorción y adsorción de nutrientes y agua afectando de manera negativa componentes de crecimiento tales como el peso del tallo y el peso de la raíz, disminución observada en los materiales catalogados como susceptibles (SQbc04) y altamente susceptibles (*S. mammosum*) (Fig.6).

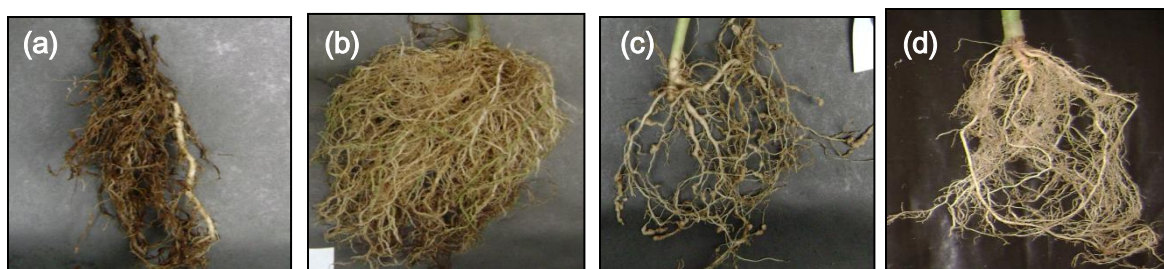


Figura 6. Severidad de *Meloidogyne* spp. en genotipos altamente susceptibles *S. mammosum* inoculado (a), testigo (b), SQbc04 inoculado (c), testigo (d)

La susceptibilidad de los hospedantes al nematodo puede ser explicada también desde el punto de vista poblacional del patógeno, investigaciones realizadas en materiales silvestres como *S. mammosum* a diferentes niveles poblacionales de *M. incognita*, reportaron que la susceptibilidad aumentó cuando este genotipo fue expuesto a un nivel de población alto (Gonzales *et al.*, 2010).

La resistencia a *Meloidogyne* spp. en hospedantes resistentes puede ser explicada desde la expresión de químicos biológicamente activos y metabolitos secundarios tales como alcaloides, terpenoides y fenilpropanoides, los cuales pueden actuar como atrayentes o repelentes, induciendo parálisis, reduciendo la incubación o causando hasta la muerte Wuyts (2006).

De la misma forma, en variedades resistentes de banano a *M. incognita* han registrado una mayor cantidad de fenilpropanoides en comparación con las variedades susceptibles, paredes celulares de raíces resistentes de estas variedades con niveles significativamente más altos de lignina y ésteres de ácido ferúlico, indicando las paredes celulares están mejor

equipadas para las alteraciones e incrementan la resistencia contra las enzimas hidrolíticas secretadas por los nematodos durante el proceso de infección. Wuyts (2006).

En variedades resistentes, la expresión del ácido salicílico AS, actúa como un elicitor que dispara los sistemas de señales de las células vegetales, induciendo la expresión de genes que trae como resultado la formación de una serie de proteínas PR, altos niveles de actividad de quitinasas y la producción de fitoalexinas Zinoveva *et al.*, (2001), Williamson y Gleason (2003).

La ausencia en la expresión de los mecanismos de resistencia del hospedante, induciendo elevada susceptibilidad es explicada por Robertson *et al.*, (1999), Robertson, (2000); Prior *et al.*, (2001), quienes mencionan en cuanto a los mecanismos de resistencia del hospedante, que probablemente el nematodo está en capacidad de alterar el funcionamiento bioquímico de la célula, suprimiendo o evadiendo paralelamente los mecanismos de defensa que logre activar el huésped, seguido de la generación de cambios en la expresión bioquímica, estos se acentúan en materiales susceptibles y altamente susceptibles Huang *et al.*, (2006), Wang *et al.*, (1999).

Por tanto posibles tipos de metabolitos secundarios al igual que concentraciones de AS probablemente están expresándose en los genotipos de *S. quitoense* que se catalogaron como resistentes y en genotipos silvestres moderadamente resistentes como *S. hirtum*, contraste con la ausencia parcial o completa de estos tipos de metabólicos secundarios y de elicitors de resistencia en genotipos susceptibles y altamente susceptibles.

Especies de *Meloidogyne* spp. Los resultados 60 ddi, indicaron que en los genotipos evaluados el 55% de las especies presentes del género *Meloidogyne* pertenecen a *M. incognita*, el 21% *M. arenaria*, 13% *M. hapla*, 9% *M. exigua*, y el 2% a *M. javanica*. (Fig.7).

Estos resultados concuerdan con los reportados por Garcia y Obando (2005), quienes en la identificación de especies del género *Meloidogyne* spp, en el cultivo del lulo en los municipios del norte de Nariño encontraron como especies de mayor frecuencia a *M. incognita*, con un total de 60.99%, *M. arenaria* 25.89%, *M. exigua* 4.61%, *M.hapla* 4.25%, considerando a *M. incognita* como la especie de mayor incidencia en el cultivo del

lulo en el departamento de Nariño, por otra parte Gaviria (2004), señala a *M. incognita* como la especie de mayor importancia gracias a su gran capacidad adaptativa a diferentes ecosistemas tanto en el tropico como en el subtropico.

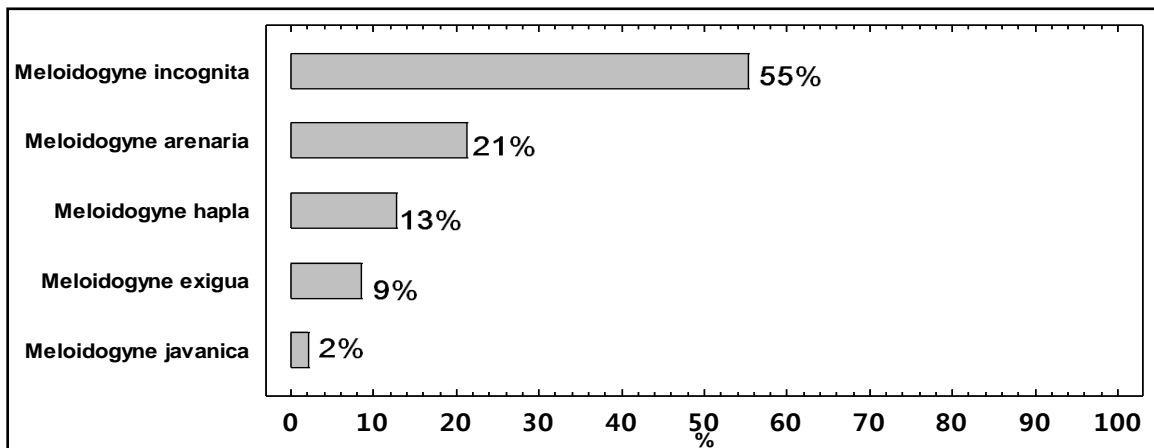


Figura 7. Presencia de especies de *Meloidogyne* spp. en lulo (*S. quitoense*) y especies relacionadas.

En cuanto a la capacidad reproductiva Lordello (1992) determino que las hembras de *M. incognita* producen un promedio de 800 huevos cada una llegando incluso hasta 2000 huevos en comparacion de las hembras de otras especies las cuales producian un promedio de 400 huevos cada una, explicando que la elevada tasa de reproduccion de *M. incognita* repercute en una alta presencia en los hospedantes susceptibles en comparación con especies del mismo género.

Conclusiones.

En la poblacion estudiada, no se encontraron genotipos inmunes, pero si resistentes hasta altamente susceptibles al ataque de *Meloidogyne* spp.

El nematodo no tiene efecto negativo en la altura, peso fresco de raiz y tallo sobre genotipos resistentes y moderadamente resistentes pero sí, en los genotipos susceptibles y altamente suceptibles.

M. incognita fue la especie de mas presencia en los genotipos evaluados en contraste con especies de menor presencia como *M. arenaria*, *M. hapla*, *M. exigua* y *M javanica*.

Bibliografía.

- Aballay E; y Montedónico G. 2001. Evaluación de la resistencia de trece portainjertos de vid a *Meloidogyne* spp. en una viña de seis años. Tesis de grado Universidad de Chile. Santiago de Chile. 29p.
- Bernal, J.; Lobo, M; Londoño, M. 1998. Documento de presentación del Material "lulo la selva". CORPOICA. Rionegro, Antioquia, Colombia. 77p.
- Caillaud, M.C., Dubreuil, G., Quentin, M., Perfus-Barbeoch, L., Lecomte, P., de Almeida Engler, J., Abad, P., Rosso, M.N., Favery, B. 2008. Root-knot nematodes manipulate plant cell functions during a compatible interaction. *Journal of Plant Physiology*, 165: 104-113.
- Camacho, R.V. 1991. Reacción de tres selecciones de batata a diferentes niveles poblacionales del nemátodo *Meloidogyne* incognita. Tesis de grado. Maracay, Ecuador, Universidad Central de Ecuador. 46 PP.
- Cabezas, M. and D. Novoa. 2000. Efecto de la remoción de hojas y frutos en la relación fuente demanda en lulo (*Solanum quitoense* Lam.). pp. 176-181. En: Memorias III Seminario Frutales de Clima Frío Moderado. Centro de Desarrollo Tecnológico de Frutales, CDTF, Manizales, Colombia.
- Cepeda Siller, Melchor. 2001. Nematodos de los frutales. Trillas. México. pág. 204.
- De Almeida Engler, J, De Vleeschauwer, V.V., Burssens, S., Celenza, Jr. J.L., Inze, D., Van Montagu, M., Engler, G., Engler, G. y Gheysen, G. 1999. Molecular markers and cell cycle inhibitors show the importance of cell cycle progression in nematode-induced galls and syncytia. *Plant Cell*, 11: 793-808.
- Esmenjaud, D. 1996. Portainjertos resistentes a nematodos. *Aconex* 51: 28-32.
- Estrada, E.I., H.E. García y M. García. 1986. Colección y establecimiento de un banco de germoplasma en lulo *Solanum quitoense* Lam. y especies relacionadas en el suroccidente colombiano. p. 25-27. En: Memorias III Seminario de Cultivos Promisorios. Universidad Nacional de Colombia, Medellín.
- Fontagro, IICA-prociandino. 2003. Manejo Integrado de Plagas para el mejoramiento de la producción sostenible de frutas en la Zona Andina, Informe Técnico Final. En: Memorias del; Seminario internacional "Manejo Integrado de plagas para el mejoramiento de la producción sostenible de frutas en la zona Andina" Medellín - Colombia.
- Franco, G., J. Bernal, J.L. Gallego, J.E. Rodríguez, N. Guevara, M. Giraldo y M. Londoño, 2002. Generalidades del cultivo del lulo. Asohofrucol, Corpoica, Fondo Nacional de Fomento Hortofrutícola, Bogotá, Colombia. 97 p.
- García, F; y Obando, B. 2005. Reconocimiento de especies de *Meloidogyne* en tomate de árbol (*Solanum betaceum cav sent*) y lulo (*Solanum quitoense* L) en la zona Norte del departamento de Nariño. Tesis Ingeniero Agrónomo. Pasto. Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas. Pág. 62.
- Gaviria, B. 2004. Identificación de especies de *Meloidogyne* spp, asociadas con los cultivos de tomate de árbol, lulo y granadilla en Colombia. En: Revista Universidad Católica de Oriente N° 18, 2004. P 53 – 65.
- Gonzales, F., Gomez, L., Rodríguez, M., Piñon, M., Casanova, A., Gomez, O. y Rodríguez, I. 2010. Respuesta de genotipos de Solanáceas frente a *Meloidogyne incognita* (kofoid y white) chitwood raza 2 y *m. arenaria* (neal) chitwood. *Rev. Protección Veg.* Vol. 22 No. 1.
- Heiser, C. 1993. The naranjilla (*Solanum quitoense* L), the cocona (*Solanum sessiliflorum*), and they hibrid. Gene conservation and exploitation. Edited by J.P Gusta fon et al., Plenum Press, New York. P 29-34.
- Huang, G., Dong, R., Allen, R., Davis, E.L., Baum, T.J. y Hussey, R.S. 2006. A root-knot nematode secretory peptide functions as a ligand for a plant transcription factor. *Molecular Plant-Microbe Interactions* 19, 463-470.

Hussey, R.S. y Janssen, G.J.W. 2004. Root-knot Nematode *Meloidogyne* Species. In: Starr, J.L., Cook, R., Bridge, J. (Eds.), Plant Resistance to Parasitic Nematodes. CABI Publishing, New York, p.43-70.

Jacquet M, Bongiovanni M, Martinez M, Verschave P, Wajnberg E, y Castagnone-Sereno P. 2005. Variation in resistance to the root-knot nematode *Meloidogyne incognita* in tomato genotypes bearing the *Mi* gene. *Plant Pathology*. 2005;54:93-99.

Jarquín A. 1999. Efecto de diferentes coberturas vivas sobre *Meloidogyne incognita* Kofoid y White (1919); y el desarrollo de plántulas de café (*Coffea arabica* L.). Universidad centro americana; Facultad de tecnología y ciencia del ambiente. Managua – Nicaragua. 81p.

Karssen, G. y Moens, M. 2006. Root-knot nematodes. (R.N. Perry, M. Moens, eds.). *Plant Nematology*. CABI publishing, Wallingford, U.K., pp. 59-90.

Lobo, M. 2000. Papel de la variabilidad genética en el desarrollo de los frutales andinos como alternativa productiva. En: Memorias. 3er Seminario de Frutales de Clima Frío Moderado. Centro de Desarrollo Tecnológico de Frutales, Manizales, Noviembre 15 al 17 de 2000. pp. 27-36.

Lobo, M. 2004. Recursos genéticos de especies frutales. En: Memorias VIII Congreso venezolano de fruticultura. Maracaibo, Venezuela, 6 – 9 julio. P. 1-13

Lora, D. 2006. Evaluación de los hongos *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* y *Paecilomyces lilacinus* en el control de *Meloidogyne* spp, en lulo (*Solanum quitoense*) y tomate de árbol (*Solanum betaceum*). Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad de Nariño, Facultad de Ciencia Agrícolas, Pasto: 2006. Pág. 79.

Lordello, L. 1992. Nematodides das plantas cultivadas. 8ed. Sao paulo: Nobel S.A.. 314p.

Lozada, S; Varon, F; y Gomez, E. 2002. Nematodos asociados al tomate de árbol (*Solanum bataveum*) en el Valle del Cauca. En: Revista de la Asociación Colombiana de Fitopatología y Ciencias Afines. ASCOLFI. Vol. 26 No 2. Cali: 2002. Pág. 93-98.

Mañuzca, A; y Varon, F. 2001. Identificación y evaluación de organismos fungosos como posibles agentes biocontroladores de *Meloidogyne* spp. En: Revista de la Asociación Colombiana de Fitopatología y Ciencias Afines ASCOLFI. Vol. 25 No 1. Cali. Pág. 33-37.

Navarro, R. 1970. Reacción de 25 introducciones de lulo (*Solanum* sp.) al nematodo del nudo radical. *Nematropica* 1:5.

Navarro, R., Tamayo, P. y Lobo, M. 1985. Resistencia Genética a *Meloidogyne incognita* en lulo. *ASCOLFI informa* 11(4):32-34.

Navarro, R. y Puerta, O. 1985. Portainjertos para Lulo y Tomate de árbol. En: *Ascolfi informa*. Cali. 11 (3): 20 - 22)

Niño, N; Arbeláez, G y Navarro, R. 2008. Efecto de diferentes densidades poblacionales de *Meloidogyne hapla* sobre uchuva (*Physalis peruviana* L.) en invernadero. En: *Agronomía Colombiana* Vol. 26. No 1. Bogotá.

Perez, J. 1985. Patogenicidad causada por *Meloidogyne incognita* sobre *Phaseolus aureus* en Cuba. Instituto de investigaciones de sanidad vegetal. *Ciencia y tecnología en la agricultura: Protección de plantas*. v. 8(4) p. 73-77.

Prior, A., Jones, J.T., Blok, V.C., Beauchamp, J., McDermott, L., Cooper, A. y Kennedy, M.W. 2001. A surface-associated retinol- and fatty acid-binding protein (Gp-FAR-1) from the potato cyst nematode *Globodera pallida*: lipid binding activities, structural analysis and expression pattern. *The biochemicall journal* 356, 387-394.

- Robertson, L., Robertson, W.M., Sobczak, M., Helder, J., Tetaud, E., Ariyanayagam, M.R., Ferguson, M.A., Fairlamb, A. and Jones, J.T. 2000. Cloning, expression and functional characterisation of a peroxiredoxin from the potato cyst nematode *Globodera rostochiensis*. *Molecular and Biochemical Parasitology* 111, 41-49.
- Robertson, L., Robertson, W.M. and Jones, J.T. 1999. Direct analysis of the secretions of the potato cyst nematode *Globodera rostochiensis*. *Parasitology* 119,167-176.
- Sañudo, B; y Betancourth, C. 2005. Fundamentos de Fitomejoramiento. Universidad de Nariño. Pasto. Pág.150.
- Sañudo B, Betancourth C, y Salazar C, 2003. Principios de nematología agrícola. Universidad de Nariño, Pasto.
- Sharma, A., Haseeb, A. y Abusar, S., 2006. Screening of field pea (*Pisum sativum*) selections for their reactions to root-knot nematode (*Meloidogyne incognita*). *J Zhejiang Univ SCIENCE B*, 7(3):209-214.
- Tamayo, P. 2001. Principales enfermedades del tomate de árbol, la mora y el lulo en Colombia. Corporación colombiana de investigación agropecuaria, Corpoica, Regional 4, centro de investigación "la selva" Rionegro. Antioquia. Boletín técnico 12: 44p
- Tamayo, P; Navarro, R y De la rotta, M. 2003. Enfermedades del cultivo del lulo en Colombia En: Boletín Técnico No 18 Guía de diagnostico y control. 2 ed. Rionegro, Antioquia: CORPOICA. p.48.
- Taylor A. y Sasser J. 1983. Identificación y control de los nematodos de nódulo de la raíz (Especies de *Meloidogyne*). Proyecto internacional de *Meloidogyne* (MIP). Departamento de Fitopatología – Universidad del Estado de Carolina del norte – EEUU. P 89 – 95.
- Trudgill DL y Blok VC. 2001. Apomictic, polyphagous rootknot nematodes: exceptionally successful and damaging biotrophic root pathogens. *Annu Rev Phytopathology*. 39:53-77.
- Vanholme, B., De Meutter, J., Tytgat, T., Van Montagu, M., Coomans, A. y Gheysen, G. 2004. Secretions of plant-parasitic nematodes: a molecular update. *Gene*, 332: 13-27.
- Vovlas, N., Rapoport, H.F., Jiménez Díaz, R.M. y Castillo, P. 2005. Differences in feeding sites induced by root-knot nematodes, *Meloidogyne* spp., in chickpea. *Phytopathology*, 95: 368-375.
- Wang, X., Meyers, D., Yan, Y., Baum, T., Smant, G., Hussey, R. and Davis, E. 1999. In planta localization of a beta-1,4-endoglucanase secreted by *Heterodera glycines*. *Molecular Plant-Microbe Interactions* 12, 64-67.
- Williamson, V.M. y Gleason, C.A. 2003. Plant-nematode interactions. *Current Opinion in Plant Biology*, 327-333.
- Wuyts, N. 2006. Interacción entre los nematodos fitoparásitos y el metabolismo secundario de las plantas, con énfasis en los fenilpropanoides en las raíces. En *Infomusa*. 15: 43-44.
- Zinoveva SV, Perekhod EA, Il'ina AV, Udalova ZhV, Gerasimova NG, Vasyukova NI. 2001. PR Proteins in Plants Infested with the Root-Knot Nematode *Meloidogyne incognita* (Kofoid et White, 1919) Chitwood 1949. *Doklady Biological Sciences*.379:393-395.