

**REACCIÓN DE DIFERENTES MATERIALES DE LULO
(*Solanum quitoense*) AL ATAQUE DE *Fusarium oxysporum***

**CARLOS ALBERTO NARVÁEZ ZAMBRANO
MARLY ROCÍO ZAMBRANO PINEDA**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS
INGENIERÍA AGRONÓMICA
PASTO – COLOMBIA
2006**

**REACCIÓN DE DIFERENTES MATERIALES DE LULO
(*Solanum quitoense*) AL ATAQUE DE *Fusarium oxysporum***

**CARLOS ALBERTO NARVÁEZ ZAMBRANO
MARLY ROCÍO ZAMBRANO PINEDA**

**Trabajo de Grado presentado como requisito parcial para optar al título de
INGENIERO AGRÓNOMO**

**Presidente de Tesis
I.A., M.Sc. CARLOS ARTURO BETANCOURTH GARCÍA**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS
INGENIERÍA AGRONÓMICA
PASTO – COLOMBIA
2006**

“Las ideas y conclusiones aportadas en la tesis de grado, son responsabilidad exclusiva de sus autores”.

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

Nota de aceptación:

Jurado

Jurado

Presidente

San Juan de Pasto, febrero 2006

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a:

Dr. CARLOS BETANCOURTH GARCÍA. I.A., M.Sc. Director Dpto. Producción y Sanidad Vegetal Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño.

Dra. CLAUDIA SALAZAR GONZÁLEZ. I.A., M.Sc. Docente Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño.

Dr. GERMÁN ARTEAGA MENESES. I.A., M.Sc. Decano Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño.

Dr. JAIME BENAVIDES PAZMIÑO. I.A., M.Sc. Funcionario Instituto Colombiano Agropecuario.

Dr. BENJAMÍN SAÑUDO SOTELO. I.A. Docente Jubilado Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño.

Dr. LUIS EDUARDO VICUÑA. I.A. Docente Jubilado Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño.

Dr. TULIO CÉSAR LAGOS. I.A., M.Sc. Docente Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño

Dr. ALVARO CASTILLO MARÍN. I.A. Esp. Secretario Académico Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño.

Sr. CARLOS NARVÁEZ MORA. T.A.

Todas las personas que de una u otra forma contribuyeron en la realización del presente trabajo.

DEDICATORIA

A:

Dios, por su eterno amor.

Mis padres, por su ejemplo, generosidad y constante apoyo.

Carlos Alberto, por su ánimo y motivación para la culminación de este trabajo

Mis hermanos, por su gran cariño.

Mis familiares y amigos, por su ayuda en todo momento

Marly Rocío Zambrano Pineda

A:

Dios, por todas sus bendiciones.

Mis padres, por su ejemplo, sacrificio y apoyo

Mi hermano, por su entrañable afecto

Marly, por compartir este logro conmigo y ser parte fundamental para alcanzarlo.

Todos mis familiares y amigos, por su confianza y amistad sincera.

Carlos Alberto Narváez Zambrano

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	19
1. MARCO TEÓRICO	20
1.1 ORIGEN	20
1.2 TAXONOMÍA	20
1.3 VARIABILIDAD GENÉTICA	20
1.3.1 <i>Solanum candidum</i> Lindl. (<i>S. tequilense</i> Fern.)	21
1.3.2 <i>Solanum pectinatum</i> Dun. (<i>S. hirsutissimum</i> Stand	22
1.3.3 <i>Solanum pseudolulo</i> Heiser	22
1.3.4 <i>Solanum sessiliflorum</i> Dun. (<i>S. topiro</i> Dun.)	22
1.3.5 <i>Solanum stramonifolium</i> Jacq	22
1.3.6 <i>Solanum vestissimum</i> Dun	22
1.3.7 <i>Solanum hirtum</i> Vahl	22
1.3.8 <i>Solanum hiporhodium</i>	22
1.3.9 <i>Solanum marginatum</i>	23
1.4 ENFERMEDADES	23
1.4.1 Pudrición algodonosa	23
1.4.2 Amarillamiento, Fusariosis o Marchitez Vascular	25
1.4.3 Antracnosis del fruto	26
1.4.4 Gota	28
1.4.5 Mona	29

1.4.6 Mancha negra de los tallos	30
1.4.7 Marchitez bacterial	30
1.4.8 Cáncer bacterial	31
1.4.9 Virus del amarillamiento intervenal	32
1.4.10 Nudo radical	33
1.5 FUSARIUM OXYSPORUM	34
1.5.1 Condiciones favorables	36
1.5.2 Sintomatología	36
1.5.3 Morfología	37
2. DISEÑO METODOLÓGICO	39
2.1 LOCALIZACIÓN	39
2.2 DESCRIPCIÓN DE SÍNTOMAS EN CAMPO	39
2.3 RECOLECCIÓN DE MUESTRAS	39
2.4 TRANSPORTE DE MUESTRAS	39
2.5 AISLAMIENTO, PURIFICACIÓN E IDENTIFICACIÓN DEL HONGO	39
2.5.1 Aislamiento	39
2.5.2 Purificación	40
2.5.3 Identificación	40
2.6 EVALUACIÓN DE LOS DIFERENTES MATERIALES DE LULO EN SU REACCIÓN A LA INOCULACIÓN CON EL HONGO	40
2.6.1 Obtención y multiplicación del material vegetal	40
2.6.2 Inoculación	43
2.6.3 Evaluación de los materiales	43

2.6.4 Reaislamiento	44
2.6.5 Inoculación de los diferentes aislamientos del hongo	44
2.6.6 Siembra de materiales resistentes en condiciones de campo y obtención de semilla	44
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	45
3.1 DESCRIPCIÓN DE SÍNTOMAS EN CAMPO	45
3.2 AISLAMIENTO, PURIFICACIÓN E IDENTIFICACIÓN DEL HONGO	48
3.2.1 Aislamiento	48
3.2.2 Purificación	48
3.2.3 Descripción de colonias	48
3.2.4 Identificación	51
3.3 EVALUACIÓN DE LOS DIFERENTES MATERIALES AL EFECTO DEL HONGO <i>Fusarium sp.</i>	52
3.3.1 Material vegetal	52
3.3.2 Descripción general de síntomas recuperados en condiciones de invernadero	59
3.3.3 Reaislamiento	61
3.3.4 Inoculación de los diferentes aislamientos del hongo	61
4. CONCLUSIONES	62
5. RECOMENDACIONES	63
BIBLIOGRAFÍA	64

LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Materiales de lulo colectados en el norte de Nariño	41
Cuadro 2. Materiales de lulo colección Facultad de Ciencias Agrícolas (Universidad de Nariño)	42
Cuadro 3. Resultados	58

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Material vegetal en invernadero	42
Figura 2. Inoculación por inyección	43
Figura 3. Amarillamiento y marchitez en hojas de plantas afectadas	45
Figuras 4. Corte transversal de tallo donde se observa el anillo necrosado en los haces vasculares	46
Figura 5. Corte transversal de pecíolos donde se observa el anillo necrosado en los haces vasculares	46
Figura 6. Marchitez generalizada y muerte de la planta	48
Figura 7. Colonia rosada de <i>Fusarium sp.</i>	49
Figura 8. Colonia blanca – púrpura de <i>Fusarium sp.</i>	49
Figura 9. Colonia blanca de <i>Fusarium sp.</i>	50
Figura 10. Colonia crema de <i>Fusarium sp.</i>	50
Figura 11. Estructuras del hongo observadas al microscopio de luz – fiálides y conidias (aumento 10x)	51
Figura 12. Estructuras del hongo observadas al microscopio de luz – micelio y clamidosporas (aumento 40x)	52
Figura 13. Síntomas iniciales en invernadero - clorosis y caída de hojas	52
Figura 14. Síntomas avanzados - marchitamiento generalizado y muerte de la planta	53
Figura 15. Secamiento total de plantas susceptibles	53
Figura 16. Aspecto de plantas resistentes a la inoculación del patógeno	55
Figura 17. <i>Solanum sessiliflorum</i>	56

Figura 18. <i>Solanum hirtum</i>	56
Figura 19. <i>Solanum marginatum</i>	57
Figura 20. Comparación entre planta susceptible inoculada y testigo	60

GLOSARIO

AISLAMIENTO: proceso mediante el cual, a partir de tejido infectado, se obtienen colonias fungosas o bacteriales por siembra en medios de cultivos adecuados.

CLAMIDOSPORA: espora asexual de pared gruesa que se forma por la modificación de una célula de las hifas de un hongo.

CLOROSIS: amarillamiento de los tejidos normalmente verdes, debido a la destrucción de la clorofila o a la imposibilidad de sintetizarla.

CONIDIA: espora asexual de un hongo formada en el extremo de un conidióforo, características de la subdivisión deuteromycotina.

CONIDIÓFORO: hifa especializada sobre la cual se forman una o más conidias.

ESPORODOQUIO: estructura fructífera que consta de un racimo de conidioforos entretreídos que forman una masa de hifas.

FIÁLIDE: tipo de célula conidiógena que produce conidias blásticas de una manera basípeta, sin un aumento detectable de su longitud.

HALINO: relativo al carácter incoloro de las estructuras de los hongos.

HIFA: ramificación simple de un micelio.

INCUBACIÓN: periodo comprendido entre la inoculación y la aparición de síntomas.

INCIDENCIA: relación porcentual entre el número de plantas afectadas por un patógeno y el número total de plantas.

INFECCIÓN: establecimiento de un parásito dentro de una planta hospedante.

INOCULACIÓN: arribo o transferencia de un patógeno sobre su hospedante.

INÓCULO: mínima unidad infectiva (propágulo que inicia con una infección).

MEDIO DE CULTIVO: medio nutritivo preparado en el que se cultivan microorganismos o células vegetales.

MICELIO: conjunto de filamentos o hifas que forman un cuerpo o soma de un hongo.

PATOGENICIDAD: capacidad que tiene un patógeno para producir enfermedad.

PATÓGENO: entidad que causa enfermedad.

PENETRACIÓN: invasión inicial de un hospedante por un patógeno.

PURIFICACIÓN: proceso en el que se obtiene colonias individuales puras de un microorganismo, mediante repetidas siembras en medio de cultivo adecuado.

RESISTENCIA: capacidad que tiene un organismo para superar, totalmente o hasta cierto grado, el efecto de un patógeno u otro factor perjudicial.

SAPRÓFITO: organismo que obtiene sus nutrientes a partir de la materia orgánica muerta.

SÍNTOMA: reacciones o alteraciones internas y externas que sufre una planta como resultado de su enfermedad.

SISTÉMICO: que se difunde internamente por toda la planta; dicese de un patógeno o un compuesto químico.

SUSCEPTIBILIDAD: incapacidad de una planta para resistir el efecto de un patógeno u otro factor perjudicial.

VASCULAR: término que se aplica a un tejido vegetal o a una zona que presenta tejidos conductores; se aplica también a un patógeno que se desarrolla principalmente en los tejidos conductores de una planta.

RESUMEN

En el departamento de Nariño, una de las enfermedades mas limitantes del cultivo del lulo (*Solanum quitoense*), es el amarillamiento y marchitamiento por pudrición vascular y radical causado por el hongo *Fusarium sp.*

Debido al incremento en la incidencia de esta enfermedad y a la ausencia de técnicas de manejo eficiente se planteó la presente investigación con el fin de evaluar la reacción de diferentes materiales de lulo al ataque del patógeno, buscando encontrar fuentes de resistencia o tolerancia a este disturbio.

Se hicieron recorridos en campo en las zonas productoras del norte del departamento, para recolectar muestras de tejido afectado de plantas sintomáticas y además, obtener semilla proveniente de plantas que no presentaron síntomas en lotes comerciales atacados por *Fusarium sp.* De esta forma, se colectaron 25 materiales de la variedad Castilla, los cuales fueron evaluados junto con 12 materiales de la colección de la Facultad de Ciencias Agrícolas (Universidad de Nariño).

En laboratorio se aislaron cuatro colonias diferentes del hongo, de las cuales inicialmente se utilizó la colonia de color rosado por ser la colonia típica del hongo y porque se aisló en mayor número a partir del tejido afectado recolectado en campo, para inocular mediante el método de inyección en la base del tallo, a todos los materiales obtenidos sembrados en condiciones de invernadero. Las plantas que permanecieron sanas o sin presentar síntomas avanzados de la enfermedad se inocularon nuevamente para comprobar su reacción y finalmente en los materiales que sobrevivieron se estudió la virulencia de los restantes aislamientos del hongo.

Se determinó que los materiales correspondientes a las especies *Solanum sessiliflorum*, *Solanum hirtum* y *Solanum marginatum* presentaron resistencia a la inoculación del patógeno, debido a que no se observaron síntomas de la enfermedad en ninguna de las evaluaciones realizadas.

ABSTRACT

In the department of Nariño; one of the most limiting disease of green orange (*Solanum quitoense*) crop, is the yellowish and wilt by vascular and radical rot caused by *Fusarium sp.*

The present research was stated due to the increase of the disease incidence and the lack of efficient management techniques. In order to test the reaction of different green orange materials inoculated with pathogen to find resistance or tolerance sources to this disease.

Field trips were done in northern producer areas of the Nariño department to collect some affected tissue samples from symptomatic plants, and, to obtain seeds proceeding from not present symptoms plants in commercial plots which were attacked by *Fusarium sp.* This way 25 – Castilla variety material were collected and tested along with 12 materials from Faculty of Agricultural Sciences' collection (University of Nariño).

Four – different colony of this fungus was isolated in the laboratory. At first the pink colony was used because it is the typical fungus colony, and, besides it was isolated in a higher quantity from affected tissue collected in field. This colony was used to inoculate, through the injection method in the stem base every material obtained and grown in greenhouse conditions. Those plants which remained healthy or with out present symptoms from the disease, were inoculated again to test their reaction. Finally, in those surviving materials, the virulence of remaining isolations of this fungus was studied.

It was determined that materials related to *Solanum sessiliflorum*, *Solanum hirtum* and *Solanum marginatum* species showed to be resistant to the pathogen inoculation since no symptoms of this disease were presents in any of the evaluations.

INTRODUCCIÓN

Gaviria y Chaves afirman que: “El lulo (*Solanum quitoense* L.), es una de las frutas andinas con mayor potencialidad, dada su amplia aceptación en los mercados nacionales, por la calidad de sus frutos, valor nutritivo y múltiples usos en la agroindustria. Igualmente la fruta ha sido considerada como un producto promisorio para los mercados internacionales”¹.

Según datos de la Secretaría de Agricultura y Medio Ambiente², en nuestro departamento este cultivo se ha incrementado en los últimos años en el área sembrada por su importancia económica, encontrándose como los municipios más productores a: San José de Albán, San Pedro de Cartago, La Unión, Colón, Buesaco, Taminango, El Tambo, San Lorenzo, Cumbal, Ancuya y Arboleda entre otros, alcanzando en el año 2004 un total de 612 hectáreas sembradas y una producción aproximada de 3.016 toneladas para las 439 hectáreas cosechadas con un rendimiento promedio de 6.8 t/ha.

De acuerdo con Burbano y Gaviria³ en cuanto a la parte sanitaria del cultivo, en Nariño, se viene presentando un amarillamiento y marchitamiento por pudrición vascular y radical, ocasionado por *Fusarium sp.* Los mismos autores señalan que esta enfermedad ha incrementado su incidencia, sin que hasta el momento se haya diseñado una estrategia de manejo eficiente.

Con estos antecedentes se planteó la presente investigación con el objetivo principal de buscar fuentes de resistencia o tolerancia a la enfermedad, determinando la reacción de diferentes materiales de lulo a la inoculación con *Fusarium oxysporum*, y evaluando la virulencia de los aislamientos del hongo en los materiales resistentes o tolerantes para comprobar su reacción, dando así la posibilidad de establecer propuestas de mejoramiento o manejo de la enfermedad.

¹ GAVIRIA, Ovidio y CHAVES, Julio. Estudio agroeconómico del cultivo del lulo (*Solanum quitoense*) en el municipio de San Lorenzo, departamento de Nariño. Pasto, 2000, p. 1. Trabajo de Grado (Ingeniero Agrónomo). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas.

² SECRETARIA DE AGRICULTURA Y MEDIO AMBIENTE. Consolidado agropecuario, acuicola y pesquero. Pasto : s.n., 2004. p. 57.

³ BURBANO, Jesús y GAVIRIA, Walter. Etiología de problemas radicales de lulo (*Solanum quitoense*) en la zona norte del departamento de Nariño. Pasto, 2004. p. 31-51. Trabajo de Grado (Ingeniero Agrónomo). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas.

1. MARCO TEÓRICO

1.1 ORIGEN

Según Angulo⁴ el lulo *Solanum quitoense* es una planta originaria de los bosques húmedos de la región tropical, del oriente y occidente de la cordillera de los Andes entre 1.200 y 2.500 msnm., ubicados en Perú, Ecuador y Colombia, con un amplio rango de distribución desde Chile hasta México.

1.2 TAXONOMÍA

Pastrana afirma que: “El lulo pertenece a la familia de las solanaceas, una de las familias vegetales de gran dominancia en la flora del Ecuador, Colombia, Venezuela, Perú y Bolivia; y es una de las doce especies de la sección Lasiocarpa del género *Solanum*”⁵.

De acuerdo con el Sistema de Información para la Conservación, el lulo se clasifica de la siguiente forma:

Reino: Vegetal
División: Magnoliophyta
Clase: Magnoliopsida
Orden: Solanales
Familia: Solanaceae
Género: *Solanum*
Especie: *Solanum quitoense*⁶

1.3 VARIABILIDAD GENÉTICA

Castañeda afirma que: “La variación genética en *Solanum quitoense* parece ser mínima, aunque se conocen formas con y sin espinas, y en la forma sin espinas hay dos clases: la dulce y la agria”⁷. Sin embargo, Sañudo *et al.*, manifiestan que “Del tipo de lulo con espinas, cuyo fruto es ácido; pueden encontrarse variaciones

⁴ ANGULO, Rafael. Frutales exóticos de clima frío. Colombia : Bayer CropScience, 2003. p. 50.

⁵ PASTRANA, E. El manejo post-cosecha del lulo (*Solanum quitoense* Lam). Bogotá : SENA, 1998. p. 28.

⁶ SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA LA CONSERVACIÓN. Características taxonómicas de: *Solanum quitoense* Lam. [en línea]. Medellín: Universidad de Antioquia. 2004 [citado 23 jun., 2005]. Disponible en Internet:<URL:http://www.conservacion.info/resultados_generales.php?sic_id=3566>.

⁷ CASTAÑEDA, Héctor. El lulo o naranjilla : su cultivo, su conservación. Pereira, Colombia : Ediciones Tecnológicas, 1992. p. 11-12.

interesantes, aún en una misma plantación, en cuanto a la cantidad, tamaño y color de pulpa de los frutos”⁸.

La Corporación Colombiana Internacional, sostiene que: “Tanto el INIAP, Ecuador, como la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, disponen de semilla de variedades mejoradas que, de manera genérica, se denominan como agrias y dulces. En Ecuador existen las variedades “Híbrido Puyo”, “Baeza”, “Septentrional” y “Bola””⁹

Según Whalen y Caruzo, 1983 citado por Castañeda: “Una inspección electroforética de 13 accesiones de *Solanum quitoense* de Colombia y Ecuador no reveló variaciones en los genes codificadores de las proteínas enzimáticas”¹⁰, por lo tanto Castañeda considera que:

Con tan poca variabilidad genética disponible en *Solanum quitoense*, los programas de hibridación tendientes al mejoramiento de materiales de lulo comerciales, para solucionar los múltiples problemas que afectan su producción, seguramente necesitarán incluir grupos de genes de otras especies afines. Por consiguiente, es crítico que todas las especies de la sección *Lasiocarpa* sean cultivadas, mantenidas en bancos de germoplasma y probadas por características deseables; por ejemplo, resistencia a varias enfermedades y plagas¹¹.

A continuación se presenta un perfil de las características importantes de las especies de la sección *Lasiocarpa* con las cuales se puede hibridar el lulo, basada en los trabajos presentados por Whalen y Bailey (1982) citado por Zuluaga:

1.3.1 *Solanum candidum* Lindl. (*S. tequilense* Fern.). Es muy común en Perú, raro en Colombia, también se encuentra en Panamá y México.

Las formas suramericanas se encuentran a bajas alturas sobre el nivel del mar y las centroamericanas a 1.500 msnm. Estas especies se encuentran en diferentes tipos de hábitat. Las frutas suramericanas tienen mucha pulpa, en cambio las centroamericanas son secas.

⁸ SAÑUDO, Benjamín. *et al.* Introducción al manejo de frutales andinos en la zona triguera baja de Nariño. Pasto : Universidad de Nariño, 2002. p. 53

⁹ CORPORACIÓN COLOMBIANA INTERNACIONAL. Manejo agronómico del cultivo del lulo. [en línea] Bogotá. Oct. 1999. [citado 7 abr., 2005]. Disponible en Internet: <URL : <http://www.cci.org.co/publicaciones/Tropico/TROPICO05.htm>>.

¹⁰ CASTAÑEDA, Op.cit., p. 12

¹¹ Ibid., p. 12.

Filogenéticamente es la especie más cercana a *Solanum quitoense*; los tricomas presentes en el fruto son muy persistentes, lo cual limita su utilidad.

1.3.2 *Solanum pectinatum* Dun. (*S. hirsutissimum* Stand.). Se encuentran por debajo de los 1.000 msnm., en el oriente y sur de Colombia, Ecuador, el norte de Perú, Costa Rica y Panamá. Los frutos son grandes, globosos, de sabor agradable. Esta especie puede ser promisorio como cultivo comercial en bajas elevaciones en el trópico.

1.3.3 *Solanum pseudolulo* Heiser. Es endémico de Colombia entre 500 y 2.000 msnm., de fruto mediano, glabro cuando está maduro, sabor insípido. Es importante porque sirve de puente genético con otras especies de la sección *Lasiocarpa*. Los cruzamientos son exitosos cuando se utiliza como progenitor femenino.

1.3.4 *Solanum sessiliflorum* Dun. (*S. topiro* Dun.). Conocido como cocona, cubiu. Originaria del oriente y sur de Colombia, Perú, Ecuador y en la Hoya Amazónica. Es una planta adaptada a bajas alturas sobre el nivel del mar; el fruto presenta diferente tamaño y forma; la calidad no es tan buena como la de *S. quitoense*.

1.3.5 *Solanum stramonifolium* Jacq. Es una maleza común de las tierras de la hoya Amazónica; los frutos son pequeños, gustosos, consumidos por los indígenas de Colombia y Ecuador.

1.3.6 *Solanum vestissimum* Dun. De la cordillera central de Colombia y de la cordillera de la costa de Venezuela. Se encuentra en los bosques nubosos entre los 1.500 y 2.200 msnm. Frutos grandes, de buen sabor, cubiertos de pelos rígidos. Parece que las especies de *S. quitoense* tolerantes a zonas altas, son producto del cruzamiento con esta especie.

1.3.7 *Solanum hirtum* Vahl. Maleza ampliamente conocida en México, en el norte de Colombia y en Venezuela. Árbol pequeño, muy espinoso y de frutos pequeños, la corteza y la pulpa son de color amarillo y de sabor dulce, crece en los potreros a libre exposición solar, resistente a nematodos del género *Meloidogyne* sp. Es compatible con *S. quitoense*, cuando se utiliza como progenitor femenino, los materiales obtenidos por el cruzamiento de estas dos especies adquieren amplitud ecológica.

1.3.8 *Solanum hiporhodium*. Originario de la cordillera costera de Venezuela y Trinidad. Este arbusto se encuentra en los bosques nubosos de zonas de mediana elevación. Los frutos son bayas grandes de sabor agradable. La especie se encuentra muy relacionada con *S.*

vestissimum, esta solanacea es muy importante porque se puede considerar como cultivo promisorio para zonas de elevaciones medias.

1.3.9 Solanum marginatum. Maleza de amplia distribución a nivel mundial. En Centro y Sudamérica crece a libre exposición solar en los potreros de las regiones altas. Este arbusto que puede alcanzar los 2 m de alto, presenta agujijones fuertes en tallo y hojas, sus frutos son bayas de pulpa seca y aunque son venenosos tienen diferentes usos medicinales. El aceite de las semillas es un buen secante¹².

Según Angulo:

Una de las formas de domesticación del lulo es a través de introgresión genética. Aunque los trabajos en este tipo de mejoramiento genético son escasos, se conocen los híbridos obtenidos por el Dr. Heisser en la Universidad de Indiana (Estados Unidos) y las hibridaciones hechas por Lobo y Navarro en el Centro Regional de Investigación La Selva (Rionegro, Antioquia), quienes estudiaron la resistencia de diferentes especies de solanaceas a los nematodos y su afinidad con *Solanum quitoense*. Entre estas especies encontraron que *S. hirtum* o “lulo de perro” era resistente a nematodos y que utilizada como progenitor femenino se cruzaba fácilmente con *S. quitoense*¹³.

Según Bernal et al.¹⁴ A partir de la F2 del cruzamiento interespecífico entre *Solanum hirtum* y *Solanum quitoense*, Lobo y Navarro (1984, 1985), realizaron dos retrocruzamientos con *S. quitoense*. Posteriormente, los investigadores anteriores y funcionarios de CORPOICA (1990), seleccionaron algunas plantas a partir de las cuales se derivó la variedad “Lulo La Selva”, la cual, entre otras características importantes, posee resistencia a nematodos del género *Meloidogyne sp.*

1.4 ENFERMEDADES

1.4.1 Pudrición algodonosa. Gómez y Sánchez sostienen que:

Esta enfermedad denominada también “pudrición blanca” es causada por el hongo *Sclerotinia sclerotiorum*, este microorganismo ataca principalmente el tallo y las ramas. Es un saprófito facultativo, habitante

¹² ZULUAGA, Martha. El cultivo del lulo. En : CURSO REGIONAL DE ACTUALIZACIÓN EN FRUTAS TROPICALES. El Espinal : CORPOICA, 1994. p. 197-208.

¹³ ANGULO, Op.cit., p. 54.

¹⁴ BERNAL, Jorge. et al. Lulo la selva ICA-CORPOICA : Primer material de lulo mejorado para Colombia. Rionegro, Antioquia : CORPOICA. 2001. p. 2-8.

natural del suelo; sin embargo, el mayor porcentaje de daño, lo ocasiona en la parte aérea. Su ataque se inicia en los cojines florales cuando la planta inicia su floración en cuyo caso se presenta el mayor porcentaje de daño, llegando a estimarse su incidencia en un 85%¹⁵.

Tamayo; Navarro y de La Rotta “Cuando el hongo ataca los tejidos jóvenes del tallo o las ramas se observan manchas alargadas de color café claro de apariencia húmeda y cuando ataca tejidos lignificados la pudrición tiene una apariencia seca”¹⁶. Gómez y Sánchez¹⁷ mencionan que a partir de este estado el tallo y las ramas se cubren de un filamento algodonoso sobre el cual aparecen esclerocios.

“Estas estructuras de resistencia quedan completamente adheridas a la corteza del tallo, aún después de desaparecer el micelio blanco. La planta totalmente invadida termina por marchitarse, sus hojas se vuelven flácidas, de color marrón oscuro y sus frutos secos y momificados”¹⁸.

Según Gómez: “El hongo necesita temperaturas entre 16°C y 20°C y humedad relativa por encima del 70%, para realizar sus procesos de infección, penetración y colonización. Los suelos pesados y las altas densidades de siembra son factores que predisponen el desarrollo de la enfermedad”¹⁹.

Para el manejo de esta enfermedad se recomienda realizar las siguientes prácticas:

- “Mantener una densidad adecuada de plantas, realizar oportunamente las podas y hacer inspecciones frecuentes en épocas de invierno”²⁰.
- Cortar ramas afectadas, podar hojas bajas, realizar un plateo alrededor de la planta permitiendo la aireación, eliminar y quemar plantas totalmente afectadas,

¹⁵ GÓMEZ, Luis y SÁNCHEZ, Martha. Manejo integrado de plagas y enfermedades. En: FORERO, Tomás. Manejo integrado del cultivo de lulo. Ibagué : CORPOICA, 1999. p.82.

¹⁶ TAMAYO, Pablo; NAVARRO, Rafael y de LA ROTTA, María. Enfermedades del cultivo del lulo en Colombia En : Boletín Técnico No 18 Guía de diagnóstico y control. 2 ed. Rionegro, Antioquia : CORPOICA, 2003. p. 48.

¹⁷ GÓMEZ y SÁNCHEZ, Op.cit., p. 82.

¹⁸ Ibid., p. 82.

¹⁹ GÓMEZ, Luis. Enfermedades del cultivo del lulo en Tolima y Huila. En : Boletín Técnico Regional No. 6 Guía de Reconocimiento y Control. El Espinal : CORPOICA, 1997. p. 12

²⁰ SAÑUDO, Benjamín. *et al.* Introducción al manejo de frutales andinos en la zona triguera baja de Nariño, Op.cit., p. 61.

evitar ocasionar heridas en labores de cultivo y aplicar fungicidas sistémicos a la base de la planta²¹.

- Según Tamayo; Navarro y de La Rotta²² si la enfermedad se detecta en estados tempranos de infección, se recomienda cortar los tallos y ramas afectados por debajo de la zona atacada, e introducirlos en una bolsa plástica para evitar la caída al suelo de los esclerocios del hongo. La bolsa plástica cerrada se retira del huerto y se quema en un lugar alejado del huerto o cultivo.

- “Se debe preparar una pasta a base de Mancozeb para aplicar en los cortes de las ramas podadas. Posteriormente, se deben realizar aspersiones foliares alternadas con productos a base de Benomil, Iprodione o Clorotalonil, durante un período de un mes hasta detener el avance de la enfermedad”²³.

1.4.2 Amarillamiento, Fusariosis o Marchitez Vascular. Según Angulo²⁴ esta grave enfermedad es causada por el hongo *Fusarium oxysporum*.

De acuerdo con Angulo²⁵ causa un amarillamiento y marchitez de las hojas, afectando la planta de abajo hacia arriba. Al hacer un corte transversal al tallo se observa una coloración oscura del sistema vascular en forma de anillo, situación que también se puede llegar a observar en los pecíolos.

Según Tamayo; Navarro y de La Rotta: “Cuando el patógeno invade totalmente los vasos conductores o sistema vascular de la planta causa marchitez generalizada y posteriormente su muerte”²⁶.

Gómez dice que:

El disturbio se presenta en forma aislada, en suelos pesados y mal drenados. La alta humedad del suelo y las heridas en el cuello del tallo causadas por las herramientas de trabajo o en las raíces también ocasionadas por nematodos como es el caso de *Meloidogyne spp.* son los factores de predisposición más notables que favorecen la aparición de esta enfermedad; además, suelos ricos en materia orgánica ayudan a la prevalencia de los patógenos.

²¹ GÓMEZ y SÁNCHEZ, Op.cit., p. 82.

²² TAMAYO; NAVARRO y de LA ROTTA, Op.cit., p. 17.

²³ Ibid., p. 17.

²⁴ ANGULO, Op.cit., p. 60.

²⁵ Ibid., p. 60.

²⁶ TAMAYO, NAVARRO y de LA ROTTA, Op.cit., p. 20.

Según el mismo autor las prácticas que se recomiendan para el manejo de la enfermedad son las siguientes: realizar drenajes adecuados, evitar encharcamientos, no producir heridas en la planta y controlar la acidez del suelo²⁷.

Tamayo; Navarro y de La Rotta afirman que: “Hasta el momento no se conocen métodos de control efectivos para las plantas afectadas en campo por *Fusarium oxysporum*, por consiguiente recomiendan eliminar las plantas que muestren síntomas y no hacer resiembras o establecer cultivos en lotes donde este problema se haya presentado”²⁸.

Así mismo, Burbano y Gaviria²⁹ determinaron a *Fusarium sp.* como el causante del amarillamiento del lulo en Nariño, describiendo síntomas como un marchitamiento acelerado y secamiento de plantas afectadas. Además, coinciden con otros autores en afirmar que no se han desarrollado estrategias eficientes para su control.

1.4.3 Antracnosis del fruto. Zuluaga: “Los agentes causantes de esta enfermedad son los hongos *Colletotrichum gloeosporioides*”³⁰, Sañudo et al., *Gloesporium sp*³¹. y su estado sexual según Tamayo; Navarro y de La Rotta³² *Glomerella cingulata*

Según Sañudo et al: “La enfermedad es frecuente en épocas de invierno, afectando frutos en diferentes estados de desarrollo”³³ Gómez sostiene que: “Este hongo ataca el pedúnculo de las flores y frutos en formación, produciendo su caída. Cuando el disturbio ocurre sobre frutos pequeños, estos se momifican y permanecen adheridos a la planta”³⁴.

Gómez y Sánchez, manifiestan que: “La presencia de la enfermedad se manifiesta por la aparición en el fruto de manchas de color oscuro, de forma circular con

²⁷ GÓMEZ, Luis, Op.cit., p. 21.

²⁸ TAMAYO, NAVARRO y de LA ROTTA, Op.cit., p. 22.

²⁹ BURBANO y GAVIRIA, Op.cit., p. 52.

³⁰ ZULUAGA, Op.cit., p. 204.

³¹ SAÑUDO, Benjamín. *et al.* Introducción al manejo de frutales andinos en la zona triguera baja de Nariño, Op.cit., p. 60.

³² TAMAYO; NAVARRO y DE LA ROTTA, Op.cit., p. 18.

³³ SAÑUDO, Benjamín. *et al.* Introducción al manejo de frutales andinos en la zona triguera baja de Nariño, Op.cit., p. 61.

³⁴ GÓMEZ, Luis, Op.cit., p. 13.

bordes definidos, que aparecen por lo general hacia la base de la inserción con el pedúnculo, los tejidos lesionados se desintegran y aparecen zonas deprimidas de apariencia ulcerosa”³⁵.

Tamayo; Navarro y de La Rotta aseguran que:

Las lesiones crecen rápidamente cubriendo todo el fruto hasta deformarlo y producir la momificación y caída del mismo.

Cuando el hongo ataca frutos verdes, en el centro de las lesiones se observa una coloración naranja o salmón que corresponde a la esporulación del hongo, mientras que cuando el ataque se presenta en frutos maduros, la esporulación es menor y se presenta una mancha de color café claro que rodea la zona de esporulación³⁶.

Erazo, 1988; citado por Gómez afirma que: “El hongo se desarrolla más fácilmente en plantas con mucho follaje y sin podar. Además, en plantaciones con altas densidades de siembra y muy sombreadas, la incidencia aumenta”³⁷.

Para el manejo Gómez y Sánchez³⁸ recomiendan eliminar los frutos enfermos y quemarlos o enterrarlos para evitar la diseminación del patógeno, realizar podas con el objeto de permitir mayor exposición al sol, racionalizar la población de plantas y aplicar periódicamente fungicidas protectores del tipo de los Ditiocarbamatos.

Sañudo et al.³⁹ señala que conjuntamente, se recomiendan aspersiones quincenales de fungicidas, alternando Hexaconazol, Clorotalonil, Carbendazim y Carbendazim más Clorotalonil.

³⁵ GÓMEZ y SÁNCHEZ, Op.cit., p. 83.

³⁶ TAMAYO; NAVARRO y de LA ROTTA, Op.cit., p. 18.

³⁷ GÓMEZ, Luis, Op.cit., p. 15.

³⁸ GÓMEZ y SÁNCHEZ, Op.cit., p. 83.

³⁹ SAÑUDO, Benjamín. *et al.* Introducción al manejo de frutales andinos en la zona triguera baja de Nariño, Op.cit., p. 61.

1.4.4 Gota. Según Angulo⁴⁰ esta enfermedad es producida por *Phytophthora infestans*, el cual afecta severamente al lulo en inviernos abrigados. Sañudo *et al.*⁴¹ menciona que se presentan necrosis húmedas, extensivas y de color café oscuro, en tallos, ramas, pecíolos, hojas, inflorescencias, racimos de frutos recién formados y en frutos desarrollados. Alrededor de las lesiones se presenta un crecimiento micelial tenue y blanquecino. En ocasiones puede afectar el tallo principal, ocurriendo un estrangulamiento necrótico y húmedo que llega a causar el marchitamiento y la muerte de la planta.

Según Tamayo; Navarro y de La Rotta:

El ataque en los frutos no es fácilmente detectado ya que para visualizar el daño es necesario retirar los tricomas o pelusa que los cubre. La lesión se inicia en la base del pedúnculo del fruto y avanza irregularmente como una mancha algo deprimida de color café oscuro hacia la región ecuatorial del mismo hasta cubrirlo parcial o totalmente. En estados avanzados de ataque, el hongo produce una pudrición blanda de los frutos que descompone la corteza y la pulpa⁴².

Los mismos autores aseguran que:

Como práctica de control preventivo se recomienda la siembra a distancias amplias y mantener el cultivo aireado mediante la poda moderada de hojas. Se deben retirar las malezas cercanas a la base de la planta y mantener limpia y aireada la zona de plateo. Se deben retirar y quemar fuera del cultivo, cogollos, hojas y frutos afectados. En caso de infecciones en la base del tallo, eliminar las plantas afectadas. Cuando se presenten las primeras lesiones en los tallos estas se deben raspar con un cuchillo (cirugía), limpiando la epidermis o corteza de la parte afectada hasta encontrar tejido sano. En la región donde se realizó la limpieza del tejido se debe aplicar una pasta de un producto a base de Oxiclورو de Cobre o de Mancozeb⁴³.

⁴⁰ ANGULO, Op.cit., p. 59.

⁴¹ SAÑUDO, Benjamín. *et al.* Introducción al manejo de frutales andinos en la zona triguera baja de Nariño, Op.cit., p. 62.

⁴² TAMAYO; NAVARRO y de LA ROTTA, Op.cit., p. 12.

⁴³ Ibid., p. 14.

Al observar las primeras lesiones y luego con periodicidad de 10 a 15 días en épocas de invierno, Sañudo *et al*⁴⁴ recomiendan alternar aplicaciones de fungicidas sistémicos.

1.4.5 Mona. Para Gómez⁴⁵ este disturbio denominado así por la apariencia café rojiza de los órganos afectados, es causado por el hongo *Cladosporium sp*; este organismo ataca principalmente flores, frutos, hojas y ramas. Se ha observado que el ataque ocurre en plantas en etapa de floración y producción.

Tamayo; Navarro y de La Rotta⁴⁶ establecen que el ataque de la enfermedad en el follaje se manifiesta por la presencia de manchas cloróticas por la haz de la hoja. Las lesiones van progresando y adquieren gran tamaño produciendo quemazón de la hoja. Por el envés se observa una mancha de color café aterciopelado que corresponde a la masa de esporas del hongo que causa la enfermedad.

Gómez y Sánchez aseguran que:

La “mona” se caracteriza por el cambio en el color normal de la pubescencia tanto del fruto como de las ramas y cojines florales, que se torna marrón o café rojiza, dando la apariencia de vejez. Al remover la pubescencia se pueden observar frutos completamente sanos en apariencia, pero momificados y deformes.

Las altas densidades de siembra proporcionan condiciones favorables para el establecimiento y desarrollo de esta enfermedad; además, en épocas lluviosas alternadas por períodos de sequedad la enfermedad es más prevalente⁴⁷.

Según Angulo: “El control radica en bajas densidades de siembra, buenas podas de formación y mantenimiento y eliminación de todos los órganos afectados. Como control químico se han obtenido buenos resultados con productos cuyo ingrediente activo sea Iprodione, Prochloraz, Carbendazim, Dichlofluanid y Difenconazol”⁴⁸.

⁴⁴ SAÑUDO, Benjamín. *et al*. Introducción al manejo de frutales andinos en la zona triguera baja de Nariño, Op.cit., p. 62.

⁴⁵ GÓMEZ, Luis, Op.cit., p. 16.

⁴⁶ TAMAYO; NAVARRO y de LA ROTTA, Op.cit., p. 27.

⁴⁷ GÓMEZ y SÁNCHEZ, Op.cit., p. 82.

⁴⁸ ANGULO, Op.cit., p. 61.

1.4.6 Mancha negra de los tallos. Según Zuluaga⁴⁹ se han encontrado dos hongos relacionados con esta enfermedad, *Phoma sp.* y *Colletorichum sp.* Este disturbio se manifiesta en el tallo, con unas manchas de color negro, bordes bien definidos y ligeramente hundidos, que en ocasiones se unen hasta cubrir totalmente las ramas. “Se considera que la incidencia y la severidad de la enfermedad están relacionadas con el mal manejo del cultivo, principalmente de la fertilización”⁵⁰.

Según Gómez:

El patógeno se disemina por el agua y por el viento; su ataque se favorece con condiciones ambientales de alta humedad, lluvias periódicas alternadas con épocas secas, plantas en mal estado nutricional y alta densidad de siembra.

Sostiene que el manejo de la enfermedad consiste en disminuir la población de plantas por hectárea y realizar podas, seleccionar semilla de plantas vigorosas y sanas, desinfectar las herramientas, fertilizar con fuentes ricas en fósforo y elementos menores, principalmente calcio, zinc y boro, realizar cirugías, removiendo las partes afectadas y aplicando cicatrizantes⁵¹.

Tamayo; Navarro y de La Rotta: “Se recomienda la eliminación de las ramas afectadas y su retiro y destrucción fuera del cultivo. Después de la poda de las ramas enfermas se recomienda la aspersion de fungicidas a base de Clorotalonil”⁵².

Para Angulo: “El control químico se puede realizar con Difenoconazol y Pyrimetaniil”⁵³.

1.4.7 Marchitez bacterial. Según Angulo⁵⁴ esta enfermedad es producida por la bacteria *Ralstonia solanacearum*. Los síntomas se presentan principalmente cuando la planta inicia la formación de los frutos; la planta afectada muestra flacidez en las hojas, luego amarillamiento y finalmente muere, permaneciendo los frutos adheridos a los tallos.

⁴⁹ ZULUAGA, Op.cit., p. 205.

⁵⁰ GÓMEZ, Luis, Op.cit., p. 22.

⁵¹ Ibid., p. 23.

⁵² TAMAYO; NAVARRO y de LA ROTTA, Op.cit., p. 26.

⁵³ ANGULO, Op.cit., p. 59.

⁵⁴ Ibid., p. 60.

Tamayo; Navarro y de La Rotta afirman que:

Los frutos en su interior presentan una coloración café o pardo negruzca que compromete los tejidos conductores de los mismos.

Para identificar la marchitez bacterial y diferenciarla de otras enfermedades que causan marchitez, se observa que la región leñosa de los tallos afectados presenta una coloración parda. Al colocar parte del tejido afectado en un vaso o tubo de cristal con agua limpia se observará, al cabo de unos minutos, que del tejido emanan unas exudaciones blanquecinas que en poco tiempo enturbian el agua⁵⁵.

Los mismos autores aseguran que: “La enfermedad se transmite mecánicamente por las herramientas de trabajo. Los nematodos del género *Meloidogyne sp.* aumentan la incidencia y la severidad de la enfermedad en este cultivo”⁵⁶.

Zuluaga⁵⁷ establece como medidas de control preventivas, no sembrar en lotes donde la enfermedad se ha presentado. No intercalar con lulo cultivos susceptibles a la enfermedad como otras solanaceas. Rotar los lotes afectados con cultivos como maíz y hortalizas, para disminuir la sobrevivencia de la bacteria en el suelo. Eliminar y retirar del cultivo las plantas enfermas. Tratar las herramientas de trabajo con Formaldehído (Formol) al 5%.

Según Tamayo; Navarro y de La Rotta: “No se recomienda emplear semilla sexual o asexual proveniente plantas sospechosas de estar enfermas. Los injertos de lulo sobre Frutillo o Friega Platos (*Solanum torvum*) permiten la siembra en campos infestados por la bacteria, ya que este patrón posee resistencia a *R. solanacearum*”⁵⁸.

1.4.8 Cáncer bacterial. Según Tamayo; Navarro y de La Rotta: “El cáncer bacterial es ocasionado por la bacteria *Clavibacter michiganense*. Los síntomas se inician con una ligera marchitez de las hojas más viejas, las cuales presentan quemazón del limbo. Al cortar los tallos se observa un anillo de color negro que rodea los haces vasculares”⁵⁹.

⁵⁵ TAMAYO, NAVARRO y de LA ROTTA, Op.cit., p. 30.

⁵⁶ Ibid., p. 31.

⁵⁷ ZULUAGA, Op.cit., p. 206.

⁵⁸ TAMAYO, NAVARRO y de LA ROTTA, Op.cit., p. 31.

⁵⁹ Ibid., p. 32.

Zuluaga⁶⁰ menciona que en tallos afectados, la parte medular se desprende fácilmente; cuando se presenta en tejidos jóvenes principalmente en tallos y pecíolos, se manifiesta con agrietamientos.

Tamayo; Navarro y de La Rotta aseguran que: “El cáncer bacterial se diferencia de la marchitez bacterial porque en el primer caso hay necrosis del floema y descomposición de la médula en forma de parches de apariencia húmeda, hasta la parte mas joven incluyendo los pedúnculos, mientras que la marchitez bacterial no causa descomposición del floema”⁶¹.

De acuerdo con Tamayo; Navarro y de la Rotta⁶² para prevenir la introducción y diseminación de esta enfermedad, no se deben emplear esquejes o semillas de plantas afectadas para siembras futuras. Las semillas sin procedencia conocida es conveniente tratarlas por inmersión durante 30 minutos en Sulfato de Estreptomicina y realizar aspersiones posteriores del mismo producto en el semillero cada 8 días. Así mismo, se debe tratar las herramientas de trabajo con Formaldehído (Formol) al 5% al pasar de una planta a otra. También se recomiendan la aspersion quincenal de un producto a base de Kasugamicina, una vez se observen los primeros síntomas de la enfermedad.

1.4.9 Virus del amarillamiento intervenal. Navarro y Bustillo, 1987; citado por Gómez: “La enfermedad se manifiesta inicialmente en las hojas superiores; estas presentan un amarillamiento intervenal y lo más característico es su encocamiento hacia abajo”⁶³

Gómez sostiene que:

Además, en las hojas enfermas se observa un ampollamiento del limbo y el típico mosaico, característico de enfermedades causadas por virus.

Como consecuencia del ataque, la planta detiene su desarrollo, presentándose enanismo y la producción de flores y frutos es nula.⁶³

Zuluaga afirma que: “Este virus no se transmite mecánicamente, y que solo se puede transmitir en forma persistente por los pulgones *Myzus persicae* y *Aphis gossypii*”⁶⁴.

⁶⁰ ZULUAGA, Op.cit., p. 206.

⁶¹ TAMAYO, NAVARRO y de LA ROTTA, Op.cit., p. 32.

⁶² Ibid., p. 33.

⁶³ GÓMEZ, Luís, Op.cit., p. 29.

⁶⁴ ZULUAGA, Op.cit., p. 206.

“Como medidas preventivas se recomienda arrancar y quemar las plantas infectadas y realizar un control químico de insectos chupadores”⁶⁵.

Espinosa; Villamizar y Antolinez⁶⁶ recomiendan utilizar semilla sexual o vegetativa que provenga de plantas sanas y lotes libres de esta enfermedad.

1.4.10 Nudo radical. Para Angulo⁶⁷ el nudo radical es causado por nematodos del género *Meloidogyne sp.*, que se caracteriza por producir agallas de diferente tamaño en las raíces; Gómez y Sánchez afirman que: “Además, las raicillas son mutiladas y las raíces tienden a ramificarse cerca de la región de invasión, lo que produce un conglomerado denso del sistema radical, dando un aspecto reticular”⁶⁸.

Tamayo; Navarro y de La Rotta, aseguran que: “Las raíces de lulo afectadas por *Meloidogyne spp.*, no son funcionales y no responden a los tratamientos de fertilización. Por lo anterior, las plantas con ataque de nematodo del nudo, carecen de vigor, sus hojas son de menor tamaño, presentan amarillamiento de las hojas más viejas y merman considerablemente su producción”⁶⁹. Sañudo *et al* afirman que: “En muchas ocasiones, las plantas pueden marchitarse por acción de otros patógenos, que ocasionan pudriciones extensivas a partir de los tumores”⁷⁰

Gómez, asegura que: “Esta clase de microorganismos requieren para su supervivencia suelos sueltos, de pH bajo y poco fértiles; temperatura entre 15 y 25°C y una mínima película de agua en su estado juvenil (segundo estado larval) que es cuando inicia la penetración e infección”.⁷¹

Según Tamayo; Navarro y de La Rotta⁷² cuando se siembre el lulo de castilla, el cual es susceptible a los nematodos del género *Meloidogyne sp.* No se recomienda asociarlo con plantas susceptibles, sobre todo de la familia de las solanaceas. Se debe realizar un control frecuente de malezas, ya que la mayoría de ellas también son afectadas por los nematodos del nudo.

⁶⁵ GÓMEZ y SÁNCHEZ, Op.cit., p. 83.

⁶⁶ ESPINOSA, Jesús; VILLAMIZAR Jesús y ANTOLINEZ, Antonio. El cultivo del lulo. Cúcuta : SENA, 1990. 43 p.

⁶⁷ ANGULO. Op.cit., p. 62.

⁶⁸ GÓMEZ y SANCHEZ, Op.cit., p. 69.

⁶⁹ TAMAYO, NAVARRO y de LA ROTTA, Op.cit., p. 41.

⁷⁰ SAÑUDO, Benjamín. *et al.* Introducción al manejo de frutales andinos en la zona triguera baja de Nariño, Op.cit., p. 62.

⁷¹ GÓMEZ, Luís, Op.cit., p. 28.

⁷² TAMAYO, NAVARRO y de LA ROTTA, Op.cit., p. 41.

“Se debe tratar el suelo a ser empleado para los semilleros y almácigos de lulo de castilla, con productos nematicidas a base de Dazomet. En condiciones de campo se recomienda aplicar nematicidas a base de Carbofuran, o a base de Ethoprofos, al momento del transplante y posteriormente cada tres meses”⁷³.

Los mismos autores afirman que: “La aplicación al suelo de algunos aislamientos de los hongos antagónicos como *Verticillium chlamyosporium*, *Paecilomyces lilacinus*, *Metharizium anisopliae* y *Beauveria bassiana* han logrado reducir las poblaciones de nematodos del género *Meloidogyne spp*”⁷⁴.

Otra alternativa de control mencionada por Tamayo; Navarro y de La Rotta⁷⁵ es injertar el lulo de castilla sobre patrones de Friegaplatos o Frutillo (*Solanum torvum*) que son compatibles y presentan alta resistencia a *Meloidogyne spp.* o hacer la siembra del híbrido Lulo La Selva que también posee esta característica.

A continuación se hace una revisión acerca del hongo *Fusarium oxysporum*. Puesto que en el presente trabajo se evaluó la reacción de diferentes materiales de lulo a este patógeno.

1.5 FUSARIUM OXYSPORUM

Según Smith⁷⁶ el hongo *Fusarium oxysporum* es un saprofito abundante y activo del suelo y de la materia orgánica que causa pérdidas en plantas pertenecientes a todas las familias importantes de angiospermas (a excepción de las Gramíneas) en regiones templadas o tropicales.

El mismo autor reporta:

El hongo persiste en el suelo o restos de plantas en forma de micelio o esporas asexuales de pared gruesa denominadas clamidosporas y, una vez que se introduce en un terreno de cultivo, se establece ahí por tiempo indefinido. Se propaga principalmente en forma de micelio o esporas llevados por el agua del suelo, equipo agrícola, transplante, tubérculos, semillas de algunas plantas, esquejes de plantas infectadas y, en algunos casos, en forma de esporas llevadas por el viento⁷⁷

⁷³ Ibid., p. 42-43.

⁷⁴ Ibid., p. 41-42.

⁷⁵ Ibid., p. 42.

⁷⁶ SMITH, I. M. Manual de enfermedades de las plantas. Madrid : Mundi – Prensa, 1992. p. 335.

⁷⁷ Ibid., p. 335-336.

Agrios:

Este patógeno invade el xilema de las raíces y tallos, y produce una enfermedad que interfiere fundamentalmente sobre el flujo ascendente del agua a través del xilema. En la mayoría de las plantas que han sido infectadas por el patógeno, el flujo del agua a través del xilema del tallo disminuye hasta un valor que va del 2% al 4% del que fluye a través del tallo de las plantas sanas. Es evidente que las alteraciones vasculares en los marchitamientos se deben a más de un factor. Aun cuando el patógeno sea la única causa de la enfermedad, algunos de los factores responsables del síndrome de ésta provienen directamente del patógeno, mientras que otros los origina el hospedante en respuesta al patógeno⁷⁸

Burbano y Gaviria encontraron que:

Fusarium sp. asociado con *Alternaria sp.* son los agentes causantes de los problemas radicales de lulo en la zona norte del departamento de Nariño. En esta investigación se determinaron además, los síntomas característicos de la enfermedad como: clorosis y flacidez de las hojas, defoliación ascendente, marchitamiento, reducción considerable del tamaño, necrosis en el cuello de la raíz y destrucción de los haces vasculares de tallo y raíz, que avanzan hasta el secamiento total de la planta. También se establecieron los porcentajes de incidencia de esta afección en campo los cuales reflejan en forma directa la baja en la producción de los cultivos afectados, debido a que estos hongos al presentarse como parásitos vasculares convierten su control en una labor improbable después de haberse establecido la enfermedad⁷⁹.

Para Agrios⁸⁰ los marchitamientos producidos por bacterias se asemejan al que ocasiona el hongo *Fusarium oxysporum*, en cuanto a los síntomas causados en las plantas afectadas, en los factores de predisposición de la enfermedad y en los mecanismos mediante los cuales inducen el marchitamiento vascular. Sin embargo, mientras que en los marchitamientos fungosos el hongo permanece casi exclusivamente en los tejidos vasculares hasta que la planta muere, en los marchitamientos bacterianos, las bacterias con frecuencia destruyen (disuelven), ciertas porciones de pared de los vasos xilémicos o hacen que se separen durante el principio del desarrollo de la enfermedad. Por consiguiente, se propagan y

⁷⁸ AGRIOS, George. Fitopatología. 2 ed. México : Limusa, 1988. p. 87.

⁷⁹ BURBANO y GAVIRIA, Op.cit., p. 50-52.

⁸⁰ AGRIOS, George. Fitopatología, Op. cit., p. 509.

reproducen en los tejidos parenquimatosos adyacentes, en varios puntos a lo largo de los vasos, matan y disuelven a las células y promueven la formación de pústulas o cavidades llenas de bacterias, gomas y restos de células.

1.5.1 Condiciones favorables. Es un hongo de temperaturas cálidas, el desarrollo óptimo se presenta a 20°C en un rango que va de los 12 a los 28°C. Esta temperatura acompañada de una alta humedad relativa y días cortos de baja intensidad lumínica favorecen el desarrollo de la enfermedad. Dado que suelos ácidos con deficiencia en potasio, y fertilización con nitrógeno amónico tienden a favorecer la enfermedad, el encalado, la fertilización potásica y el uso de nitratos reducen a veces las pérdidas. Otros factores que favorecen la marchitez por *Fusarium sp.* son el crecimiento rápido y la transpiración intensa, pero no son fáciles de alterar sin afectar directamente la producción.

Las heridas ocasionadas a las raíces por maquinaria o nematodos como es el caso de *Melodogyne spp.* aumentan la susceptibilidad al marchitamiento y favorecen el desarrollo del hongo⁸¹.

Según el ICA:

1.5.2 Sintomatología. *Fusarium oxysporum* es un hongo imperfecto, que aparentemente ha perdido el estado perfecto o sexual. Se reproduce por medio de conidias; una espora asexual formada en el extremo de una hifa y sobrevive por largos periodos en el suelo como clamidosporas. Las especies de *F. oxysporum* están divididas en muchas formas especiales que no pueden ser divididas usando criterios morfológicos.

Este hongo es activado solamente cuando las raíces de la planta huésped entran en contacto con micelio o clamidosporas e invade las células radicales. La invasión del hongo se presenta a diferentes tasas de velocidad y puede ocasionar pudrición radical y muerte de plantas. La tasa de velocidad de la infección depende de factores como el tiempo de la infección inicial, la virulencia y condiciones climáticas.

Este hongo también penetra en las raíces a través de heridas y continúa hacia el xilema mediante crecimiento miceliar y formación de microconidias que se transportan en la corriente transpiratoria. Los retoños y las hojas se marchitan durante el día, pero ganan turgencia durante la noche. Como la infección progresa, los tallos se palidecen. Las toxinas producidas por el hongo decoloran el tejido del huésped y

⁸¹ SMITH, Op. cit., p. 337.

aparece el marchitamiento de las hojas que pueden presentar una coloración amarillenta o rojiza. El xilema es obstruido, causando la muerte de la planta.

El tallo cortado transversalmente, presenta en los haces vasculares una coloración marrón con la muerte y deshilachamiento de los tejidos, sin afectarse la médula; este es un aspecto muy importante para diagnosticar la enfermedad y distinguirla de otras enfermedades vasculares.

Las raíces y los tallos no presentan daño inicial importante, pero luego se afectan severamente con la formación de cavidades, presentándose una pudrición seca en la base de las plantas y en las raíces.

1.5.3 Morfología. El micelio es generalmente aéreo, abundante, algodonoso, con coloraciones diferentes como blanco, durazno, rosado, pero usualmente con un tinte púrpura o violeta más intenso en la superficie del agar.

Las microconidias son ovales, cilíndricas, rectas o curvas, unicelulares, sin septas, hialinas. Se forman sobre fiálides laterales cortas o sobre conidióforos poco ramificados. Tienen un tamaño de 5-12 x 2.2-3.5 micras⁸².

Agrios reporta que: “Son las esporas que el hongo produce con mayor frecuencia y en mayor abundancia en todas las condiciones y las únicas que forma el hongo en el interior de los vasos de plantas hospederas que ha infectado”⁸³.

“Las macroconidias son de paredes delgadas, fusiformes, largas y moderadamente curvas en forma de hoz, poseen de tres a cinco septas transversales, con la célula basal elongada y la célula apical atenuada. Tienen un tamaño de 27-60 x 3-5 micras”⁸⁴.

Según Agrios⁸⁵ estas son las esporas típicas de *Fusarium*, aparecen con gran frecuencia sobre la superficie de plantas que han sido destruidas por el patógeno y comúnmente se agrupan en esporodoquios.

⁸² ICA. INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO. *Fusarium oxysporum*. [en línea]. [citado 23 jun., 2005]. Disponible en Internet: <URL:<http://www.ica.gov.co/publicaciones/plagas/aster/asterendemica/aster31.htm>>.

⁸³ AGRIOS, George. Fitopatología, Op.cit., p. 373.

⁸⁴ ICA, Op.cit.

⁸⁵ AGRIOS, George. Fitopatología, Op.cit., p. 373.

El ICA afirma que: “Las clamidosporas son globosas, de paredes gruesas. Se encuentran solitarias o en pares, formadas a partir de la condensación del contenido del micelio más viejo y las macroconidias del hongo. Con esta estructura el hongo sobrevive en condiciones ambientales desfavorables y en ausencia de plantas hospedantes. Su tamaño varía de 5-15 micras de diámetro”⁸⁶.

Como dice Agrios⁸⁷ estos tres tipos de esporas se forman en el suelo y en los cultivos de hongos.

“La morfología de las macroconidias y la presencia y las características de las clamidosporas son muy importantes para la identificación de las especies”⁸⁸

⁸⁶ ICA, Op.cit.

⁸⁷ AGRIOS, George. Fitopatología, Op.cit., p. 373.

⁸⁸ ICA, Op.cit.

2. DISEÑO METODOLÓGICO

2.1 LOCALIZACIÓN

El trabajo se realizó en la Universidad de Nariño, ubicada a una altura de 2488 msnm., latitud 1°14'3" Norte, longitud 77°17'7" Oeste, en condiciones de laboratorio con una temperatura promedio de 14° C y humedad relativa de 70%; y en invernadero con una temperatura promedio de 18° C.

2.2 DESCRIPCIÓN DE SÍNTOMAS EN CAMPO

Se determinaron los principales síntomas de la enfermedad haciendo observaciones directas en campo y haciendo la descripción detallada de cada una de las alteraciones internas y externas que presentan las plantas afectadas por *Fusarium oxysporum*.

2.3 RECOLECCIÓN DE MUESTRAS

Se realizaron recorridos en campo para la recolección de muestras de tejido afectado procedente de plantas sintomáticas (con marchitamiento y pudrición de haces vasculares). Se tomaron muestras de diferentes zonas productoras del norte del departamento, haciendo la siguiente ruta de colección: Taminango con tres sitios muestreados, San Lorenzo con tres sitios muestreados, Arboleda con tres sitios muestreados, Cartago y La Unión con cuatro sitios muestreados. Todas las muestras fueron rotuladas de acuerdo a su procedencia.

2.4 TRANSPORTE DE MUESTRAS

Los tejidos afectados (ramas, tallos o raíces) con síntomas típicos de la enfermedad se llevaron al laboratorio de microbiología de la Universidad de Nariño en bolsas plásticas, con un papel toalla humedecido en su interior, para evitar su deterioro. Cada muestra fue rotulada con los datos del sitio de recolección, variedad y tipo de síntoma, para su posterior procesamiento.

2.5 AISLAMIENTO, PURIFICACIÓN E IDENTIFICACIÓN DEL HONGO

2.5.1 Aislamiento. Siguiendo la metodología descrita por Agrios:

De las muestras de tejido afectado se tomaron pedazos pequeños (5 mm × 5 mm; cortados con cuchilla), se desinfectaron en hipoclorito de sodio al 3% por 2 minutos, luego se pasaron a enjuague en agua destilada durante un minuto y se procedió a su siembra en cajas de petri con agar, peptona y glucosa previamente acidificado con ácido sulfúrico

al 0.5 normal y esterilizado en autoclave. Se colocaron 4 fragmentos por caja con la ayuda de una pinza y en presencia de un mechero para evitar contaminación⁸⁹.

2.5.2 Purificación. Siguiendo la metodología del mismo autor, una vez realizada la siembra en el medio de cultivo, las cajas se llevaron a incubación a 20° C y cuando se observó la aparición de colonias fungosas se procedió a repicarlas en el mismo medio.

2.5.3 Identificación. Burbano y Gaviria: “Una vez purificadas las colonias se escogieron aquellas que presentaban colores blanco, rosado, curuba o lila que son típicos del hongo *Fusarium sp*”⁹⁰. Y luego se procedió a realizar su identificación. Para esta labor se montaron placas con las estructuras del hongo teñidas con lactofenol para su posterior observación al microscopio, tomando como criterios taxonómicos los propuestos por Alexopoulos; Mims y Blackwell⁹¹, y Sañudo et al⁹², donde se tuvo en cuenta la presencia del cuerpo del hongo (Micelio) y estructuras reproductivas (esporas y cuerpos fructíferos).

2.6 EVALUACIÓN DE LOS DIFERENTES MATERIALES DE LULO EN SU REACCION A LA INOCULACIÓN CON EL HONGO

2.6.1 Obtención y multiplicación del material vegetal. En el invernadero de la Universidad de Nariño, se sembraron a partir de semilla sexual, plantas de lulo de diferentes materiales, obtenidos en algunas zonas productoras del departamento. Las semillas se tomaron de plantas que permanecieron sanas en lotes atacados epidémicamente por *Fusarium sp*. Se evaluaron 25 materiales de *Solanum quitoense* de la variedad Castilla (Septentrionale) con estos antecedentes, provenientes de cultivos en los municipios de La Unión (8 materiales), Cartago (7 materiales), Arboleda (4 materiales), San Lorenzo (3 materiales) y Taminango (3 materiales). Estos materiales se identificaron por el municipio y la vereda de donde procedían:

⁸⁹ AGRIOS, George. Séptima reimpresión. 2 ed. México : Limusa, 2002. p. 285-290.

⁹⁰ BURBANO y GAVIRIA, Op.cit., p. 52.

⁹¹ ALEXOPOULUS, C. J.; MIMS, C. W. y BLACKWELL, M. Introductory micology. 4 ed. New York : Wiley & Sons, 1996. 20-100 p.

⁹² SAÑUDO, Benjamín. *et al*. Fundamentos de micología agrícola. Pasto : Universidad de Nariño, 2001. p. 84-85.

Cuadro 1. Materiales de lulo colectados en el norte de Nariño

MATERIAL	MUNICIPIO	VEREDA	PROPIETARIO FINCA
1	La Unión 1	La Jacoba	José Rivas
2	La Unión 2	La Jacoba	Miguel Jiménez
3	La Unión 3	La Jacoba	Rodrigo Muñoz
4	La Unión 4	San Francisco	Pedro Nel Castillo
5	La Unión 5	San Francisco	Braulio Castillo
6	La Unión 6	Cabecera municipal	Jesús España
7	La Unión 7	Cabecera municipal	Carlos Muñoz
8	La Unión 8	Chaguarurco	Jorge Melo
9	Cartago 1	Buenos Aires	Orlando Gómez
10	Cartago 2	Buenos Aires	Alejandro Ahumada
11	Cartago 3	Buenos Aires	Segundo Lasso
12	Cartago 4	El Salado	Segundo Obando
13	Cartago 5	El Salado	José Eraso
14	Cartago 6	Botanilla	Marco Narváez
15	Cartago 7	Botanilla	Segundo Cano
16	Arboleda 1	Arrayanes	Demetrio Viveros
17	Arboleda 2	Cabecera municipal	Luis Felipe Muñoz
18	Arboleda 3	Cabecera municipal	Oswaldo Martínez
19	Arboleda 4	Rosa florida	Alvaro Gutierrez
20	San Lorenzo 1	La Estancia	Martín Bravo
21	San Lorenzo 2	La Pradera	Franco Gómez
22	San Lorenzo 3	San Isidro	Luis Guerrero
23	Taminango 1	El Páramo	Jesús Fernández
24	Taminango 2	El Páramo	Manuel Ojeda
25	Taminango 3	San Gerardo	Edmundo Bravo

Además, se probaron 12 materiales de la colección de la Facultad de Ciencias Agrícolas (Universidad de Nariño) entre los que se encuentran materiales

comerciales de diferentes zonas agroecológicas, materiales silvestres no cultivados y especies relacionadas del género *Solanum*. Estos materiales han sido llamados de la siguiente manera:

Cuadro 2. Materiales de lulo colección Facultad de Ciencias Agrícolas (Universidad de Nariño)

MATERIAL	NOMBRE	ESPECIE
1	La Unión	<i>S. quitoense</i> var. septentrionale
2	Tangua	<i>S. quitoense</i> var. septentrionale
3	Matituy 1	<i>S. quitoense</i> var. septentrionale
4	Matituy 2	<i>S. quitoense</i> var. septentrionale
5	Cali	<i>S. quitoense</i> var. septentrionale
6	Valle	<i>S. quitoense</i> var. septentrionale
7	Naranjilla Ecuador	<i>S. quitoense</i> var. quitoense
8	Mocoa	-
9	Tumaco	-
10	<i>Solanum sessiliflorum</i>	<i>S. sessiliflorum</i>
11	<i>Solanum hirtum</i>	<i>S. hirtum</i>
12	<i>Solanum marginatum</i>	<i>S. marginatum</i>

Figura 1. Material vegetal en invernadero



El sustrato fue suelo mezclado con arena en proporción 3:1 y esterilizado con Formol al 5%. Las plantas fueron trasplantadas en bolsas plásticas negras con capacidad de un kilogramo y fertilizadas con 2 gramos de 15-15-15.

2.6.2 Inoculación. Cuando las plantas alcanzaron una altura de 20 cm, aproximadamente a los tres meses de edad, se inocularon grupos de 10 plantas por cada uno de los 37 materiales, dejando cuatro plantas por material como testigo, para un total de 370 plantas inoculadas con el hongo y 148 plantas como testigos. Se utilizó la colonia de *Fusarium sp.* de color rosado por ser la colonia típica del hongo y porque se aisló en mayor frecuencia a partir del tejido afectado recolectado en campo. La inoculación del hongo se realizó por inyección con la ayuda de una jeringa hipodérmica en la base del tallo con tres mililitros por planta de una solución de agua y hongo, la cual se obtuvo mediante un lavado micelial del hongo purificado y previamente calibrada su concentración en 1×10^6 esporas/ml en una cámara de Neubauer. Los testigos se inocularon con agua destilada.

Figura 2. Inoculación por inyección



Inmediatamente después de cada inoculación se mantuvieron las plantas a capacidad de campo y en cámara húmeda, durante 15 días, para facilitar los procesos de desarrollo de la enfermedad.

2.6.3 Evaluación de los materiales. Las plantas inoculadas se examinaron cada dos días hasta la aparición de síntomas observando la apariencia de hojas, tallo y tamaño de la planta en comparación con el testigo y los síntomas observados en campo. Cuando las plantas alcanzaron la marchitez total se realizó la disección para observar lesiones en tejidos internos.

Van Der Planck asegura que:

Por tratarse de un patógeno de colonización vascular el cual desarrolla en la planta síntomas sistémicos como marchitamiento; es complicado medir el porcentaje de tejido afectado (severidad) y su tasa de desarrollo (r) que sería el criterio más adecuado de evaluación. Sin embargo, se evaluó la presencia o ausencia de la enfermedad en cada individuo sobre la totalidad de plantas inoculadas (incidencia), que es una variable de respuesta alternativa en estos casos⁹³.

Después de tres meses de evaluación de síntomas, se escogieron todas las plantas de todos los materiales que permanecieron sin presentar síntomas y se inocularon nuevamente para comprobar si efectivamente presentaban resistencia contra el patógeno o simplemente escaparon a la infección.

2.6.4 Reaislamiento. Una vez reproducidos los síntomas en materiales susceptibles y bajo condiciones controladas, se hicieron reaislamientos del patógeno para su posterior identificación y así poder determinar si la enfermedad fue causada por el hongo inoculado.

2.6.5 Inoculación de los diferentes aislamientos del hongo. Una vez obtenidos aquellos materiales con algún grado de resistencia, se hizo la inoculación de los aislamientos restantes del hongo, encontrados en las zonas productoras y que presentaron diferencias en medio de cultivo. Para esto se tomaron diez plantas de cada material y se dejaron cuatro plantas como testigo por cada aislamiento del hongo para hacer la inoculación por separado y poder evaluar la reacción de igual forma como se describió anteriormente.

2.6.6 Siembra de materiales resistentes en condiciones de campo y obtención de semilla. Los materiales que resultaron resistentes bajo condiciones de invernadero después de las diferentes evaluaciones fueron transplantados en campo, con el objeto de determinar algunas características de las plantas que permitieran una mejor descripción e identificación y además, para propagarlos y obtener material vegetal para realizar futuras investigaciones relacionadas.

⁹³ VAN DER PLANK, J.E. Plant diseases : epidemics and control. New York : Academic Press, 1963. p. 110.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 DESCRIPCIÓN DE SÍNTOMAS EN CAMPO

En todos los sitios donde se realizó la recolección de muestras se observó que en plantas con estados iniciales de la enfermedad se presentó un amarillamiento y flacidez de las hojas bajas con palidecimiento de los tallos, seguido de una defoliación ascendente y reducción en el tamaño de la planta. Se observaron plantas débiles y con mal anclaje debido a un sistema radical muy pobre y destruido por pudrición, en ocasiones con olor a fermento.

Figura 3. Amarillamiento y marchitez en hojas de plantas afectadas



Al realizar cortes transversales de raíces y tallos se observó necrosamiento de los haces vasculares, situación que también se puede presentar en los pecíolos, según lo afirman Dickinson y Lucas⁹⁴ debido a que los tejidos del xilema están distribuidos por toda la planta, y de esta manera el patógeno puede migrar hacia cualquier parte de su hospedante. Internamente los haces vasculares presentaron coloración café rojizo o negro por la acción enzimática del hongo.

⁹⁴ DICKINSON, C.H. y LUCAS, J. A. Patología vegetal y patógenos de plantas. Mexico : Limusa, 1987. 109 p.

Figuras 4. Corte transversal de tallo donde se observa el anillo necrosado en los haces vasculares



Figura 5. Corte transversal de pecíolos donde se observa el anillo necrosado en los haces vasculares



Fuente: TAMAYO, Pablo; NAVARRO, Rafael y de LA ROTTA, María. Enfermedades del cultivo del lulo en Colombia. En: Boletín Técnico No. 18 Guía de diagnóstico y control. 2 ed. Rionegro, Antioquia : CORPOICA, 2003. P. 21.

Según Dickinson y Lucas⁹⁵ el patógeno, además de causar una severa falta de agua, disminuye también el flujo de iones minerales esenciales hacia las hojas, por lo tanto estas no funcionan de manera adecuada, la fotosíntesis disminuye o cesa y se reduce total o parcialmente la cantidad de nutrientes que deben desplazarse hasta las raíces. “Sin embargo, son difíciles de estimar las consecuencias totales del bloqueo vascular, ya que estos patógenos secretan también toxinas que tienen efectos fisiológicos en toda la planta”⁹⁶.

Agrios, reporta que:

Las toxinas en las hojas, hacen que disminuya la síntesis de clorofila de sus nervaduras (ocasionando así el aclaramiento de estas), que disminuya la tasa fotosintética y se altere la permeabilidad de las membranas celulares de la hoja, así como su habilidad para controlar la pérdida de agua a través de la transpiración, lo cual da como consecuencia la epinastia, marchitamiento, necrosis internerval, empardecimiento y muerte de las hojas⁹⁷.

Burbano y Gaviria⁹⁸ mencionan que cuando el patógeno invade totalmente el sistema vascular de la planta se presenta marchitamiento generalizado y posterior muerte de la planta, observándose en algunos casos la presencia de un micelio blanco característico de *Fusarium sp.*

“El hongo invade entonces en gran escala a los tejidos parenquimatosos de la planta, llega a la superficie de los tejidos muertos y ahí esporula profusamente. Las esporas son diseminadas hacia nuevas plantas o áreas por medio del viento, el agua y otros factores”⁹⁹

⁹⁵ Ibid., p. 177

⁹⁶ Ibid. p. 177

⁹⁷ AGRIOS, George. Fitopatología, Op.cit., p. 363.

⁹⁸ BURBANO y GAVIRIA, Op.cit., p. 31.

⁹⁹ AGRIOS, George. Fitopatología, Op.cit., p. 375.

Figura 6. Marchitez generalizada y muerte de la planta.



3.2 AISLAMIENTO, PURIFICACIÓN E IDENTIFICACIÓN DEL HONGO

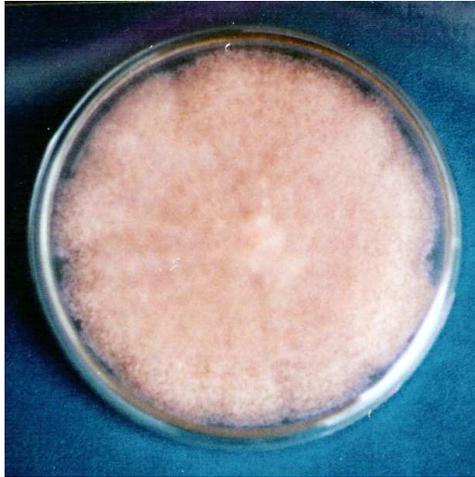
3.2.1 Aislamiento. Una vez realizado el procedimiento de aislamiento del patógeno en laboratorio, se obtuvieron cuatro cepas fungosas después de 4 a 5 días, las cuales se caracterizaron por color, forma y tamaño, como se describe mas adelante.

3.2.2 Purificación. Luego de obtenidas las colonias se procedió al repique de las mismas en cajas de petri con medio de cultivo agar, peptona y glucosa (PDA), se repitió el mismo proceso hasta obtener colonias puras, ya que se presentaron hongos contaminantes como: *Rhizopus*, *Penicillium* y *Metarhizium*.

3.2.3 Descripción de colonias

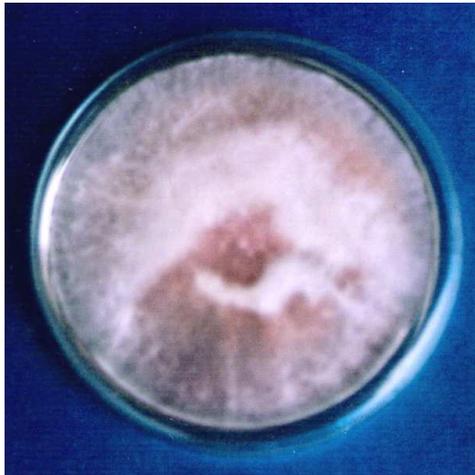
- **Colonia rosada de *Fusarium sp.*** Forma circular, apariencia algodonosa, crecimiento lento y denso, coloración rosada en dorso y revés.

Figura 7. Colonia rosada de *Fusarium sp.*



- **Colonia blanca-púrpura de *Fusarium sp.*** Forma irregular, apariencia algodonosa, crecimiento lento y denso, coloración blanca y púrpura en dorso y revés, acentuándose la coloración púrpura sobre la superficie del medio de cultivo.

Figura 8. Colonia blanca – púrpura de *Fusarium sp.*



- **Colonia blanca de *Fusarium sp.*** Forma circular, apariencia algodonosa, crecimiento rápido y poco denso, coloración blanca en dorso y revés.

Figura 9. Colonia blanca de *Fusarium sp.*



- **Colonia crema de *Fusarium sp.*** Forma irregular, apariencia algodonosa, crecimiento lento y denso, coloración crema con diferentes tonalidades en dorso y crema en revés.

Figura 10. Colonia crema de *Fusarium sp.*

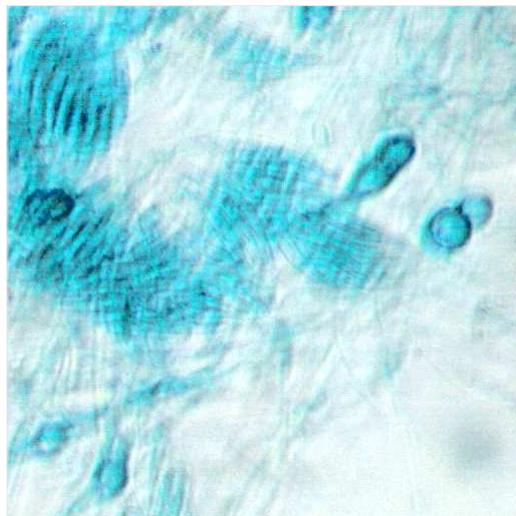


Al hacer la observación al microscopio de luz, las colonias no presentaron diferencias estructurales.

“Las diferencias morfológicas no implican cambios estructurales, sin embargo, se pueden presentar en ocasiones alteraciones en su capacidad infectiva”¹⁰⁰.

3.2.4 Identificación. Luego de hacer las observaciones correspondientes en el microscopio de luz, se pudo determinar la presencia de las siguientes estructuras: conidióforos hialinos simples o agrupados en esporodoquios, que en los extremos poseían fiálides las cuales originaban grupos de conidias de dos tipos: macroconidias hialinas, falcadas y multiseptadas, además de microconidias unicelulares, ovoides, simples o en cadenas cortas. Clamidosporas hialinas o pálidas, de pared gruesa, globosas, unicelulares, en cadenas o en grupos racimosos. De esta manera, se pudo identificar al género *Fusarium*, según lo descrito por Sañudo et al.¹⁰¹ y Alexopoulos; Mims y Blackwell¹⁰².

Figura 11. Estructuras del hongo *Fusarium sp.* observadas al microscopio de luz – fiálides y conidias (aumento 10x)

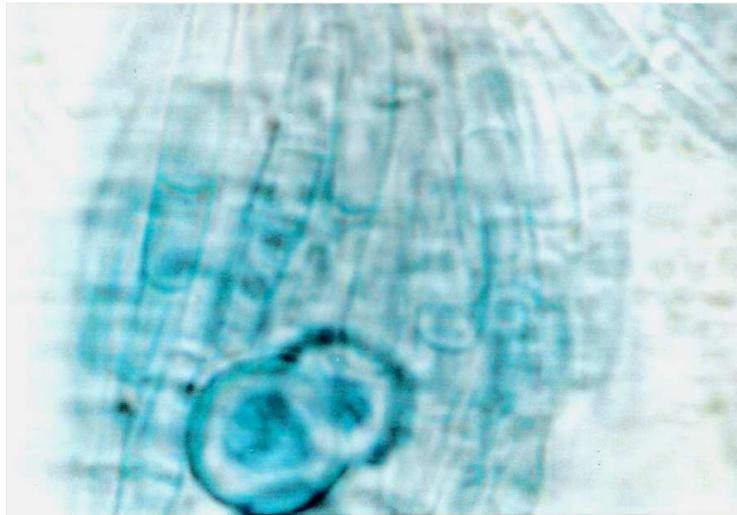


¹⁰⁰ ENTREVISTA con Carlos Betancourth, Docente Facultad Ciencias Agrícolas de la Universidad de Nariño, San Juan de Pasto, 16 de noviembre de 2005.

¹⁰¹ SAÑUDO, Benjamín. *et al.* Fundamentos de micología agrícola, Op.cit., p. 85.

¹⁰² ALEXOPOULUS, C. J.; MIMS, C. W. y BLACKWELL, M. Op. cit., 378 p.

Figura 12. Estructuras del hongo *Fusarium sp.* observadas al microscopio de luz – micelio y clamidosporas (aumento 40x)



3.3 EVALUACIÓN DE LOS DIFERENTES MATERIALES DE LULO AL EFECTO DEL HONGO *Fusarium sp.*

3.3.1 Material vegetal. En los 25 materiales de lulo colectados de la variedad Castilla, el periodo de incubación de la enfermedad fue de tres semanas, al cabo de las cuales, se presentaron los primeros síntomas, manifestados en una clorosis en las hojas mas viejas. A partir de las cuatro semanas se comenzó a observar flacidez, secamiento y posterior caída de hojas.

Figura 13. Síntomas iniciales en invernadero - clorosis y caída de hojas



Los síntomas continuaron con la falta de crecimiento de las plantas y descortezamiento en la zona de inoculación. A las nueve semanas el 80% de las plantas inoculadas presentaron marchitamiento generalizado y muerte y finalmente a las once semanas el 90% de las plantas habían muerto.

Figura 14. Síntomas avanzados - marchitamiento generalizado y muerte de la planta



Figura 15. Secamiento total de plantas susceptibles



El 10% de las plantas que sobrevivieron, solo presentaron síntomas iniciales de la infección, como clorosis y flacidez de las hojas bajas, estas plantas pertenecían a los materiales 1, 3, 4, 6 y 7 provenientes del municipio de La Unión; 9, 11, 12 y 13 provenientes de Cartago; 16 y 19 provenientes de Arboleda; 20 y 21 provenientes de San Lorenzo, y a los materiales 23 y 25 colectados en el

municipio de Taminango. En el resto de materiales no se encontraron plantas sanas después de la inoculación.

Tres meses después de la primera inoculación estas plantas se inocularon nuevamente para comprobar su reacción y se determinó que todas llegaron a presentar síntomas avanzados, obteniéndose una mortalidad del 100% al cabo de 6 semanas.

En cuanto a los 12 materiales de la colección cedida por la Facultad de Ciencias Agrícolas se determinó que el periodo de incubación para los materiales La Unión, Tangua, Matituy 1, Matituy 2, Valle, Cali y Naranjilla Ecuador fue de 3 semanas al cabo de las cuales se presentaron los síntomas iniciales de la enfermedad.

El desarrollo de la enfermedad continuó de la misma manera que en los materiales comerciales colectados en la zona norte del departamento, quedando solamente un 8.5% de plantas que sobrevivieron a la infección, lo que corresponde a un total de seis plantas que solo mostraron síntomas iniciales pero con posterior remisión de los mismos. Los únicos materiales en los cuales no se encontraron plantas sanas después de la inoculación fueron Matituy 2 y Naranjilla Ecuador.

Igualmente, a los tres meses se inocularon de nuevo las plantas que solo mostraron síntomas iniciales de la enfermedad. Obteniéndose una mortalidad de todas las plantas después de 6 semanas.

Para el material Tumaco, se obtuvo la presencia de los primeros síntomas de la enfermedad a partir de las cinco semanas de la inoculación, solo en tres plantas los síntomas avanzaron hacia una flacidez y marchitamiento de hojas con posterior secamiento de toda la planta. De las siete plantas que presentaron solo síntomas iniciales (clorosis y flacidez en hojas bajas) después de la segunda inoculación permanecieron vivas cuatro plantas, pero mostrando síntomas avanzados de la infección como marchitamiento de hojas provocado por la invasión del tejido vascular, lo que muestra una susceptibilidad tardía hacia el patógeno, en comparación con los otros materiales susceptibles que se inocularon.

Algunas plantas de los materiales correspondientes a Mocoa, *S. sessiliflorum*, *S. hirtum* y *S. marginatum*, después de 5 semanas de la inoculación del hongo, solo manifestaron clorosis y secamiento de algunas hojas que comenzaba desde los bordes hacia la nervadura central, con una incidencia del 80% para los materiales Mocoa y *Solanum sessiliflorum*, y del 10% para los materiales *S. hirtum* y *S. marginatum*, por lo que se hizo necesario comprobar su reacción.

A los tres meses de la primera inoculación se repitió el proceso en plantas asintomáticas y en las que solo mostraron los síntomas iniciales de la infección, y se encontró que en los materiales Mocoa y *Solanum sessiliflorum* solo se

presentaron síntomas como clorosis y caída de algunas hojas, en un 100% de las plantas inoculadas, para los materiales *Solanum hirtum* y *Solanum marginatum*, la incidencia de estos síntomas se mantuvo en el 10% de las plantas, pero se presentó una posterior recuperación de las plantas, por lo que la reacción al patógeno se considera favorable.

Las plantas utilizadas como testigos en todos los materiales presentaron un desarrollo normal sin que se hayan observado síntomas relacionados con alguna enfermedad, ni alteraciones importantes en su crecimiento.

Figura 16. Aspecto de plantas resistentes a la inoculación del patógeno



Se pudo establecer que el material Mocoa y *Solanum sessiliflorum* presentaron mucha similitud morfológica en invernadero y después del transplante en campo, en cuanto a la forma y color de las hojas, también porque sus tallos, ramas y hojas no presentaron espinas y, aunque los frutos presentaron una leve diferencia en su color las características de la pulpa fueron similares. Por lo que se concluyó que estos materiales podrían pertenecer a la misma especie.

Algunas de las características de los materiales que resultaron resistentes a la inoculación con el hongo *Fusarium oxysporum* son las siguientes:

- ***Solanum sessiliflorum*.** Es una planta arbustiva sin espinas de crecimiento rápido, al principio herbácea y luego semileñosa con tallos cilíndricos y muy pubescentes. Hasta la primera producción de frutos alcanzó 1.5 m de altura. Hojas grandes y ovaladas de color verde oscuro, con bordes irregulares y nervadura blanca, envés de coloración verde claro. La forma del fruto es ovoide, la epidermis es delgada, lisa, suave de color amarillo o naranja y cubierta por pubescencia fina, pulpa de color crema, de sabor ácido, jugosa, con semillas numerosas, planas y redondas.

Figura 17. *Solanum sessiliflorum*



- ***Solanum hirtum***. Arbusto que alcanza 1.5 m de altura, blanquecino y muy espinoso. Las hojas son de color verde oscuro por el haz y verde pálido por el envés, anchas y ásperas; las flores de color blanco cremoso; los frutos son esféricos cubiertos de tricomas de color amarillo o naranja al madurar, la pulpa es de color amarillo y sabor dulce.

Figura 18. *Solanum hirtum*



- ***Solanum marginatum***. Arbusto que alcanza 2 m de altura, con ramas secundarias numerosas, leñosas y con aguijones fuertes; la corteza presenta tricomas blancos; hojas de color verde en la haz, y completamente blanco por el envés, las márgenes de las hojas y nervaduras de color blanco debido a los tricomas, las hojas tienen espinas en las nervaduras. Frutos redondos de color amarillo, pulpa seca, semillas redondas de color café.

Figura 19. *Solanum marginatum*



Cuadro 3. Resultados.

Material	1a inoculación		2ª Inoculación		Material susceptible	Material resistente
	Plantas vivas	Plantas muertas	Plantas vivas	Plantas muertas		
1	1	9	0	1		
2	0	10	-	-		
3	2	8	0	2		
4	2	8	0	2		
5	0	10	-	-		
6	2	8	0	2		
7	1	9	0	1		
8	0	10	-	-		
9	1	9	0	1		
10	0	10	-	-		
11	2	8	0	2		
12	2	8	0	2		
13	1	9	0	1		
14	0	10	-	-		
15	0	10	-	-		
16	1	9	0	1		
17	0	10	-	-		
18	0	10	-	-		
19	2	8	0	2		
20	1	9	0	1		
21	3	7	0	3		
22	0	10	-	-		
23	2	8	0	2		
24	0	10	-	-		
25	2	8	0	2		
1	1	9	0	1		
2	2	8	0	2		
3	1	9	0	1		
4	0	10	-	-		
5	1	9	0	1		
6	1	9	0	1		
7	0	10	-	-		
8	10	0	10	0		
9	7	3	4	3		
10	10	0	10	0		
11	10	0	10	0		
12	10	0	10	0		

Cabe anotar que los resultados obtenidos en esta investigación son similares a los citados por Báez y colaboradores¹⁰³; en la cual se evaluaron 113 accesiones de la sección *Lasiocarpa*, y se encontró que todas las accesiones de naranjilla (*Solanum quitoense*) fueron susceptibles a *Fusarium oxysporum*, aunque se observaron diferencias en la susceptibilidad. La mayoría de las accesiones de *S. sessiliflorum*, *S. pseudolulo*, *S. candidum*, *S. hirtum*, *S. pectinatum*, *S. hyporhodium* y *S. stramonifolium* fueron resistentes al patógeno. En algunas de ellas, la resistencia se expresó de manera rápida en el proceso de infección, mientras que en otras se expresó durante la colonización vascular.

Se concluyó en esta investigación que para posibles propuestas de mejoramiento genético, las dos formas de resistencia pueden ser adecuadas, sin embargo, para la utilización de estos materiales en métodos de injertación, sólo la resistencia que se manifiesta en los estados de colonización temprana parece útil.

3.3.2 Descripción general de síntomas recuperados en condiciones de invernadero. Los síntomas de la enfermedad observados inicialmente son una clorosis y flacidez de las hojas bajas que posteriormente se generaliza en toda la planta, presentándose luego una defoliación ascendente y una pérdida del crecimiento de las plantas afectadas, también se observó que en el cuello de la raíz se presenta un estrangulamiento y descortezamiento y finalmente en estado avanzado se presenta un marchitamiento total de la planta. Al hacer la disección de las plantas se encontró un necrosamiento de los haces vasculares acentuado en el cuello de la raíz que se extiende en el tallo. Comparativamente el testigo no presentó ninguno de estos síntomas.

¹⁰³ BÁEZ, J; OCHOA, J. y ELLIS, M. Reaction of members of the lasiocarpa section to infection by *Fusarium oxysporum* causing naranjilla vascular wilt in Ecuador. [en línea]. 28 sep. de 2004. [citado 21 feb., de 2006]. Disponible en Internet: <URL :<http://www.ag.vt.edu/IPMCRSP/annrepts/annrep03/Ecuador/14ecuadorcomplete.pdf#page=20>>.

Figura 20. Comparación entre planta susceptible inoculada y testigo



Según Agrios:

Estos síntomas se pueden atribuir a la obstrucción de los haces vasculares por micelio, esporas y polisacáridos producidos por el hongo, además por geles y gomas que se forman por acumulación y oxidación de los productos de degradación de las células vegetales atacadas por las enzimas del hongo. Al parecer, la decoloración parda de los tejidos vasculares afectados se debe también a oxidación y translocación de algunos de los productos de degradación.

Con frecuencia, las células parenquimatosas en torno a los vasos xilémicos son estimuladas por las secreciones del patógeno para que se dividan excesivamente y esto sumado a lo anterior, da como resultado la disminución del diámetro o el colapso total de los vasos¹⁰⁴.

Manners considera que:

El síndrome del marchitamiento vascular también se debe a toxinas de bajo peso molecular que interrumpen el metabolismo del hospedero al alterar la permeabilidad de la membrana celular causando gran pérdida de sales y agua en los tejidos dañados.

¹⁰⁴ AGRIOS, George. Fitopatología, Op.cit., p. 362.

Finalmente, cuando la pérdida de agua excede la absorción de la misma, los tejidos de la planta pierden su turgencia y ésta última se marchita. Lo anterior se debe a una menor absorción de agua, y a una mayor pérdida de ella. Esto es al principio reversible, pero pronto llega a ser un proceso irreversible, dando como resultado la muerte de la planta¹⁰⁵.

3.3.3 Reaislamiento. De las plantas inoculadas y que presentaron síntomas característicos de *Fusarium oxysporum* se tomó tejido infectado del tallo, el cual se sembró en el medio de cultivo PDA, y se hizo posteriormente el proceso de purificación e identificación de las colonias fungosas obtenidas, resultando en la recuperación de la colonia del hongo que se inoculó.

3.3.4 Inoculación de los diferentes aislamientos del hongo. Una vez obtenidos los materiales que no resultaron afectados en la inoculación con la colonia del hongo de color rosado se hizo la inoculación por inyección de las tres colonias restantes del hongo (blanca, blanca-púrpura y crema), manteniendo la misma concentración del inóculo y se pudo observar que la reacción de resistencia al patógeno se mantuvo en todos los casos, por no presentarse síntomas avanzados de la enfermedad; solo se registraron síntomas iniciales en el 70% de las plantas evaluadas. Las plantas utilizadas como testigos tuvieron un desarrollo normal, sin que se pudieran observar síntomas relacionados con la afección producida por el patógeno.

¹⁰⁵ MANNERS, J.G. Introducción a la fitopatología. México : Limusa, 1986. p. 122

4. CONCLUSIONES

- Se aislaron cuatro colonias del hongo, diferenciadas por su coloración y crecimiento en medio de cultivo, pero que no presentaron diferencias estructurales vistas al microscopio de luz.
- Se determinó que los materiales correspondientes a las especies *Solanum sessiliflorum*, *Solanum hirtum* y *Solanum marginatum* presentaron resistencia a la inoculación de *Fusarium sp.*
- Los materiales obtenidos como resistentes no presentaron susceptibilidad a la inoculación de las diferentes colonias del hongo.
- Se pudo establecer que todos los materiales de la variedad Castilla colectados en campo, presentaron susceptibilidad a la enfermedad.

5. RECOMENDACIONES

- Realizar investigaciones con los materiales resistentes obtenidos, encaminadas a la posibilidad de plantear propuestas de mejoramiento genético de las variedades comerciales de lulo, para el manejo de la marchitez vascular.
- Examinar la posibilidad de injertar el lulo de Castilla sobre patrones de los materiales resistentes, evaluando su compatibilidad como posible método de manejo de la enfermedad.
- Hacer una colección más amplia y detallada de especies del género *Solanum* relacionadas con *Solanum quitoense*, para probar su reacción frente a los problemas sanitarios más limitantes en este cultivo.
- Buscar alternativas, tanto culturales, biológicas o químicas de manejo de la enfermedad.

BIBLIOGRAFÍA

- AGRIOS, George. Fitopatología. 2 ed. México : Limusa, 1988. 756 p.
- _____. Séptima reimpresión. 2 ed. México : Limusa, 2002. 838 p.
- ALEXOPOULUS, C. J.; MIMS, C. W. y BLACKWELL, M. Introductory micology. 4 ed. New York : Wiley & Sons, 1996. 378 p.
- ANGULO, Rafael. Frutales exóticos de clima frío. *Colombia* : Bayer CropScience, 2003. 136 p.
- BÁEZ, J; OCHOA, J. y ELLIS, M. Reaction of members of the lasiocarpa section to infection by *Fusarium oxysporum* causing naranjilla vascular wilt in Ecuador. [en línea]. 28 sep. de 2004. [citado 21 feb., de 2006]. Disponible en Internet: <URL :<http://www.ag.vt.edu/IPMCRSP/annrepts/annrep03/Ecuador/14ecadorcomplete.pdf#page=20>>.
- BERNAL, Jorge; LONDOÑO, Mauricio; FRANCO, Germán y LOBO, Mario. Lulo la selva ICA-CORPOICA : Primer material de lulo mejorado para Colombia. Rionegro, Antioquia : CORPOICA. 2001. 8 p.
- BURBANO, Jesús y GAVIRIA, Walter. Etiología de problemas radicales de lulo (*Solanum quitoense*) en la zona norte del departamento de Nariño. Pasto, 2004. p. 69. Trabajo de Grado (Ingeniero Agrónomo). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas.
- CASTAÑEDA, Héctor. El lulo o naranjilla : su cultivo, su conservación. Pereira, Colombia : Ediciones Tecnológicas, 1992. 94 p.
- CORPORACIÓN COLOMBIANA INTERNACIONAL. Manejo agronómico del cultivo del lulo. [en línea] Bogotá. Oct. 1999. [citado 7 abr., 2005]. Disponible en Internet: <URL : <http://www.cci.org.co/publicaciones/Tropico/TROPICO05.htm>>.
- DICKINSON, C. H. y LUCAS, J. A. Patología vegetal y patógenos de plantas. México : Limusa, 1987. 312 p.
- ESPINOSA, Jesús; VILLAMIZAR Jesús y ANTOLINEZ, Antonio. El cultivo del lulo. Cúcuta : SENA, 1990. 43 p.
- GAVIRIA, Ovidio y CHAVES, Julio. Estudio agroeconómico del cultivo del lulo (*Solanum quitoense*) en el municipio de San Lorenzo, departamento de Nariño.

Pasto, 2000, p. 117. Trabajo de Grado (Ingeniero Agrónomo). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas.

GÓMEZ, Luís. Enfermedades del cultivo del lulo en Tolima y Huila. En : Boletín Técnico Regional No. 6 Guía de Reconocimiento y Control. El Espinal : CORPOICA, 1997. 35 p.

GÓMEZ, Luís y SÁNCHEZ, Martha. Manejo integrado de plagas y enfermedades. En: FORERO, Tomás. Manejo integrado del cultivo de lulo. Ibagué : CORPOICA, 1999. 84 p.

ICA. INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO. Fusarium oxysporum. [en línea]. [citado 23 jun., 2005]. Disponible en Internet: <URL:<http://www.ica.gov.co/publicaciones/plagas/aster/asterendemica/aster31.htm>>.

MANNERS, J. G. Introducción a la fitopatología. México : Limusa, 1986. 295 p.

PASTRANA, E. El manejo post-cosecha del lulo (*Solanum quitoense* Lam). Bogotá : SENA, 1998. 396 p.

SAÑUDO, Benjamín; ARTEAGA, María; VALLEJO, Walter; ARÉVALO Rosa y BURBANO, Edith. Fundamentos de micología agrícola. Pasto : Universidad de Nariño, 2001. 201 p.

SAÑUDO, Benjamín; ARTEAGA, Germán; CHAVES Germán y VALLEJO, Walter. Introducción al manejo de frutales andinos en la zona triguera baja de Nariño. Pasto : Universidad de Nariño, 2002. 118 p.

SECRETARIA DE AGRICULTURA Y MEDIO AMBIENTE. Consolidado agropecuario, acuicola y pesquero. Pasto : s.n., 2004. 122 p.

SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA LA CONSERVACIÓN. Características taxonómicas de: *Solanum quitoense* Lam. [en línea]. Medellín: Universidad de Antioquia. 2004 [citado 23 jun., 2005]. Disponible en Internet:<URL:http://www.conservacion.info/resultados_generales.php?sic_id=3566>.

SMITH, I.M. Manual de enfermedades de las plantas. Madrid : Mundi – Prensa, 1992. 671 p.

TAMAYO, Pablo; NAVARRO, Rafael y de La ROTTA, María. Enfermedades del cultivo del lulo en Colombia En : Boletín Técnico No 18 Guía de diagnóstico y control. 2 ed. Rionegro, Antioquia : CORPOICA, 2003. 48 p.

VAN DER PLANK, J. E. Plant diseases: epidemics and control. New York : Academic Press, 1963. 349 p.

ZULUAGA, Martha. El cultivo del lulo. En : CURSO REGIONAL DE ACTUALIZACIÓN EN FRUTAS TROPICALES. El Espinal : CORPOICA, 1994. p. 197-208.