

REACCION A GOTA (*Phytophthora infestans* Mont de Bary) DE POBLACIONES
SEXUALES DE PAPA PARDA PASTUSA E ICA NARIÑO EN ESTADO DE
PLANTULA

MARTHA IRENE AZA
PADI DEICY MUÑOZ

UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS
PASTO - COLOMBIA
2001

REACCION A GOTA (*Phytophthora infestans* Mont de Bary) DE POBLACIONES
SEXUALES DE PAPA PARDA PASTUSA E ICA NARIÑO EN ESTADO DE
PLANTULA

Por

MARTHA IRENE AZA
PADI DEICY MUÑOZ

Tesis de Grado presentada como requisito parcial
para optar el Titulo de
INGENIERO AGRONOMO

Presidente de Tesis
LUIS FERNANDO CAMPUZANO I.A, PhD

Copresidente de Tesis
BENJAMIN SAÑUDO SOTELO I.A

UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS
PASTO - COLOMBIA

2001

Nota de aceptación

_____.

_____.

_____.

Delegado Comité Asesor

Asesor

Asesor

"Las ideas y conclusiones aportadas en la Tesis de Grado son de responsabilidad exclusiva de sus autores"

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

DEDICO A:

MI ESFUERZO, DEDICACION Y CONSTANCIA

MI PADRE ALBERTO

MI MADRE ROSARIO

MIS HERMANOS

A PADY

A MIS AMIGOS Y FAMILIARES

MARTHA IRENE AZA

DEDICO A:

MI ESFUERZO Y DEDICACION
MI QUERIDA MADRE BARBARA
MI PADRE LEONARDO
MIS HERMANAS MONICA Y MILADY
A LUIS R. Y MARTHA
MIS AMIGOS Y FAMILIARES

PADI DEICY MUÑOZ

AGRADECIMIENTOS A:

LUIS FERNANDO CAMPUZANO I.A PhD
BENJAMIN SAÑUDO SOTELO I.A
HOMERO BENAVIDES I. A
LUIS ALFREDO MOLINA I.A., M.Sc.
LUIS ALBERTO PEÑA I.A., M.Sc.
LUZ ESTELA LAGOS Bio.
MARIA ISABEL LOPEZ I.A
DARIO CABRERA I. A.
JULIO ENRIQUEZ Aux. Lab. CORPOICA
CORPOICA

Facultad de Ciencias Agrícolas de la
Universidad de Nariño.

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

TABLA DE CONTENIDO

		Pág.
1	INTRODUCCIÓN	1
2	REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1	EL TIZON TARDÍO O GOTA DE LA PAPA	4
2.1.1	Origen y diseminación de la enfermedad	4
2.1.2	El patógeno	5
2.1.3	Sintomatología	5
2.1.4	Epidemiología	6
2.2	RESISTENCIA GENÉTICA	7
2.2.1	Resistencia vertical	8
2.2.2	Resistencia horizontal	10
3	MATERIALES Y MÉTODOS	13
3.1	LOCALIZACIÓN Y PERIODO DE EJECUCIÓN	13
3.2	ESTABLECIMIENTO DE SEMILLEROS	13
3.2.1	Colección y obtención de las semillas	13
3.2.2	El semillero	16
3.3	INOCULACIÓN DE <i>Phitophthora infestans</i>	16
3.3.1	El inocular	16
3.3.2	La inoculación	17
3.4	EVALUACIONES	17
3.4.1	Período de incubación	17
3.4.2	Grado de porcentaje de severidad	19
3.5	TRANSPLANTE A BOLSA PLÁSTICAS	20
3.5.1	Segunda inoculación de gota	21
3.5.2	Evaluaciones dela enfermedad	21
3.6	TRANSPLANTE A CAMPO	22

3.6.1	Evaluaciones de <i>Phitophthora</i>	23
3.6.2	Evaluaciones de la resistencia	23
3.7	LABORES DE CULTIVO	25
4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	26
4.1	EN ESTADO DE PLÁNTULA DESPUÉS DE LA PRIMERA INOCULACIÓN	26
4.1.1	Período de incubación	26
4.1.2	Grado y porcentaje de severidad	29
4.2	DESPUÉS DEL TRANSPLANTE A BOLSAS PLÁSTICAS Y SEGUNDA INOCULACIÓN	32
4.2.1	Período de incubación	32
4.2.2	Grado de porcentaje de severidad	40
4.2.3	Grado de reacción	42
4.3	TRANSPLANTE A CAMPO	43
4.3.1	Período de incubación	43
4.3.2	Grado de porcentaje de severidad en campo	47
4.3.3	Grado de reacción	51
4.4	EVALUACIONES DE LA RESISTENCIA	52
4.4.1	Curva de incremento de la enfermedad	52
4.4.2	Area bajo la curva del progreso dela enfermedad	55
4.4.3	Tasa de desarrollo de la enfermedad después de la segunda inoculación	61
4.4.4	Tasa de desarrollo de la enfermedad después del transplante a campo	63
5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	70
5.1	CONCLUSIONES	70
5.2	RECOMENDACIONES	71
	BIBLIOGRAFÍA	73
	ANEXOS	76

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Periodo de incubación en la variedad Parda Pastusa e ICA Nariño en estado de plántula.	27
Tabla 2. Grados y Porcentaje de Severidad que presentó la población de Parda Pastusa a los 8, 10, 12 y 15 días después de la primera inoculación.	33
Tabla 3. Grados y Porcentaje de Severidad que presentó la población de ICA Nariño después de la primera inoculación.	34
Tabla 4. Periodo de incubación, en Parda Pastusa e ICA Nariño en estado de plántula después de la segunda inoculación con gota.	36
Tabla 5. Periodo de incubación, Grado y Porcentaje de severidad y Grado de reacción en ICA Nariño después de la Segunda Inoculación.	44
Tabla 6. Resultados del Periodo de incubación, Grado y Porcentaje de Severidad y Grado de reacción en Parda Pastusa después de la Segunda Inoculación.	45
Tabla 7. Resultados en Campo observados en Parda Pastusa.	49
Tabla 8. Resultados de Campo observados en ICA Nariño.	50
Tabla 9. Características de los Minitubérculos de las plantas que manifestaron reacciones de resistencia a la gota <i>Phytophthora Infestans</i> después de ser expuestas tres veces al patógeno.	69

LISTA DE GRAFICAS

	Pág.
Gráfica 1. Curva de incremento de la enfermedad en ICA Nariño después de la Segunda Inoculación.	53
Gráfica 2. Curva de incremento de la enfermedad en plantas de Parda Pastusa después de la segunda Inoculación.	54
Gráfica 3. Area bajo la curva del progreso de la enfermedad en parda Pastusa después de la segunda inoculación.	56
Gráfica 4. Area bajo la curva del progreso de la enfermedad ABCPE en ICA Nariño después de la Segunda Inoculación.	57
Gráfica 5. Area bajo la curva del progreso de la enfermedad en Parda Pastusa después del trasplante a campo.	59
Gráfica 6. Area bajo la curva del progreso de la enfermedad en ICA Nariño después del trasplante a campo.	60
Gráfica 7. Tasa de desarrollo de la enfermedad en ICA Nariño después de la Segunda Inoculación.	66
Gráfica 8. Tasa de desarrollo de la enfermedad en ICA Nariño después del trasplante a campo.	67
Gráfica 9. Tasa de desarrollo de la enfermedad en Parda Pastusa después del trasplante a campo	68

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Semilla sexual de Parda Pastusa	14
Figura 2. Semilla sexual de ICA Nariño	15
Figura 3. Ubicación de las plántulas en las bandejas dentro de la cámara húmeda.	18
Figura 4. Plántulas de papa Parda Pastusa 20 días después de la siembra.	30
Figura 5. Población de plántulas de ICA Nariño 30 días después de la siembra	31
Figura 6. Plantas de Parda Pastusa seleccionadas y transplantadas después de la primera inoculación.	37
Figura 7. Plantas de ICA – Nariño seleccionadas y transplantadas después de la primera inoculación.	38

LISTA DE TABLAS ANEXOS

	Pág.
Tabla 1. Análisis de correlación entre periodo de incubación y grado de severidad en la variedad ICA NARIÑO después de la segunda inoculación.	77
Tabla 2. Análisis de correlación entre periodo de incubación y grado de severidad en la variedad PARDA PASTUSA después de la segunda inoculación.	78
Tabla 3. Análisis de correlación entre periodo de incubación y grado de Severidad en la variedad PARDA PASTUSA después del transplante a campo.	79
Tabla 4. Análisis de correlación entre periodo de incubación y grado de severidad en la variedad ICA NARIÑO después del transplante a campo.	80

GLOSARIO

ALOGAMÍA: Porcentaje y polinización cruzada que tiene una especie vegetal.

CUTICULA: Membrana que cubre externamente los tallos y hojas de una planta.

ENFERMEDAD: Es una alteración Morfofisiológica de la planta producida por la interacción de factores bióticos y abióticos la cual se manifiesta por medio de síntomas y signos. Alteración del sistema hormonal.

EPIDEMIA: Enfermedad que por su gravedad con que ocurre en el cultivo puede destruir un porcentaje elevado de individuos.

EPIFITIA: Sinónimo de epidemia

Gen: factor hereditario de los gametos sexuales.

HIPERSENSIBILIDAD: Reacción rápida de la planta que ocasiona muerte del tejido alrededor de el cual ingreso el patógeno impidiendo su supervivencia.

HOSPEDERO: Sitio donde se aloja el patógeno; puede ser un órgano de la planta o toda la planta.

INOCULO: Parte de patógeno que va a dar origen a la enfermedad; pueden ser células individuales, colonias, micelio, hifas esporas, ascas, etc.

INOCULACIÓN. Acción de aplicar inoculo las plantas en un ambiente favorable a su desarrollo.

LATENTE: Que esta en reposo.

OOSPORA: Espora de resistencia del *Phytophthora* que se mantiene en reposo mientras se den las condiciones favorables a su desarrollo

PATÓGENO: Organismo capaz de causar la enfermedad en una planta el cual puede ser hongo, virus, micoplasma, bacteria, etc.

PERIODO DE INCUBACION: Tiempo que transcurre desde la inoculación de un patógeno hasta la aparición de síntomas.

PHYTOPHTHORA: (G. phyton : Planta y G. phtora: destrucción). Que destruye las plantas. P. Infestans es causante de la gota de la papa: enfermedad de importancia económica.

PLANTULA: Planta joven proveniente de semilla sexual.

RAZA: Variante genética de una especie o de una forma especial del hongo para vencer la resistencia de variedad de un mismo hospedero (especie vegetal).

RESISTENCIA: Que permite la entrada del patógeno pero este no causa problema.

SEVERIDAD: Porcentaje de tejido afectado en una planta y es para patógenos de colonización localizada.

SUSCEPTIBILIDAD: Que permite la entrada del patógeno, se producen síntomas y hay pérdidas económicas muy altas.

RESUMEN

En el Centro de investigación Obonuco Corpoica, se establecieron semilleros de papa Parda Pastusa e ICA – Nariño con semilla sexual proveniente de la zona sur del departamento de Nariño. Se sembraron 2200 plántulas por cada variedad, que fueron inoculadas después de 30 días con *Phytophthora. Infestans*, y con la cámara húmeda se mantuvo el ambiente favorable al desarrollo del patógeno. Después de esta inoculación se evaluó el periodo de incubación, grado y, porcentaje de severidad y grado de reacción seleccionando plántulas con el mayor periodo de incubación, menor grado y porcentaje de severidad y una reacción de resistencia a gota, siendo escogidas 37 plantas de Parda Pastusa y 42 plantas de ICA Nariño para una segunda inoculación. Las plantas seleccionadas se transplantaron en bolsas plásticas para evaluar la reacción a gota con una segunda inoculación; labor que se realizó 70 días después de la siembra manteniendo las plántulas bajo cámara húmeda. Después de esta inoculación se encontró tres grupos de plántulas; Un grupo **A** que fueron afectadas por el patógeno y murieron; un grupo **B** que se infectaron y luego se recuperaron y un grupo **C** que no manifestaron la enfermedad. En Parda Pastusa se encontró 2 plantas en el grupo A, 9 en el grupo B y 26 en el grupo C; en ICA Nariño se encontró 3 para el grupo A, 9 en el grupo B y para el grupo C 33 plantas. De las 37 plantas de Parda pastusa que fueron inoculadas, 26 de ellas (70.2%) presentaron reacciones de resistencia; 9 plantas (24.3%) tuvieron resistencia moderada y solo 2 de ellas (5.4%) permitieron el desarrollo de gota. De las 42 plantas de ICA Nariño, 33 de ellas (78.57%) manifestaron resistencia a gota, 6 plantas (14.28%) presentaron resistencia moderada y solo 3 plantas (7.14%) fueron susceptibles con muerte de la

planta. Después de la segunda inoculación se seleccionaron 35 plantas de Parda pastusa y 39 de ICA Nariño, las que se llevaron a campo donde las condiciones fueron muy favorables al desarrollo del *Phytophthora infestans* permitiendo la presencia de síntomas de gota muy temprano. Encontrando así en Parda pastusa 8 plantas (22.8%) con reacción de resistencia a gota y 27 plantas (77.14%) con fuertes lesiones siendo susceptibles en campo; en ICA Nariño de 39 plantas llevadas a campo, 4 de ellas (10.25%) manifestaron reacciones de resistencia y las 35 restantes (89.7) indicaron susceptibilidad a gota. Con las anteriores evaluaciones se determinaron algunos parámetros para medir la resistencia parcial como fueron: Curva de incremento de la enfermedad, área bajo la curva del progreso de la enfermedad ABCPE y tasa de desarrollo de la enfermedad, que nos determina el índice de infección "r". Después de la segunda inoculación en ICA Nariño se encontró 9 plantas con bajo incremento de la enfermedad y 7 plantas con el menor ABCPE. En Parda pastusa se halló 6 plantas con bajo incremento de gota y 5 plantas con menor ABCPE. En campo se encontró 4 plantas de ICA Nariño y 5 plantas de Parda pastusa con ABCPE bajo. En cuanto a la tasa de desarrollo de la enfermedad "r" se encontró una alta correlación entre Periodo de latencia y grados de severidad en ICA Nariño después de la segunda inoculación; y en Parda no se encontró correlación entre estas dos variables. Después del transplante a campo la correlación entre periodo de latencia y grado de severidad fue muy baja en las dos variedades.

ABSTRACT

In the investigation Center Obonuco Corpoica, were established Brown potato seedbeds Pastusa and ICA - Nariño with sexual seed originating from the south zone of the department of Nariño. They were sown 2200 plants for each variety, that they were inoculated after 30 days with Phytophthora. Infestans, and with the wet chamber was maintained the favorable environment to the development of the patógeno. After this inoculation was evaluated the period of hatch, degree and, percentage of severity and degree of reaction selecting plants with the great period of hatch, smaller degree and percentage of severity and a resistance reaction to drop, being chosen 37 plants of Brown Pastusa and 42 plants of ICA Nariño for a second inoculation. The plants selected is transplanting in plastic bags to evaluate the reaction to drop with a second inoculation; labor that was accomplished 70 days after the sowing maintaining the plántas under wet chamber. After this inoculation was found three groups of plántas; A group to the fact that they were affected by the patógeno and died; a group B that were infected and then were recovered and a group C that they did not express the disease. In Brown Pastusa was found 2 plants in the group, 9 in the group B and 26 in the group C; in ICA Nariño was found 3 for the group, 9 in the group B and for the group C 33 plants. Of 37 plants of Brown pastusa that they were inoculated, 26 of them (70.2%) presented resistance reactions; 9 plants (24.3%) had moderate and alone resistance 2 of them (5.4%) permitted the drop development. Of 42 plants of ICA Nariño, 33 of them (78.57%) expressed resistance to drop, 6 plants (14.28%) presented moderate and alone resistance 3 plants (7.14%) were

susceptible with death of the plant. After the second inoculation were selected 35 plants of Brown pastusa and 39 of ICA Nariño, those which were carried to field where the conditions were very favorable to the development of the *Phytophthora infestans* permitting the presence of drop symptoms very early. Finding thus in Brown pastusa 8 plants (22.8%) with resistance reaction drop and 27 plants (77.14%) with strong injuries being susceptible in field; in ICA Nariño of 39 plants carried to field, 4 of them (10.25%) expressed resistance reactions and 35 remaining (89.7%) indicated susceptibility to drop. With the previous evaluations were determined some parameters to measure the partial resistance as were: Increase curve of the disease, area under the curve of the progress of the disease ABCPE and development rate of the disease, that determines us the infection index "r". after the second inoculation in ICA Nariño was found 9 plants with under increase of the disease and 7 plants with the smaller ABCPE. In Brown pastusa was found 6 plants with under drop increase and 5 plants with smaller ABCPE. In field was found 4 plants of ICA Nariño and 5 plants of Brown pastusa with ABCPE under. Concerning the development rate of the disease "r" was found a high correlation between Periodo of latency and degrees of severity in ICA Nariño after the second inoculation; and in Brown was not found correlation between these variable two. After of the transplant to field the correlation between period of latency and degree of severity was very low in the two varieties.

**REACCIÓN A GOTA (*Phytophthora infestans* Mont de Bary.) DE
POBLACIONES SEXUALES DE PAPA PARDA PASTUSA E ICA-NARIÑO EN
ESTADO DE PLÁNTULA(*)**

POR

MARTHA IRENE AZA

PADY DEICY MUÑOZ

I. INTRODUCCIÓN

El cultivo de la papa es una de las actividades agroalimentarias de gran importancia económica y social en el departamento de Nariño. Se estima que se siembran entre 25.000 y 30.000 hectáreas y genera anualmente alrededor de tres millones de jornales (García y Pantoja, 1998).

En Colombia los departamentos de Boyacá, Cundinamarca y Nariño ocupan el 80% de la superficie sembrada por año, estimada en unas 165.000 hectáreas.

Su explotación es muy importante por ser la principal fuente de ingresos para una buena proporción de agricultores; además de ser un producto básico en la dieta alimenticia y genera cerca de 20 millones de jornales al año (López, 1997).

El tizón tardío o gota de la papa causada por el hongo *Phytophthora infestans* Mont de Bary; es la enfermedad de mayor problema en este cultivo por su amplia distribución y severidad de ataque en condiciones epidemiológicamente favorables en las zonas productoras de papa. En Nariño las pérdidas pueden ser totales si no se hace un control químico adecuado.

En nuestra región las variedades de papa que más se cultivan son altamente susceptibles a la enfermedad, entre ellas Parda pastusa ICA – Nariño y Diacol Capiro necesitando la aplicación frecuente de altas dosis de productos químicos para su control (Guerrero G.O.,1994).

En Colombia el control solo de "gota" en papa consume el 60% de los fungicidas utilizados por el agricultor nacional; Se estima que el agricultor tradicional realiza hasta 15 aplicaciones por ciclo de cultivo en variedades susceptibles (Castaño, 1996; FEDEPAPA, 1989). Esto ha conllevado al incremento de los costos de producción, el deterioro del medio ambiente por contaminación de suelo y agua y lo más grave, se aumenta el riesgo de la formación de poblaciones del hongo resistente a los productos de mayor uso; por lo que deben buscarse otras medidas de manejo.

Los trabajos para control de la enfermedad solo están encaminados a la evaluación de fungicidas; omitiendo otras alternativas como la resistencia genética de la papa al *Phytophthora infestans*. Es posible que la papa por tener un buen porcentaje de alogamia (de 5 a 25%) (Gómez,1988) haya acumulado a través del tiempo variabilidad genética en cuanto a tipos de reacción a gota, de ahí que plantas provenientes de semilla sexual pueden mostrar esta característica mediante niveles de resistencia al patógeno después de varias inoculaciones del *Phytophthora* en condiciones favorables a su desarrollo.

El presente trabajo se realizó para desarrollar los siguientes objetivos:

- Evaluar la reacción a gota *Phytophthora infestans* y buscar materiales de papa con resistencia después de haber expuesto las plántulas de semilla sexual a una infección del hongo en invernadero y campo.
- Evaluar la resistencia de las plántulas de acuerdo a la incidencia que presenten factores pertinentes al desarrollo del hongo como período de latencia, grado de severidad, tamaño de las lesiones y grado de reacción.
- Determinar las características fisiológicas y morfológicas de los materiales que presenten reacción de resistencia como es período vegetativo, número, color y forma de los mini tubérculos.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 EL TIZÓN TARDÍO O GOTA DE LA PAPA (*Phytophthora infestans*.)

2.1.1 Origen y diseminación de la enfermedad.

Varios investigadores describieron diferentes aspectos de la enfermedad y del patógeno, pero fueron Speersshneider en 1857 y De Bary de 1861 a 1863 quienes finalmente comprobaron que el hongo *Phytophthora infestans* es la causa de la enfermedad (De Bauer, 1987).

El *Phytophthora infestans* es originario de la región central de México donde es endémico en especies silvestres de *Solanum*. Allí se encuentran los dos tipos sexuales llamados A1 y A2, que se reproducen sexual y asexualmente (Niederhauser, 1953 citado por Montaldo, 1984). La variante A1 posiblemente un individuo genético único, salió de su enclave Mejicano en la década de 1840 y se diseminó rápidamente ocasionando la destrucción del cultivo no solo en Irlanda sino también en todo el continente europeo (CIP, 1995; French et al, 1994; Hardy et al, 1996).

A mediados de los 70 se produjo una nueva migración de los tipos sexuales del tizón tardío A1 y A2, que salió de México a Europa en un embarque comercial de papa, de donde se diseminó a otras partes del mundo (Fry et al, 1993). En 1992 se detectó un aumento significativo de A2 y se encontraron nuevos genes de A1 en Canadá y Estados Unidos. Los científicos dicen que la progenie resultante de los nuevos tipos sexuales migratorios de A1 y A2 son más agresivos que el A1 original y causan brotes más severos de la enfermedad más pronto en el cultivo (French et al, 1994).

2.1.2 El Patógeno.

Phytophthora infestans produce micelio con esporangios ramificados de crecimiento determinado y en la punta forma esporangios con forma de limón; estos germinan por medio de zoosporas a temperaturas menores de 12 a 15 grados centígrados, y por encima de 15°C, los esporangios germinan por un tubo germinativo. La fase sexual produce oosporas resultantes de la unión del oogonio (células femeninas) y el anteridio (células masculinas), que germinan por un tubo germinal y puede producir esporangio o micelio (Agrios, 1985).

2.1.3 Sintomatología.

Los primeros síntomas en las hojas, consisten en pequeñas manchas verde claro a oscuro que se convierten en lesiones pardas o negras según la humedad del

ambiente. Una aureola verde clara o amarilla suele separar el tejido muerto del sano.

En condiciones de alta humedad y temperatura fría, las lesiones se expanden rápidamente, y la esporulación del patógeno puede notarse en el envés de las hojas. Los tallos también pueden ser afectados por la enfermedad, según el tipo de resistencia exhibido por la planta; las lesiones pueden desarrollarse por infección directa o por extensión a partir de las hojas, en los pecíolos y tallos donde se expanden longitudinalmente. Los tubérculos enfermos presentan una decoloración superficial e irregular; las lesiones necróticas, secas y de color marrón penetran desde la superficie en el tubérculo (Henfling,1987; Zapata,1996).

2.1.4 Epidemiología.

El hongo puede vivir en forma de micelio en tubérculos infestados, en toyas, en tubérculos desechados, en la semilla y en solanáceas silvestres. El micelio produce esporangióforos que emergen a través de los estomas de las hojas y el tallo y se proyectan fuera de ellos (Agrios, 1985).

Los esporangios del hongo son transportados por el viento o caen con la lluvia al suelo, afectando a los tubérculos que se almacenan luego para semilla; el patógeno invade los brotes y las plantas se ven severamente afectadas desde el comienzo de su desarrollo (Guerrero G.O.,1994).

En un clima favorable el período comprendido entre la infección y la formación de

nuevas zoosporas puede durar solo cuatro días; como consecuencia puede producirse nuevas y numerosas generaciones asexuales del patógeno en un solo ciclo de cultivo (Fry et al, 1993).

El hongo muestra una mayor esporulación con una humedad cercana al 100%; los esporangios pierden su viabilidad en unas 3 a 6 horas con humedades por debajo del 80%. La germinación de los esporangios se produce cuando hay rocío o cierto volumen de agua sobre las hojas y puede concluir al cabo de media hora o dos como máximo. De ahí que se requieren de dos a dos horas y media para que se produzca su penetración (Agrios,1985).

Existen dos mecanismos por los cuales *Phytophthora infestans* produce la enfermedad en las plantas de papa: maceración enzimática provocada por la acción del microorganismo o por sus metabolitos que disuelven la pared celular y por la toxicidad prevalente en las células del hospedante debida a la secreción de toxinas por parte del patógeno; el otro mecanismo es por la penetración mecánica directa del microorganismo, el cual atraviesa las paredes celulares del hospedante y crece intercelularmente a expensas de su hospedero (Horikawa et al, 1976).

2.2 RESISTENCIA GENÉTICA

La resistencia al desarrollo de la gota *Phytophthora infestans* Mont de Bary en el follaje de la papa puede ser de dos tipos generales: cualitativa o vertical y

cuantitativa u horizontal (Forbes y Jarvis, 1994). Henfling (1987), las llamó resistencia específica a razas y resistencia general y Parlevliet (1979), las dividió en monogénica y poligénica. Guzmán N. y Niederhauser (1974), clasificaron a la primera como una reacción de hipersensibilidad y específica contra ciertas razas del patógeno, y a la segunda como resistencia parcial, resistencia duradera o de campo y efectiva contra todas las razas del patógeno.

2.2.1 Resistencia vertical:

La resistencia vertical en un huésped está dirigida contra algunas clases del patógeno pero no contra otras. Es controlada por los genes dominantes R (R1 - R11) y es un clásico ejemplo de la relación gen por gen entre hospedero y patógeno. En el follaje de la papa el gen R llega a ser casi inmune a algunas razas del *Phytophthora infestans*. (Van der Plank, 1963; Forbes y Jarvis, 1994).

La resistencia a una raza específica es un factor cualitativo; es decir, es o no es efectiva independientemente del número de genes involucrados. Los genes de la planta de papa que confieren la resistencia específica pueden actuar conjuntamente; es decir cuando dos o más genes están presentes en una variedad, el rango de resistencia es usualmente la suma de rangos de cada gen (Van der Plank, 1963).

Con la resistencia monogénica el patógeno no se puede reproducir sobre el hospedante. Si se inocula esporas de una raza de *P. infestans* sobre hojas de una

variedad de papa con resistencia vertical a la raza, se desarrollarán lesiones necróticas pequeñas en donde el hongo intentó penetrar (Castaño, 1996; Forbes y Jarvis,1994). Ninguna espora se forma sobre estas lesiones y el patógeno no se puede reproducir por otro lado si sobre hojas de la misma variedad de papa se inocula esporas de una raza contra la cual la variedad no tiene resistencia específica, la reproducción del hongo es aparentemente irrestricta (Castaño, 1996).

La resistencia vertical solo existe cuando hay una mezcla de genotipos del huésped. El hongo *P. infestans* es muy variable y forma nuevas clases fácilmente; si ésta hace un genotipo comercialmente popular, las clases capaces de atacar al genotipo llegan a ser más abundantes y la resistencia vertical se desgasta. Esta resistencia vertical perdura cuando las variedades pertenecen a tipos R muy diferentes (Van der Plank, 1963).

La gota de la papa presenta razas fisiológicas que han sido denominadas como: 0, 1, 2, 3, 4, 1.2, 1.3, 1.4, 2.3, 2.4, 3.4, 1.2.3, 1.2.4, 2.3.4, y 1.2.3.4 y los genes que controlan la resistencia se conocen como: R1, R2, R3, R4, R1.R2, R1.R3, R1.R4, R2.R3, R2.R4, R3.R4, R1.R2.R3, R1.R2.R4, y R1.R2.R3.R4 respectivamente (Black,1953).

Por ejemplo la raza 1.2 es capaz de atacar a los genotipos R1,R2 y R1.R2 pero no sobrevive a la presencia de los genes R3 ó R4. Esta susceptibilidad es posible solamente cuando la raza tiene en su clasificación todos los números presentes en el genotipo de la planta huésped (Black, 1953).

Los genes R utilizados en el mejoramiento se han obtenido principalmente de *Solanum demissum* ésta especie de papa es originaria de México donde también se produce el ciclo reproductivo sexual de *Phytophthora infestans*. La coincidencia de estos dos hechos, llevó a la suposición que *S. demissum* y *P. infestans* evolucionaban paralelamente (Henfling, 1987).

Actualmente se conocen 12 genes R, los cuales en todas sus combinaciones corresponden a 4096 razas posibles del hongo. En vista de la alta variabilidad del hongo, los mejoradores ya no confían en los genes R, a pesar de que están ampliamente distribuidos en los materiales de mejoramiento debido al uso extensivo de *S. demissum*. (Henfling,1987).

2.2.2 Resistencia horizontal.

La resistencia horizontal también llamada resistencia de campo, resistencia general ó resistencia de genes menores, no está dominada por genes dominantes específicos de resistencia, como en el caso de la resistencia específica a razas. Se presume que muchos factores contribuyen a la resistencia general como: la resistencia de las células de la cutícula y de la epidermis a la penetración mecánica ó a las enzimas del patógeno; la actividad de las sustancias de las hojas para inhibir la germinación y la penetración de las esporas; el número de estomas y muchos otros factores (Henfling, 1987).

La resistencia horizontal opera contra todas las razas del patógeno y reduce el

índice de infección "r". El índice se reduce por que el huésped se resiste al establecimiento de las esporas que causan lesiones y por que el hongo en las lesiones produce menos cantidad de esporas y le toma más tiempo el producirlas (Van der Plank, 1975). La resistencia poligénica puede retardar el inicio de la epidemia, o mejor aún retardar el avance de una epidemia después de su inicio; dicha situación se produce por:

La reducción del porcentaje de esporas en capacidad de producir infección y en consecuencia el nivel de inóculo; y reduciendo la relación prole parental en uno o menos, buscando mantener ésta relación por debajo del umbral necesario para producir un incremento de la enfermedad (Van der Plank, 1982).

Los genes de la resistencia horizontal existen independientemente de la necesidad para la resistencia, existe en áreas donde el patógeno está ausente y en plantas no amenazadas por la enfermedad. Cuando la necesidad aumenta y la planta está sujeta a la enfermedad, la resistencia horizontal puede incrementarse por los cambios de genes o por la duplicación del gen (Van der Pank, 1975).

Se cree que la resistencia parcial se basa en muchos genes con un efecto aditivo y de herencia cuantitativa, por esto se asume que ésta resistencia es estable en el tiempo: el hongo no puede adaptarse rápidamente debido a que necesitaría muchos cambios para infectar a una variedad con altos niveles de resistencia parcial (Black, 1960).

La resistencia general solo se puede identificar mediante la observación del desarrollo de la enfermedad bajo epifitias naturales o inducidas, y en el caso específico de la resistencia que las plantas muestran síntomas de susceptibilidad en todas sus etapas de crecimiento (Parlevliet, 1985).

Los parámetros más confiables para realizar evaluaciones de resistencia poligénica en el campo son: La tasa de infección aparente (r), la cantidad final de la enfermedad, y el área bajo la curva del progreso de la epidemia (ABCPE). Obviamente, cuanto más altos son los valores r o ABCPE más susceptible es una variedad, clon, material etc. (Parlevliet, 1987).

La tasa de desarrollo de la enfermedad baja es una forma de medir la resistencia en las plantas, considerando estas variedades con un alto contenido de genes de resistencia horizontal (Van Der Plank, 1963).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 LOCALIZACIÓN Y PERIODO DE EJECUCIÓN.

El trabajo se realizó entre abril y diciembre de 1999 en el Centro de investigación Obonuco - Corpoica; ubicado en el municipio de Pasto a 2710 m.s.n.m., con una temperatura de 13°C en promedio y 840 mm de precipitación.

3.2 ESTABLECIMIENTO DE SEMILLEROS.

3.2.1 Colección y obtención de la semilla:

Los frutos de papa fueron colectados en la zona sur del Departamento de Nariño en los municipios de Pupiales, Guachucal, Aldana, Cuaspud Carlosama y Tuquerres. En cultivos ya establecidos se escogieron frutos maduros de Parda Pastusa e ICA-Nariño para obtener la semilla sexual.

La extracción de la semilla se hizo macerando los frutos en una tina pequeña con agua para separarlos del material carnoso; con ayuda de un colador casero se lavaron para posteriormente secarlas a la sombra ubicándolas en papel periódico. Esta semilla permaneció guardada por tres meses hasta el momento de la siembra.



Figura 1: Semilla sexual de Parda Pastusa



Figura 2: Semilla sexual de ICA Nariño

3.2.2 El semillero:

Los semilleros se ubicaron en el invernadero de la estación experimental de Obonuco - Corpoica; en una cama doble provista de cámara de rocío que luego propicio el ambiente favorable para el desarrollo del patógeno en estudio. Se preparó un sustrato compuesto por tres partes de tierra, una de arena y una de materia orgánica previamente desinfectadas a 70°C durante 48 horas. Dicho sustrato se lleno en bandejas de 35 x 45 x 15 cm, las que se llevaron a la cama doble bajo la cámara de rocío.

Se sembraron 10 bandejas por cada variedad depositando las semillas a 1.0 cm de profundidad en surcos separados a 5 cm para una población de 2200 plántulas aproximadamente, tanto en la variedad Parda pastusa como en ICA-Nariño.

3.3 INOCULACIÓN DEL *Phytophthora infestans*.

3.3.1 El inoculo:

El patógeno se aisló de material vegetal de papa como es tallos tiernos y hojas afectadas en cultivos con edades entre los dos y tres meses. La colección de dichos aislamientos se realizó entre febrero y abril de 1999.*

El inóculo estuvo compuesto por una mezcla de diversos aislamientos que fueron cultivados en medio agar arveja y se mantuvieron en incubación hasta el momento de la inoculación.

El crecimiento del hongo compuesto por micelio, zoosporangios y zoosporas se recogió en 100 ml de agua destilada para determinar la concentración de zoosporangios en la cámara de Newbauer. Se aplicó una suspensión de 1×10^5 zoosporangios / ml de agua y se empleó 1.5 litros de agua para cubrir toda el área.

3.3.2 La inoculación

Se realizó 40 días después de la siembra, cuando las plántulas ya desarrollaron los dos primeros pares de hojas verdaderas. La aspersión se hizo con ayuda de un atomizador manual, asperjando la suspensión de la forma más uniforme posible, y con ayuda de la cámara de rocío se mantuvo una humedad relativa alta (mayor del 90%), hasta presenciar el ataque del patógeno.

3.4 EVALUACIONES

3.4.1 Periodo de Incubación

Se realizaron cinco observaciones periódicas cada tres días hasta observar el



Figura 3: Ubicación de las plántulas en las bandejas dentro de la cámara húmeda

ataque del patógeno. Teniendo en cuenta el número de días transcurridos desde la inoculación hasta la aparición de los síntomas de gota, las plántulas de cada variedad se clasificaron en:

Incubación Corta	:	5 a 10 días después de la inoculación
Incubación media	:	10 a 20 días después de la inoculación
Incubación larga	:	Más de 20 días

Por tratarse de una población grande de plántulas, la clasificación no se realizó en forma individual, sino que se expresó en porcentaje de plántulas que presentaron periodo de incubación corto, medio y largo, teniendo en cuenta una población total de 2200 plántulas que conformarían el 100%.

3.4.2 Grado y porcentaje de severidad:

Sé evaluó en base a la escala propuesta por Julia Guzmán N. (1974). En cada variedad se observó detenidamente el desarrollo del *Phytophthora infestans* de acuerdo a la cantidad de tejido afectado con el transcurso del tiempo y se determinó el porcentaje de plantas con grado 0,1,2,3,4 y 5 para cada día en que se tomaron las lecturas.

Se realizaron cuatro lecturas a los ocho, diez, doce y quince días después de la inoculación. A partir de esta población se tuvieron en cuenta para la selección

aquellas plántulas que no presentaron síntomas visibles de la enfermedad y las menos afectadas con calificaciones 1 ó 2. También se tuvo en cuenta el vigor de las plántulas.

Escala de clasificación propuesta por Julia Guzmán N. (1974)

Grado de severidad	Porcentaje de severidad
0	Ninguna lesión
1	Escasas lesiones (1 -15)
2	Hasta el 25% de defoliación
3	Entre el 25 y 50% de defoliación
4	Entre el 50 y 75% de defoliación
5	Del 75% hasta la muerte

3.5 TRANSPLANTE A BOLSAS PLÁSTICAS.

Después de realizada la primera inoculación y analizadas las primeras evaluaciones, se efectuó una selección de plántulas que manifestaron reacciones de resistencia a gota (*Phytophthora infestans*. Mont de Bary).

Teniendo en cuenta un largo período de incubación y bajo grado de severidad se escogieron 42 plántulas de la variedad ICA – Nariño y 36 plántulas en Parda pastusa. Con el mismo sustrato empleado en el semillero se llenaron bolsas plásticas

negras de una libra y se realizo el transplante a los 20 días después de la primera inoculación.

3.5.1 Segunda inoculación de gota:

Después de observar total prendimiento de las plántulas seleccionadas, estas se dejaron en la cámara de rocío y se aplicó por segunda vez una suspensión de *Phytophthora* siguiendo el mismo procedimiento empleado en estado de semillero.

Se aplicó una suspensión de 1×10^5 zoosporangios / ml de agua a los 15 días después del transplante, manteniendo una alta humedad y temperatura favorables para el rápido desarrollo del patógeno, hasta presenciar los síntomas del caso.

3.5.2 Evaluaciones de la enfermedad.

a) **Periodo de Incubación:** con cinco observaciones periódicas cada tres días a partir del día de la inoculación, se evaluó el periodo de incubación del patógeno en cada planta y se hizo la clasificación de acuerdo a la escala propuesta anteriormente. Las evaluaciones se hicieron solo hasta 15 días después del transplante porque hubo la necesidad de transplantar a campo la mayoría de plantas.

b) **Grado y porcentaje de severidad:** por tratarse de un grupo de plantas más pequeño que el inicial, se hicieron observaciones individuales para cada planta, y con la misma escala de Julia Guzmán se calificó y se determinó el porcentaje de severidad a las plantas afectadas. Las lecturas se realizaron a los ocho, diez, doce y quince días después de la inoculación.

c) **Grado de reacción:** teniendo en cuenta el periodo de incubación y la severidad manifestada por cada planta después de la segunda inoculación, las plantas se clasificaron en Resistentes, Moderadamente resistentes y Susceptibles con las siguientes características:

Resistentes: plantas con periodo de incubación largo y escasas lesiones pequeñas después de la última observación.

Moderadamente resistentes: plantas con tiempo de incubación intermedio y lesiones dispersas sin amarillamiento de tejido respecto al resto de las plantas

Susceptibles: plantas con el tiempo de incubación más corto de todo el grupo y muchas lesiones hasta necrosis extensiva.

3.6 TRANSPLANTE A CAMPO

Esta labor se hizo 15 días después de la segunda inoculación. Para la siembra se preparó un lote de 64m² (16m x 4m) y ocho días antes se sembró en los bordes dos surcos de papa Parda pastusa (tubérculos), con el fin de asegurar la infección

natural de *P. infestans*.

Después de la segunda inoculación se seleccionaron plantas que presentaron reacción de resistencia de acuerdo a las evaluaciones ya mencionadas; se llevaron a campo 39 plantas de la variedad ICA-Nariño y 35 de Parda pastusa. La distancia entre plantas fue de 0.5m y entre surcos 1m; las variedades se distribuyeron por pares de surcos intercalando los materiales. El patógeno se presentó en condiciones naturales, sin necesidad de hacer una inoculación artificial.

3.6.1 Evaluaciones de *Phytophthora*.

Se realizaron las mismas evaluaciones anteriormente mencionadas como son: periodo de incubación, grado de severidad, porcentaje de severidad y grado de reacción; siguiendo con el mismo procedimiento empleado en invernadero.

3.6.2 Evaluaciones de la resistencia.

a) Parámetros para evaluar la resistencia parcial: Teniendo en cuenta las lecturas de grado de severidad, periodo de latencia y el tiempo entre las lecturas que se anotaron en invernadero y campo después de la segunda inoculación, se gráfico la curva de incremento de la enfermedad en las plantas que presentaron infección; por otro lado se calculó y gráfico el área bajo la

curva del progreso de la enfermedad y la tasa de infección r.

- La curva de incremento de la enfermedad se realiza ubicando en un plano cartesiano los valores de infección versus el tiempo, para observar visualmente el crecimiento de la enfermedad.
- El área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE) se calcula como una medida de resistencia representada por el progreso lento de la enfermedad teniendo en cuenta las lecturas de grado de reacción y el tiempo entre las lecturas. El cálculo se realizó con la siguiente fórmula:

$$\text{ABCPE} = \frac{(R1 + R2) \times n}{2} + \frac{(R2 + R3) \times n}{2} + \frac{(R3 + R4) \times n}{2}$$

R1= Primera lectura de gota después de la inoculación.

R2= Segunda lectura de gota 10 días después de la inoculación.

R3= Tercera lectura 12 días después de la inoculación.

R4= Cuarta lectura de la enfermedad 15 días después de la inoculación.

N = Intervalo de tiempo (días) entre las lecturas, 2 y 3 días.

De acuerdo al porcentaje de severidad calculado a los ocho, diez, doce y quince días después de la inoculación en cada variedad, se realizó un análisis de correlación para determinar el grado de dependencia entre el porcentaje de severidad y el tiempo. A partir de esto, en donde se encontró correlación se

continuo con un análisis de regresión para medir el porcentaje de tejido afectado por el patógeno a través del tiempo. La tasa de desarrollo de la enfermedad se calculo mediante el modelo de regresión lineal $Y = a + bx$ donde:

Y= Porcentaje de tejido afectado

a= Intercepto

b= Coeficiente de regresión

X= Lecturas tomadas después de la segunda inoculación.

b) Características morfológicas y fisiológicas de los mini tubérculos.

Como otra información importante se registró días a germinación, días a maduración, color, forma y número de mini tubérculos de las plantas que presentaron reacciones de resistencia al patógeno *Phytophthora infestans*.

3.7 Labores de cultivo.

Pasados ocho días después de la germinación en el semillero, se hizo la aplicación de una solución nutritiva a base de elementos mayores (N,P,K) y menores (Ca, Mg, B, Cu, Zn) para mantener el vigor en las plantas. En el momento del transplante a campo se aplicaron 100 gramos de fertilizante compuesto 10-30-10 por planta.

En cuanto al riego, este fue permanente para propiciar un ambiente favorable al desarrollo del patógeno. En campo no hubo necesidad de riego por cuanto las condiciones de lluvia fueron suficientes para mantener una alta humedad.

Para el control fitosanitario de las plantas, se hizo aplicación de Benlate en dosis de 1gr/litro de agua para manejo de Dampin-off en invernadero y cenicilla en campo. Además hubo la necesidad de aplicar Lannate 1 c.c. /litro de agua para el control de pulguilla.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 EN ESTADO DE PLÁNTULA DESPUÉS DE LA PRIMERA INOCULACIÓN.

4.1.1 Periodo de Incubación: En observaciones periódicas realizadas en cada surco, la mayoría de las plántulas presentaron periodo de incubación corto para el patógeno con seis días hasta la aparición de los síntomas, y una mínima cantidad de plantas tuvieron incubación media tardando diez días desde la inoculación hasta presenciar el ataque del patógeno en condiciones ambientales favorables.

Aparición de síntomas en Parda pastusa: Se sembraron un total de 2200 plantas aproximadamente, de las cuales el 11.09 % presentaron síntomas de gota tres días después de la inoculación; el 45.22 % de la población manifestó síntomas cuatro días después; un 42% del total presentaron síntomas a los seis días después de la inoculación y solo el 1.54% del total presentó un periodo de latencia más amplio, con diez días desde la inoculación hasta la aparición de los síntomas. Además el 0.13% (3 plantas) no manifestaron síntomas visibles de gota.

El 98% de la población inicial de plántulas de Parda pastusa tuvieron período de incubación corto indicando, una reacción de susceptibilidad y solo el 1.5% presento reacción de resistencia por tener un período de incubación más largo que luego se tuvo en cuenta para la selección de las plantas para la próxima prueba.

Tabla 1

Periodo de incubación en la variedad parda pastusa e ICA - Nariño en estado de plántula

PERIODO DE INCUBACIÓN	PORCENTAJE DE PLÁNTULAS (%)		NO. APROXIMADO DE PLANTAS	
	PARDA	ICA-NARIÑO	PARDA	ICA-NARIÑO
3 DDIN	11,09	12,04	244	265
4 DDIN	45,22	46,0	995	1012
6 DDIN	42,00	40,0	924	880
10 DDIN	1,54	1,59	34	35
PLANTAS SIN SÍNTOMAS	0,13	0,32	3	7
TOTAL	100	100	2200	2200

Aparición de síntomas en ICA -Nariño: Igual que en la anterior se sembraron cerca de 2200 plantas, de las cuales el 11% presentaron síntomas de gota tres días después de la inoculación; en el 45% de las plantas se observaron síntomas después de cuatro días y el 42% de las plantas presentaron síntomas seis días después de la inoculación; teniendo en cuenta la escala de clasificación, las plantas presentaron período de incubación corto ante la presencia del patógeno en condiciones ambientales favorables.

Se encontró una pequeña cantidad de plantas con período de incubación medio 1,59% que manifestaron síntomas diez días después de la inoculación; también hubo un 0.32% (siete plantas) en las que no se observó síntomas de *Phytophthora infestans*.

Al tener un periodo de incubación corto, el patógeno se desarrolla más rápido en menor tiempo y afecta más tejido vegetal puesto que se incrementan los ciclos reproductivos y las unidades infectivas en contra del hospedero de lo contrario entre más tiempo tarde la incubación del patógeno este retarda la colonización del tejido y la aparición de los síntomas.

Deshmak, Howard y Schaper (1965) mencionan que la alta resistencia parcial de ciertas variedades de *Solanum tuberosum*, se debe a un periodo más largo de incubación y a una más baja producción de esporas del hongo.

4.1.2 Grado y porcentaje de severidad

Parda pastusa: Después de inocular 2200 plántulas se presenciaron los siguientes grados de severidad. Con grado 0 encontramos el 0,13% que corresponde a tres plantas; el 0,5% tuvo grado 1, encontrando 23 plantas con lesiones muy pequeñas y escasas; el 1,04% conformado por 11 plantas presentaron grado 2 con más lesiones dispersas y el 98% restante 2163 plantas presentaron grados 3, 4 y 5 con progreso rápido de la enfermedad. Esto sucedió pasados quince días después de la inoculación. Entonces de la población total se seleccionaron 37 plantas, las que presentaron grados 0, 1 y 2 correspondientes al 1.68% del total. Con esto decimos que por cada 100 plántulas provenientes de semilla sexual de Parda pastusa, solo una a dos plantas presentaron reacción de resistencia a gota después de quince días de la inoculación del patógeno *Phytophthora infestans*.

ICA-Nariño: Después de 15 días de la primera inoculación, de un total de 2200 plantas se escogieron 42 (1,9%) que presentaron reacción de resistencia al presentar un bajo grado de severidad (1); 19 plantas manifestaron varias lesiones dispersas para calificaciones con grado 1 que hacen parte del 0.86% del total de la población y 16 plantas representando un 0,72% presentaron grado 6. La mayor cantidad de plantas 2158 (98%) presentó grados 3, 4, y 5 después de quince días de realizada la inoculación de gota, sin presentar ninguna reacción de resistencia; estas fueron descartadas para continuar con el trabajo. Se puede apreciar que la cantidad de tejido afectado y plántulas enfermas se aumenta a medida que pasa



Figura 5: Población de plántulas de Parda Pastusa 20 días después de la siembra



Figura 5: Población de plántulas de ICA Nariño 30 días después de la siembra

el tiempo, esto se debe a la alta capacidad reproductiva del patógeno quien aumenta en progresión geométrica.

Aparte de la cantidad de plantas que resultaron afectadas por gota, encontramos un grupo pequeño pero de gran importancia que no fueron afectadas en mayor grado y que mantuvo su vitalidad en medio de las más enfermas, estas se tuvieron en cuenta para la selección.

Tanto en la variedad Parda pastusa como en ICA-Nariño, el porcentaje de plantas sanas o con menor grado de severidad disminuye con el paso del tiempo, y paralelo a esto la población de individuos enfermos con mayor grado de severidad aumenta. Como podemos observar a los ocho días después de la inoculación, en ICA-Nariño encontramos que un 60% de las plantas presentan grados 0, 1 y 2, pero pasados quince días solo el 2% manifiestan menor grado de severidad.

4.2 DESPUÉS DEL TRANSPLANTE A BOLSAS PLÁSTICAS Y SEGUNDA INOCULACIÓN.

4.2.1 Periodo de Incubación.

Parda pastusa: Después de haber inoculado gota por segunda vez, en el grupo de plantas seleccionadas se observaron los síntomas desde los cuatro hasta los cinco días después de la inoculación; y de acuerdo a la escala de calificación encontramos los siguientes resultados:

Tabla 2

Grados y porcentajes de severidad que presento la población de parda pastusa a los 8, 10, 12 y 15 días después de la primera inoculación

GRADO DE SEVERIDAD	% DE SEVERIDAD	DÍAS DESPUÉS DE LA INOCULACIÓN			
		8	10	12	15
0	0%	285	3	3	3*
1	1 – 15%	530	375	145	11*
2	Hasta 25%	560	450	240	23*
3	25 – 50%	380	475	520	683
4	50 – 75%	325	575	760	800
5	75 – Muerte	120	322	530	680

Tabla 3

Grados y porcentaje de severidad que presento la población de plántulas de ICA Nariño después de la primera inoculación

GRADO DE SEVERIDAD	% DE SEVERIDAD	DÍAS DESPUÉS DE LA INOCULACIÓN			
		8	10	12	15
0	0%	280	7	7	7*
1	1 – 15%	565	355	130	19*
2	Hasta 25%	480	640	240	16*
3	25 – 50%	395	445	724	738
4	50 – 75%	330	470	620	670
5	75 – Muerte	150	285	480	750

De 37 plantas inoculadas, 12 de ellas tuvieron incubación corta y corresponden al 32.4% y el 67.5% restante conformado por 25 plantas no presentaron síntomas visibles hasta quince días después de la segunda inoculación cuando se realizó la última observación. De las doce plantas en dos de ellas (P6 y P28) se detectaron síntomas cuatro días después de la inoculación y posteriormente hubo muerte de la planta; siete de las doce (P17, P19, P27, P29, P31, P32, y P36) manifestaron síntomas cuatro días después, pero más tarde hubo recuperación de las plantas y las tres restantes (P9, P33 y P34) se enfermaron 5 días después de la segunda inoculación acompañada de la recuperación de la planta (ver tablas 4 y 5).

Además dentro de las que tuvieron latencia corta y posterior recuperación hay las tres que no manifestaron síntomas en la primera inoculación y el resto fueron las que antes presentaron latencia media.

Se pudo observar que en unas plantas, la infección empieza en las hojas jóvenes y progresa en el resto de la planta afectando las otras hojas y llegando al tallo hasta causarles la muerte; en otras plantas la enfermedad inició en las hojas de la parte media y en hojas viejas, pero termina con la caída de las hojas afectadas sin afectar al resto de la planta. Otras no presentaron infección de gota después de la segunda inoculación.

Como podemos apreciar en la tabla 6 **ICA-Nariño**: Después de la segunda inoculación este grupo de plantas presenta síntomas a los 4, 5, y 13 días

Tabla 4

Periodo de incubación en parda pastusa e ICA - Nariño en estado de plántula después de la segunda inoculación con “gota “

VARIEDAD	PERIODO DE INCUBACIÓN	No. DE		% DE PLANTAS EN CADA CASO
		PLANTAS INFECTADAS	PLANTAS NO INFECTADAS	
PARDA	4	9		24,33
PASTUSA	5	3		8,10
			25	67,57
	4	8		19,05
ICA	5	2		4,76
NARIÑO	13	3		7,14
			29	69,05



Figura 6: Plántulas de Parda Pastusa seleccionadas y transplantadas después de la primera inoculación



Figura 7: Plántulas de ICA Nariño seleccionadas y transplantadas después de la primera inoculación

encontrando plantas con periodo de latencia corto y medio de la siguiente manera:
De las 42 plantas inoculadas, tres de ellas R1, R18 y R42 (7%) manifestaron síntomas pasados cuatro días y más tarde hubo muerte de las plantas por progreso rápido de la enfermedad al resto de la planta; en 5 plantas (11.9%) se apreciaron síntomas cuatro días después de la inoculación y hubo recuperación de las plantas; de las 42 inoculadas, dos (4.7%) presentaron gota cinco días después de inoculadas con posterior recuperación; tres (7%) manifestaron gota a los 13 días después de la inoculación y en las 29 restantes no se observaron síntomas de gota hasta quince días después de la inoculación. Entonces el 23% tuvieron incubación corta y el 7% presentó periodo de incubación medio (ver tabla No.4).
En las dos variedades, Parda pastusa e ICA-Nariño encontramos tres grupos de plantas después de la segunda inoculación y son:

A = Con infección de gota + muerte

B = Enfermas + recuperación

C = Sin infección de gota.

El primer grupo no presenta ningún mecanismo o reacción de resistencia y la enfermedad avanza hasta la muerte de la planta, por esto son calificadas como susceptibles y descartadas para llevar a campo. Las del grupo **B** son infectadas por el patógeno, pero muy poco en comparación con las más susceptibles en condiciones ambientales favorables, la enfermedad no avanza y son calificadas como plantas con resistencia parcial. Las del grupo **C** pueden pertenecer a una resistencia vertical o monogénica por no ser infectadas; esta puede ser efectiva para cierta raza durante poco tiempo.

4.2.2 Grado y porcentaje de severidad:

Parda pastusa: De acuerdo a los grados leídos a los ocho, diez, doce y quince días después de la segunda inoculación, encontramos que la población de Parda pastusa tiene una severidad del 10.27% a los ocho días después de la inoculación; pasados diez días la severidad es del 15.67%; después de 12 días fue del 11.89% y pasados quince días la severidad alcanzada fue del 11.35% (ver tabla 5).

Después de la segunda inoculación con gota *Phytophthora infestans* se observaron menos plantas afectadas que en la primera inoculación, en algunas plantas el grado de severidad aumenta con el paso del tiempo hasta ocasionar la muerte a la planta y en otras, después de iniciada la infección el grado de severidad disminuye porque la enfermedad no avanza y la planta se recupera.

En la tabla número 5 podemos apreciar que las plantas identificadas con los números 9, 17, 19, 27, 29, 31, 32, 35 y 36 presentan grados de severidad 1 a 2 hasta ocho días después de la inoculación. Lo contrario ocurre con las plantas P6 y P28 que manifestaron grado 1 a los ocho días y progresan hasta los quince días cuando presentan grado 5 con la muerte de la planta. En el resto de las plantas no se apreciaron síntomas de gota y de las 37 plantas inoculadas solo el 4.7% (2 plantas) mueren.

ICA-Nariño: De igual manera que en Parda pastusa en esta variedad el número de plantas afectadas por gota es menor que en la primera inoculación. Después

de la segunda inoculación el grupo de plantas de ICA-Nariño presento 6.6% de severidad a los ocho días después de la inoculación; 9.04% a los diez días; 8.5% a los doce días y 10.95% de severidad pasados 15 días después de la segunda inoculación.

En la tabla número 6 se puede observar que las plantas 9, 15, 29, 35 y 37 presentan grados de severidad 1 a 2 ocho días después de la inoculación, luego avanzan a grados 2 y 3 y finalmente a los 15 días vuelven a grado 1 y 0 por recuperación de la planta. Las plantas 11, 30 y 36 presentan grado de severidad cero hasta doce días después de la inoculación y a los 15 días tienen grado 1 con escasas lesiones; estas se tienen en cuenta por su reacción de resistencia al inhibir la penetración y germinación del patógeno.

En las plantas 1, 18 y 42 el grado de severidad avanza con el paso del tiempo hasta que el hongo causa la muerte de las plantas a los 15 días después de la segunda inoculación, indicando reacción de susceptibilidad ante el patógeno *Phytophthora infestans*.

Como ya habíamos discutido antes encontramos tres tipos de plantas de acuerdo al grado de severidad de gota que presentaron; entonces tenemos plantas que no se infectaron por que inhibieron el desarrollo del patógeno al incrementar su periodo de latencia, pues no se apreciaron síntomas hasta quince días después de la inoculación. Dentro de las plantas que manifestaron la enfermedad unas indicaron reacción de

hipersensibilidad, puesto que la enfermedad inicia y progresa hasta cierto punto pero después de un tiempo se detiene por que las células del sitio afectado mueren antes de que el patógeno se reproduzca; También se observó la caída de hojas afectadas por gota deteniendo así la fuente de inóculo. En otras plantas el período de latencia fue mayor, como es el caso de las plantas que presentaron la infección trece días después de la inoculación, y hubo otras más susceptibles con un periodo de latencia más corto, permitiendo así la rápida entrada de la gota y reproducción del hongo sin que la planta desarrolle mecanismos que detengan la infección, causando así la muerte de la planta.

Bonierbale (1996) investigador del CIP, menciona que en un trabajo donde se busque materiales resistentes, la meta no es crear plantas con inmunidad total al patógeno sino mantener la enfermedad a raya el tiempo suficiente para evitar que el cultivo se deteriore. En esta forma hay menor presión para que el hongo desarrolle variantes más virulentas.

En trabajos realizados por Guzmán y otros (1975) sobre la resistencia parcial de la papa al *Phytophthora infestans*, encontró que dicha resistencia depende de factores como: la velocidad de esporulación, tamaño relativo de la lesión, cantidad de esporulación y resistencia al desarrollo de la enfermedad.

4.2.3 Grado de reacción

Después de haber observado el periodo de latencia, grado de severidad,

porcentaje de severidad y el progreso de la enfermedad después de la segunda inoculación con goma *P. infestans* se puede calificar la reacción que presentaron las plantas en: Susceptibles, Moderadamente resistentes y Resistentes.

Aquellas que no presentaron síntomas se calificaron como resistentes, es así como en Parda pastusa se encontró que de 37 plantas el 70.2% (26 plantas) fueron resistentes y el 24.3% fueron moderadamente resistentes (9 plantas); éstas se infectaron pero se recuperaron y el 5.4% (2 plantas) permitieron el desarrollo de la enfermedad.

En ICA-Nariño, se encontró que de 42 plantas inoculadas, el 78.57% de las plantas son resistentes al no presentar infección por goma; el 14.28% (6 plantas) son moderadamente resistentes y el 7.14% (3 plantas) son susceptibles, pues no presentan ninguna reacción de resistencia y mueren.

Según Henfling (12987), una variedad con resistencia general es susceptible, pero es menos susceptible que una variedad con una menor resistencia general, y a este tipo de resistencia contribuyen muchos factores como son mecánicos, enzimáticos, fisiológicos y ambientales entre otros.

4.3 Transplante a campo.

4.3.1 Periodo de Incubación: Antes de dar a conocer los resultados, es importante mencionar que las condiciones ambientales durante la permanencia de las plantas en el campo fueron muy favorables al desarrollo de *Phytophthora*

Tabla 5

Periodo de latencia, grado y porcentaje de severidad y grado de reacción en ICA
Nariño después de la segunda inoculación

No. DE PLANTA	PERIODO DE LATENCIA	D.D.I.N. GRADOS DE SEVERIDAD POR PLANTA				GRADOS DE REACCIÓN
		8	10	12	15	
R 1	4	2	2	3	4	S
R 2	-	0	0	0	0	R
R 3	4	1	2	1	1	MR
R 4	-	0	0	0	0	R
R 5	-	0	0	0	0	R
R 6	-	0	0	0	0	R
R 7	-	0	0	0	0	R
R 8	-	0	0	0	0	R
R 9	4	1	2	3	2	MR
R 10	-	0	0	0	0	R
R 11	13	0	0	0	1	R
R 12	-	0	0	0	0	R
R 13	-	0	0	0	0	R
R 14	-	0	0	0	0	R
R 15	4	1	2	1	1	MR
R 16	-	0	0	0	0	R
R 17	-	0	0	0	0	R
R 18	4	1	2	3	5	S
R 19	-	0	0	0	0	R
R 20	-	0	0	0	0	R
R 21	-	0	0	0	0	R
R 22	-	0	0	0	0	R
R 23	-	0	0	0	0	R
R 24	-	0	0	0	0	R
R 25	-	0	0	0	0	R
R 26	-	0	0	0	0	R
R 27	4	2	1	1	1	MR
R 28	-	0	0	0	0	R
R 29	4	2	1	1	0	R
R 30	13	0	0	0	1	R
R 31	-	0	0	0	0	R
R 32	-	0	0	0	0	R
R 33	-	0	0	0	0	R
R 34	-	0	0	0	0	R
R 35	5	1	2	1	1	MR
R 36	13	0	0	0	1	R
R 37	5	1	2	1	1	MR
R 38	-	0	0	0	0	R
R 39	-	0	0	0	0	R
R 40	-	0	0	0	0	R
R 41	-	0	0	0	0	R
R 42	4	2	3	3	4	S
PORCENTAJE DE SEVERIDAD		6.6%	9.04%	8.5%	10.95%	

Tabla 6

Resultados de periodo de latencia, grado y porcentaje de severidad y grado de reacción en parda pastusa después de la segunda inoculación

No. DE PLANTAS	PERIODO DE LATENCIA	DÍAS DESPUÉS DE LA INOCULACIÓN Y GRADOS DE SEVERIDAD				GRADO DE REACCIÓN
		8	10	12	15	
P 1	-	0	0	0	0	R
P 2	-	0	0	0	0	R
P 3	-	0	0	0	0	R
P 4	-	0	0	0	0	R
P 5	-	0	0	0	0	R
P 6	4	1	2	4	5	S
P 7	-	0	0	0	0	R
P 8	-	0	0	0	0	R
P 9	5	2	3	2	2	MR
P 10	-	0	0	0	0	R
P 11	-	0	0	0	0	R
P 12	-	0	0	0	0	R
P 13	-	0	0	0	0	R
P 14	-	0	0	0	0	R
P 15	-	0	0	0	0	R
P 16	-	0	0	0	0	R
P 17	4	2	3	2	1	MR
P 18	-	0	0	0	0	R
P 19	4	1	2	1	1	MR
P 20	-	0	0	0	0	R
P 21	-	0	0	0	0	R
P 22	-	0	0	0	0	R
P 23	-	0	0	0	0	R
P 24	-	0	0	0	0	R
P 25	-	0	0	0	0	R
P 26	-	0	0	0	0	R
P 27	4	2	3	2	1	MR
P 28	4	1	2	3	5	S
P 29	4	2	3	1	1	MR
P 30	-	0	0	0	0	R
P 31	4	2	3	2	1	MR
P 32	4	2	2	1	1	MR
P 33	5	1	2	1	1	R
P 34	5	1	2	2	1	MR
P 35	-	0	0	0	0	R
P 36	4	2	2	1	1	MR
P 37	-	0	0	0	0	R
PORCENTAJE DE SEVERIDAD		10.27%	15.67%	11.89%	11.35%	

infestans, observándose las primeras lesiones de ocho a diez días después del trasplante. Entonces teniendo en cuenta la escala de calificación, la mayoría de las plantas presentaron incubación corta.

En la variedad **Parda pastusa**, casi todas las plantas manifestaron la infección en poco tiempo, en la tabla 7 podemos apreciar que de 35 plantas llevadas a campo solo el 40% (14 plantas) manifestaron síntomas ocho días después del trasplante; el 8.5% de las plantas (3) se enfermaron a los nueve días; un 42.85% (15) presenta síntomas después de 10 días y el 8.5% restante (3 plantas) se enfermaron con gota a los doce días después del trasplante, para un periodo de latencia medio.

En **ICA-Nariño**, el periodo de incubación fue similar, es así que de 39 plantas llevadas a campo, el 46,15% (18 plantas) presentaron síntomas a los ocho días después del trasplante a campo; el 15.38% conformado por seis plantas manifestaron la enfermedad a los nueve días; en el 35.8% (14 plantas) se apreciaron síntomas pasados diez días y solo el 2.5% (una planta) presenta la enfermedad a los doce días después del trasplante, siendo así la única planta con periodo de incubación medio (ver tabla 8).

Con lo anterior se puede decir que la raza o tipos del patógeno presente en el medio fueron más agresivos logrando romper los mecanismos de resistencia en menos tiempo que el empleado por él inóculo utilizado en invernadero.

4.3.2 Grado y porcentaje de severidad en campo

Parda pastusa: En las 35 plantas llevadas a campo encontramos que después de 10 días tres de ellas, P1, P7 y P21 (8.57%) no tenían infección, indicando un grado de severidad cero (0) en 24 plantas (68.57%) se observó una severidad con grado 1 y las otras ocho (22.85%) manifestaron grado 2, teniendo así un porcentaje de severidad del 22.85% para todo el grupo de plantas de la variedad Parda pastusa a los 20 días del transplante.

Pasados dos días más (doce días después de llevarlas a campo) observamos que cinco plantas (14.28%) indicaron grado de severidad 1; 16 de ellas (45.7%) presentaron grado 2 y las otras 14 (40%) tuvieron grado de severidad 3 para un porcentaje de severidad igual a 45.14% para todas las plantas a los doce días. Después de catorce días del transplante, dos plantas P7 y P21 (5.7%) presentaron grado 1, seis de las 35 (17.14%) tuvieron grado 2; en doce plantas (34.2%) se observó grado 3 y 15 de ellas (42.85%) presentaron grado 4. Entonces el porcentaje de severidad general fue de 62.85% a los 14 días después del transplante (ver tabla7).

ICA-Nariño: De esta variedad se llevaron a campo 39 plantas en las que a los diez días se pudo observar que una de ellas (2.5%) presentó grado 0 sin presencia de infección por gota, otras 26 plantas (66.6%) indicaron grado 1 con escasas lesiones y las otras doce (30.76%) presentaron grado 2 para una

severidad del 25.64% para todo el grupo a los diez días de llevarlas a campo (tabla 8).

Después de doce días encontramos cuatro plantas (10.25%) con grado de severidad 1; otras 23 que son el 58.97% presentaron grado 2 y doce (30.76%) tuvieron grado 3; para un porcentaje de severidad del 44.10% en todo el grupo de plantas. Posteriormente catorce días después encontramos una planta (2.57%) con grado 1; tres plantas (7.69%) indicaron grado 2; 22 plantas (56.4%) presentaron grado 3; en 10 plantas (25.64%) se observó grado 4 y tres de las 39 (7.69%) indicaron grado cinco con muerte de la planta. Entonces el porcentaje de severidad para el grupo fue del 65.64% a los catorce días después del transplante a campo.

De acuerdo a los resultados anteriores, después de 14 días de llevar las plantas a campo, estas manifestaron su reacción de resistencia o susceptibilidad, es así como en la variedad Parda Pastusa en las plantas P1, P14, P17, P20, P30 y P35 la enfermedad progresa en forma lenta respecto al resto de plantas, indicando su reacción de resistencia al desarrollo del patógeno. Las plantas P7, y P21 además de tener un período de incubación más amplio (12 días), la enfermedad no progresa en dos días, que es el intervalo entre lecturas, indicando también su reacción de resistencia a la entrada y desarrollo del patógeno, y en la otras 27 plantas el periodo de incubación es menor y la infección avanza más rápido presentando grados de severidad 3 y 5, indicando la reacción de susceptibilidad.

Tabla 7

Resultados de campo observados en parda pastusa

No. de Planta	Periodo de incubación	Días después del trasplante a campo y grado de severidad por planta			Grado de reacción	* ABCPE
		10	12	14		
P1	12	0	1	2	MR	4
P2	10	1	2	4	S	9
P3	8	2	2	3	S	9
P4	10	1	2	4	S	9
P5	8	1	2	3	S	8
P7	12	0	1	1	R	1
P8	8	1	3	4	S	11
P9	8	2	3	4	S	12
P10	10	1	2	3	S	8
P11	10	1	2	3	S	8
P12	8	2	2	4	S	10
P13	9	2	3	4	S	12
P14	10	1	2	2	MR	7
P15	8	1	2	4	S	9
P16	8	1	3	4	S	11
P17	10	1	2	2	MR	7
P18	8	2	3	4	S	12
P19	9	1	2	3	S	8
P20	10	1	2	2	MR	7
P21	12	0	1	1	R	1
P22	10	1	3	3	S	10
P23	8	1	3	3	S	10
P24	8	2	3	4	S	12
P25	9	1	2	3	S	8
P26	10	1	3	3	S	10
P27	8	1	2	4	S	9
P29	8	1	3	4	S	11
P30	10	1	1	2	MR	5
P31	8	1	3	3	S	10
P32	10	1	2	3	S	8
P33	10	1	2	3	S	8
P34	10	1	3	4	S	11
P35	8	1	1	2	MR	5
P36	8	2	3	4	S	12
P37	8	2	3	4	S	12
SEVERIDAD	TOTAL	22.85%	45.14%	62.85%		

* Area bajo la curva del progreso de la enfermedad.

S = Susceptible

MR = Moderadamente resistente

R = Resistente

Tabla 8
Resultados de campo observados en ica nariño

No. de Planta	Periodo de latencia	Días después del trasplante a campo y grado de severidad por planta			Grado de reacción	* ABCPE
		10	12	14		
R2	8	2	3	4	S	12
R3	10	1	1	3	S	6
R4	10	1	1	3	S	8
R5	9	1	2	4	S	9
R6	8	2	3	3	S	7
R7	10	1	4	3	S	8
R8	8	2	3	5	S	13
R9	8	2	3	3	S	11
R10	8	1	2	3	S	8
R11	9	2	2	3	S	9
R12	8	1	2	3	S	8
R13	8	2	3	3	S	11
R14	10	1	1	2	MR	3
R15	8	2	3	5	S	13
R16	9	1	1	2	MR	3
R17	8	1	2	3	S	8
R19	10	1	2	3	S	8
R20	12	0	1	1	R	1
R21	9	1	2	2	MR	7
R22	10	2	3	3	S	11
R23	8	1	2	3	S	8
R24	10	1	2	4	S	9
R25	10	1	2	3	S	8
R26	8	1	2	3	S	8
R27	8	1	2	4	S	9
R28	10	1	2	3	S	8
R29	8	2	3	5	S	13
R30	10	1	3	3	S	10
R31	10	1	2	3	S	8
R32	9	1	3	4	S	11
R33	8	1	2	3	S	8
R34	10	1	2	4	S	9
R35	8	2	3	3	S	11
R36	9	1	2	3	S	8
R37	8	2	2	4	S	10
R38	8	2	2	4	S	10
R39	8	1	2	3	S	8
R40	10	1	3	4	S	11
R41	10	1	3	4	S	11
SEVERIDAD	TOTAL	25.64%	44.10%	65.64%		

- Area bajo la curva del progreso de la enfermedad.

S = Susceptible MR = Moderadamente resistente R = Resistente

Por otra parte las plantas de ICA- Nariño R4, R16, R20 y R21 presentaron grados 1 y 2 a los quince días por que hay progreso lento de la enfermedad, manifestando reacción de resistencia al *Phytophthora infestans*; en las otras 35 plantas la enfermedad progresa rápido desde los ocho días después del transplante hasta los quince días cuando se observan grados de severidad de 3 a 5 indicado la susceptibilidad de las plantas al patógeno.

Sí analizamos los resultados en forma general, la mayoría de las plantas no presentaron reacción de resistencia ante el patógeno en condiciones de campo, el cual se desarrollo muy agresivo afectando seriamente a su hospedero.

Esto indica que la aparente resistencia observada en las anteriores infecciones se rompió, por que los nuevos tipos de hongo que permanecían en ese momento en el campo fueron más fuertes que los mecanismos de resistencia de las plantas ante un ambiente muy favorable ó el patógeno de la anterior inoculación permaneció latente por un largo período y al llevarlo a campo se facilitó su desarrollo; de esta manera estaríamos afirmando lo dicho por Castaño en 1996 y Mendoza 1994 respecto a la influencia de los cambios en el ambiente en el nivel de infección en plantas con resistencia parcial.

4.3 GRADO DE REACCIÓN

Teniendo en cuenta el periodo de latencia, el tamaño de las lesiones y el progreso

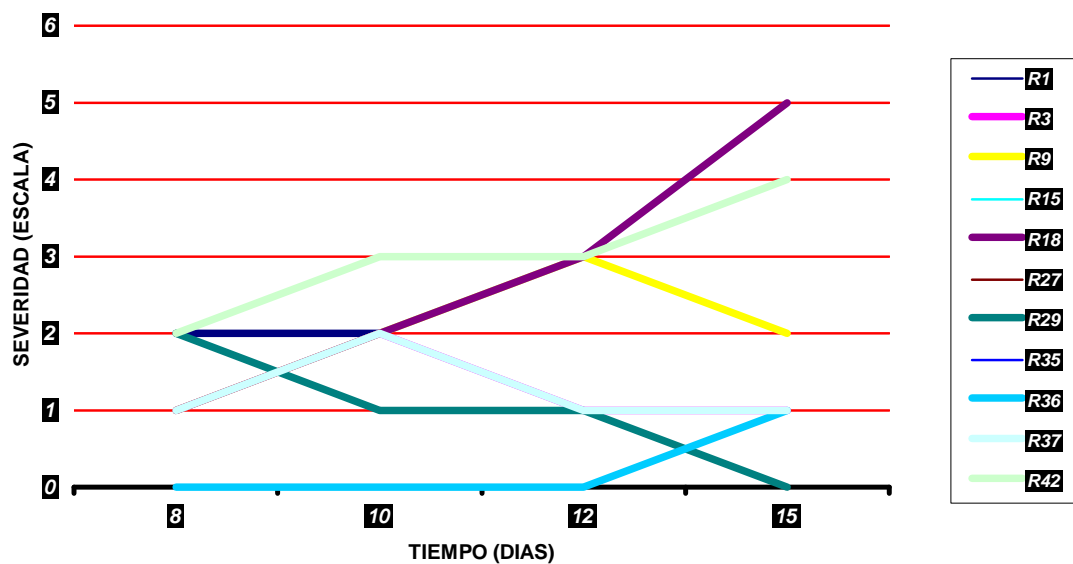
de la enfermedad, encontramos que en las 35 plantas de Parda Pastusa ocho de ellas presentaron reacción de resistencia a gota y corresponden al 22.8% del grupo; y un 77.14% de las seleccionadas después de las dos inoculaciones en invernadero mueren en el campo ante una nueva presencia del patógeno.

En el grupo de ICA-Nariño cuatro de las 39 plantas (10.25%) manifestaron reacciones de resistencia después de afrontar la presencia del *Phytophthora infestans* en condiciones de campo y el 89.7% del mismo grupo fueron severamente afectadas por el patógeno indicando reacción de susceptibilidad.

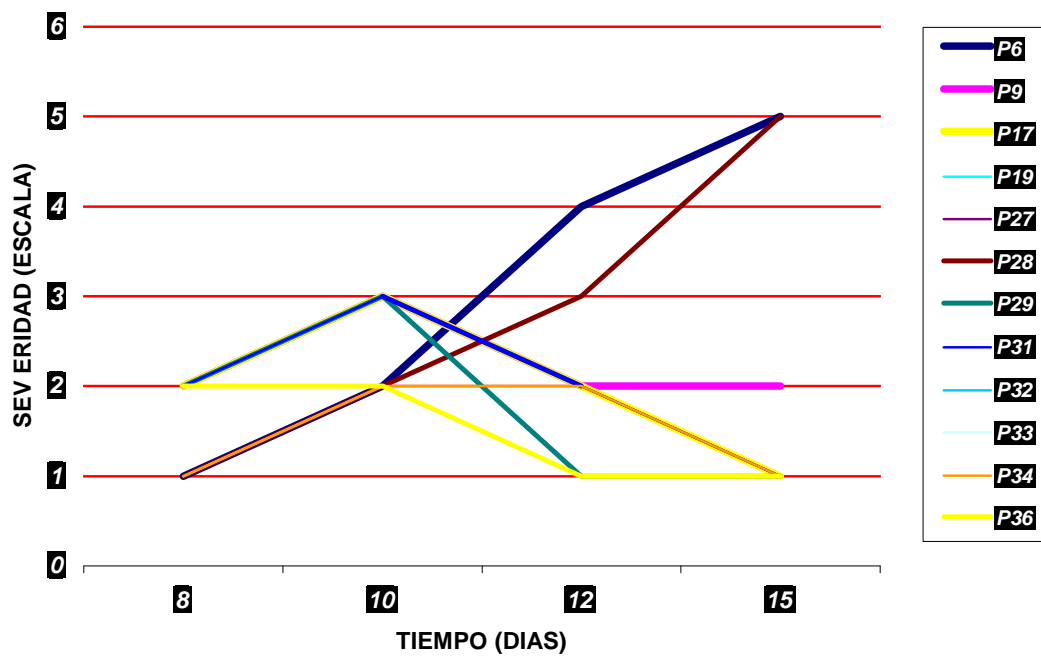
4.4 EVALUACIONES DE LA RESISTENCIA

4.4.1 Curva de incremento de la enfermedad

Como podemos apreciar en las gráficas, después de la segunda inoculación unas plantas presentaron un incremento rápido de la enfermedad, pero en otras el desarrollo fue muy lento. En la variedad ICA-Nariño en las plantas R18, R1 y R42 que presentaron infección la enfermedad avanza muy rápido a través del tiempo en comparación con las plantas R11, R30, y R36 en donde el desarrollo de la enfermedad es lento, llegando a grado 1 después de 15 días de la inoculación. También hay otras plantas como R9, R7, R15, R35, R37, R27 y R29, en las que la infección avanza poco tiempo después de la inoculación pero después se detiene o desciende indicando que la planta pone resistencia al desarrollo del patógeno.



Grafica 1: Curva de incremento de la enfermedad en plantas de ICA Nariño inócula de la segunda inoculación



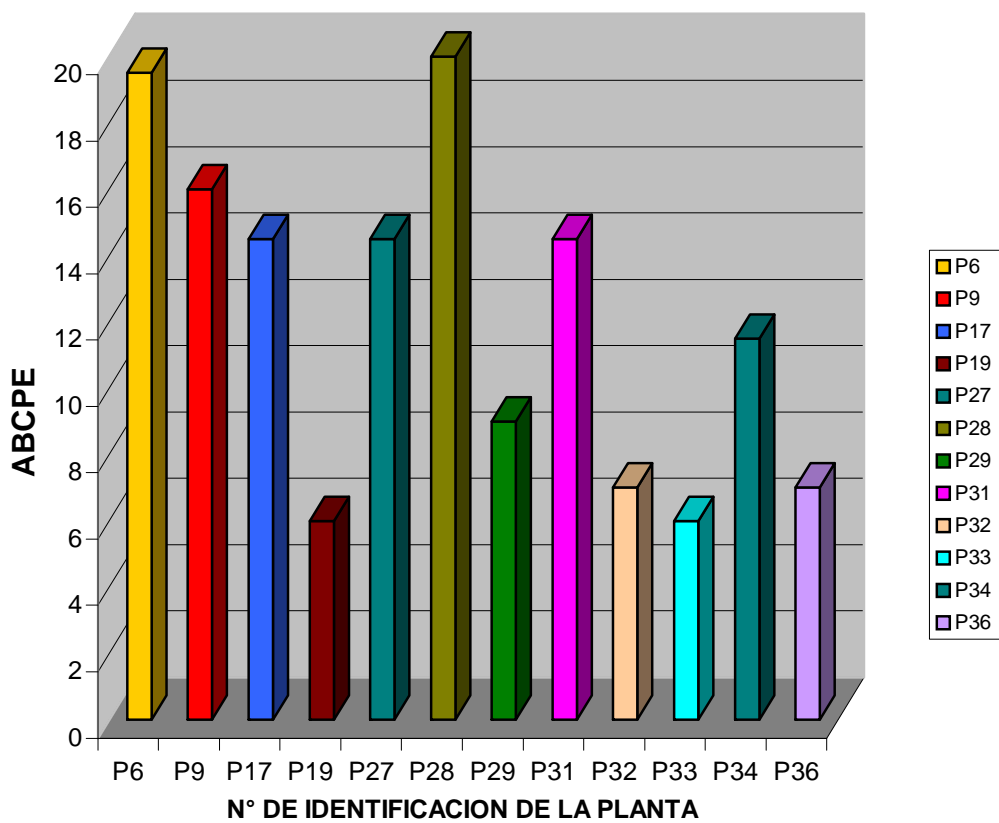
Grafica 2: Curva de incremento de la enfermedad en plantas de parda pastusa después de la segunda inoculación

En el grupo de la variedad parda pastusa, las plantas en las que la enfermedad se desarrolló en forma ascendente fueron P28 y P6 aumentando el grado de severidad a través del tiempo hasta causar la muerte de la planta. Otras plantas como P19, P9, P17, P27, P29, P31, P32, P34 y P36 indican más resistencia al desarrollo de la enfermedad con una curva ascendente en los primeros días y un descenso al final de las lecturas hasta llegar a la recuperación de las plantas. En esta variedad no se observó el tipo de plantas en que el patógeno se presentó en los últimos días.

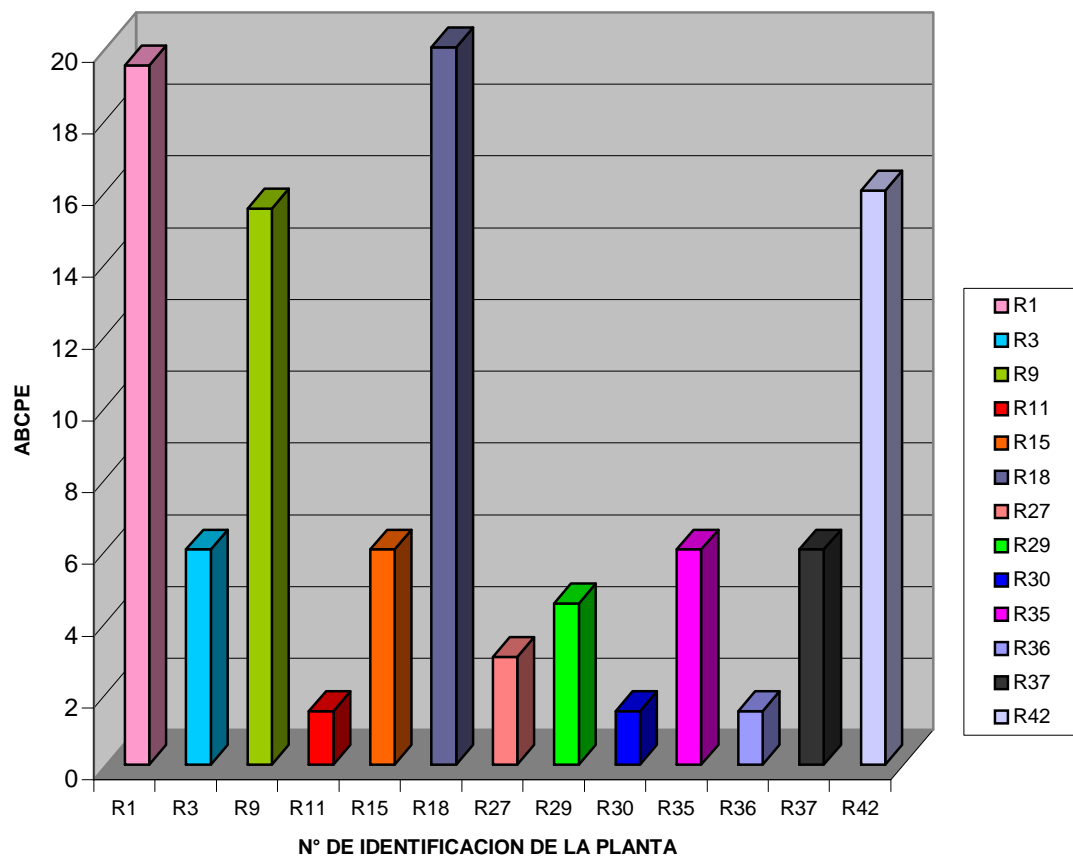
4.4.2 Area bajo la curva del progreso de la enfermedad.

El área bajo la curva del progreso de la enfermedad calculado para las plantas de Parda pastusa, e ICA Nariño que presentaron infección por gota después de la segunda inoculación fue:

En **Parda pastusa** las plantas identificadas como P19, P29, P32, P33 y P36 mostraron un valor de 6, 9, 7, 6 y 7 respectivamente donde el área bajo la curva evidencia una reacción de resistencia al patógeno, siendo posible la participación de genes que contribuyen al progreso lento de la enfermedad. Las plantas P9, P17, P27, P31 y P4 tuvieron un comportamiento como moderadamente susceptibles a la enfermedad, indicando un ABCPE intermedia con valores de 16, 14.5, 14.5 y 11.5 de progreso de la enfermedad por día, en contraste con las plantas P6 y P28 que indican baja restricción del patógeno con un valor superior



Gráfica 3 : Area bajo la curva de progreso de la enfermedad en las plantas de Parda Pastusa con infección



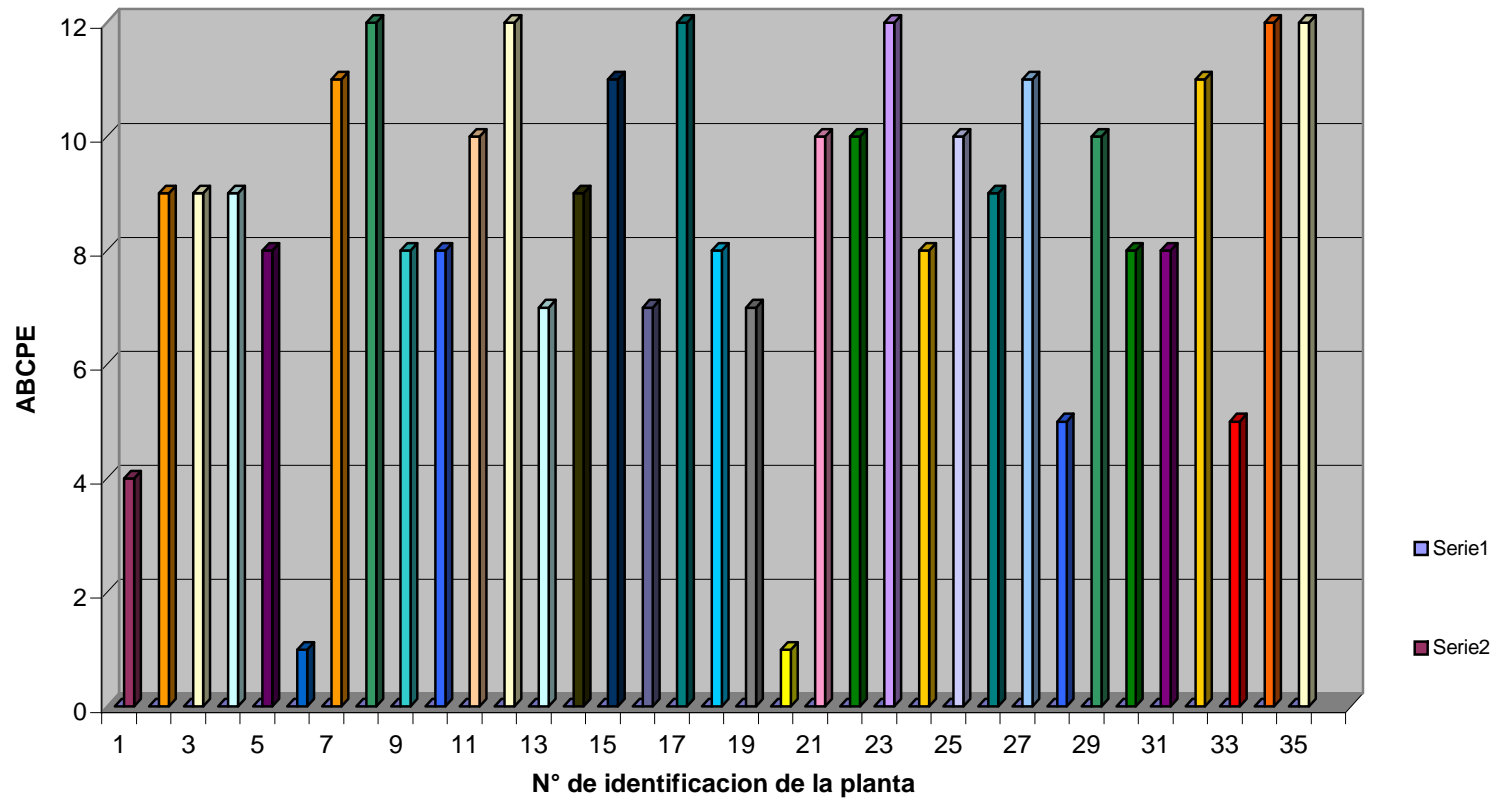
Grafica 4: Area bajo la curva del progreso de la enfermedad en plantas de ICA Nariño con infección

evidencia de restricción del hospedero al desarrollo del patógeno del área de infección con 19.5 y 20 respectivamente, confirmando la posible carencia de genes efectivos para detener el progreso de la enfermedad.

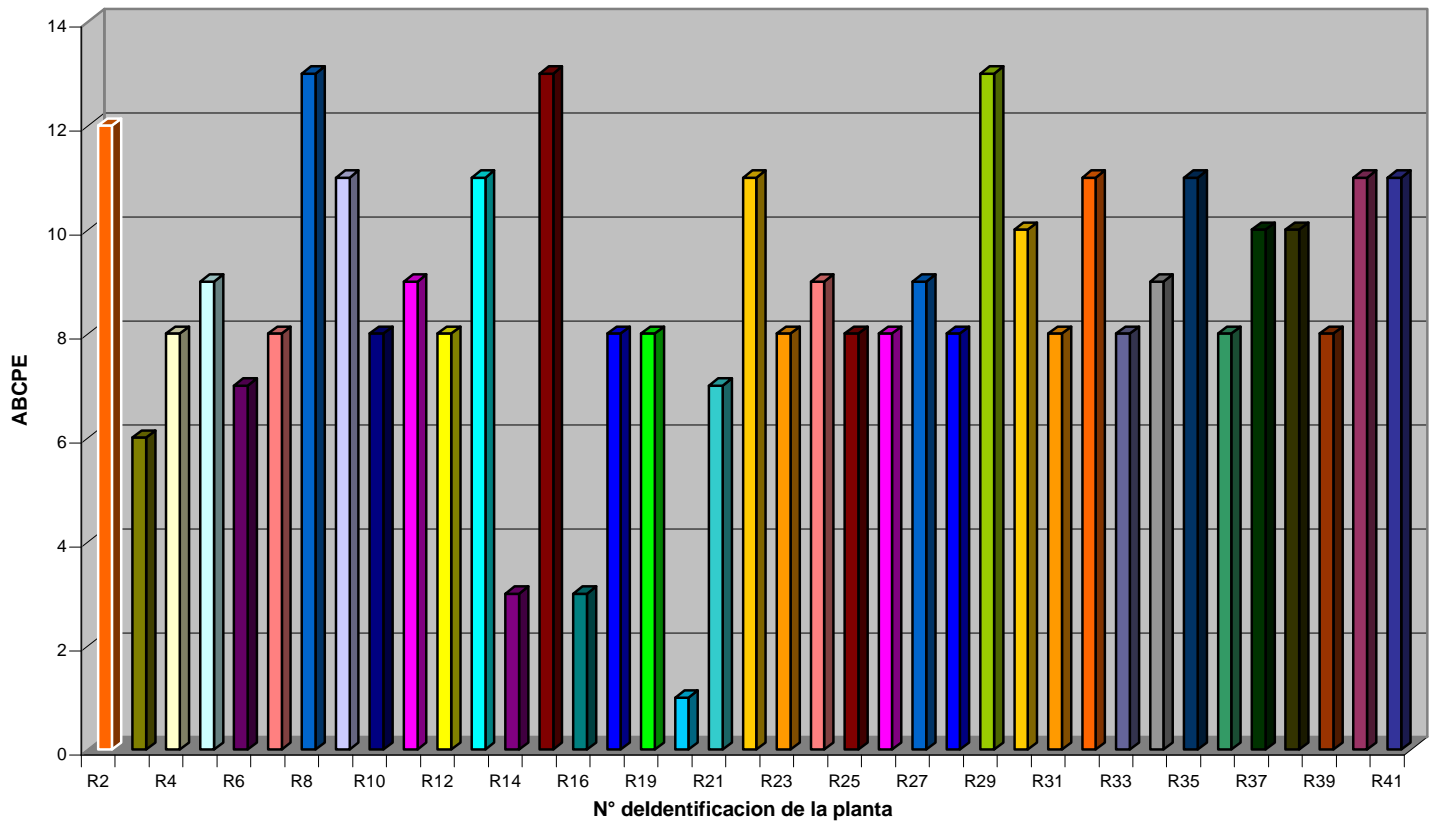
En **ICA Nariño** las plantas R3, R11, R15, R27, R29, R30, R35, R36, y R37 presentaron un área bajo la curva de la enfermedad desde 1,5 a 6 indicando una reacción de resistencia a la gota *Phytophthora infestans* con progreso lento de la enfermedad. Las plantas R9 y R42 indicaron un área bajo la curva del progreso de la enfermedad de 15,5 y 16 para una reacción de Moderadamente susceptibles al desarrollo del patógeno, a diferencia de las plantas R1 y R18 que tuvieron valores más altos del ABCPE con 19,5 y 20 respectivamente sin alguna.

El área bajo la curva del progreso de la enfermedad en campo calculado en las dos variedades fue: En la variedad **Parda Pastusa** las plantas P1, P7, P14, P17, P20, P21, P30 y P35 con valores entre 1 a 7 de ABCPE indicaron la reacción de resistencia al desarrollo de l patógeno, en comparación con las plantas P8, P9, P12, P13, P16, P18, P22, P23, P24, P26, P29, P31, P34, P36, y P37 con valores entre 10 y 12 indicando que no hubo resistencia de las plantas y que la enfermedad avanzó rápido con el paso del tiempo. Además encontramos plantas que se encuentran en un punto intermedio con valores de ABCPE entre 8 y 9 como las plantas P2, P3, P4, P5, P10, P11, P15, P19, P25, P27, P32, y P33.

En **ICA Nariño** después del transplante a campo las plantas R3, R6, R14, R16, R20, y R21 tuvieron los valores más bajos de ABCPE que van desde 1 a 7



Grafica 5: Area bajo la curva del progreso de la enfermedad en plantas de Parda Pastusa con infección en campo



Grafica 6. Area bajo la curva del progreso de la enfermedad en plantas de ICA Nariño con Infeccion en Campo



mostrando reacción de resistencia, siendo posible la presencia de mecanismos genéticos, químicos ó fisiológicos que ayudan a restringir el desarrollo del patógeno *Phytophthora infestans*. Las plantas R4, R5, R7, R10, R11, R12, R17, R19, R23, R24, R25, R26, R27, R28, R31, R33, R34, R36, y R39 presentaron valores entre 8 y 9 para una reacción moderadamente susceptible en contraste con otras plantas como R2, R8, R9, R13, R15, R22, R29, R30, R32, R35, R37, R38, R40, y R41 que presentaron el mayor valor de ABCPE indicando su reacción de susceptibilidad al *Phytophthora infestans* en el campo.

4.4.3 Tasa de desarrollo de la enfermedad después de la segunda inoculación.

Para evaluar este parámetro se inició correlacionando el tiempo de incubación con los valores de severidad leídos en la escala de Julia de Guzmán que presentaron las plantas con síntomas después de la segunda inoculación, encontrando los siguientes resultados:

ICA Nariño: El análisis de correlación entre el período de incubación y las lecturas tomadas a los ocho, diez, doce y quince días después de la segunda inoculación dio valores de -0.827 , -0.853 , -0.687 y -0.312 con niveles de significancia del 0.0005, 0.0002, 0.0094 y 0.2990 respectivamente; esto nos demuestra que existe buena correlación entre el periodo de incubación y la severidad a los ocho, diez, y doce días después de la segunda inoculación con una confiabilidad del 99.95%, 99.98% y 99.06% respectivamente.

De acuerdo a lo anterior se realizó el Análisis de Regresión para determinar cuanto varía el grado de severidad como resultado de un mayor o menor periodo de incubación. En este caso el coeficiente de regresión “r” fue igual a -0.162 y -0, 213 para los ocho y diez días respectivamente cuando se presentó la mayor correlación; las ecuaciones encontradas fueron las siguientes:

A) $Y = 2.087 + (-0.162) (P. Incu.)$

B) $Y = 2.787 + (-0.212) (P. Incu.)$

C) $Y = 2.703 + (-0.216) (P. Incu.)$

El modelo corresponde a una regresión lineal decreciente en donde por cada unidad que se incremente el periodo de incubación (días) el grado de severidad disminuye en 0.161, 0.12 y 0.216 a los ocho, diez y doce días respectivamente. El grado de severidad para cada caso es igual a:

Periodo de incubación (días)	Grado de severidad (Y)		
	A = ocho días	B= diez días	C= doce días
4	1.43	1.93	1.83
5	1.27	1.72	1,62
13	-0.01	0.03	-0.10

En la tabla anterior se puede apreciar el porcentaje de incremento diario de desarrollo del patógeno de acuerdo al número de días del periodo de incubación o días transcurridos hasta aparición de síntomas.

Parda Pastusa: No se encontró correlación entre el período de incubación y grado de severidad a los ocho, diez, doce y quince días después de la segunda inoculación. Los coeficientes de correlación fueron muy bajos con 0.29, 0.00, 0.107 y 0.162 lo que indica la falta de correlación entre las variables por lo tanto no se hizo análisis de regresión. Lo anterior indica que el grado de severidad no estuvo directamente en función del tiempo de aparición de los primeros síntomas ó periodo de incubación.

4.4.4 Tasa de desarrollo de la enfermedad después del trasplante a campo.

El análisis de correlación se realizó entre el periodo de incubación y los grados de severidad a los diez, doce y catorce días después del trasplante a campo. **ICA Nariño:** En esta variedad la correlación entre los grados de severidad y el periodo de incubación fue muy baja con coeficientes de -0.581 , -0.364 y -0.390 para las lecturas realizadas a los diez, doce y catorce días después del trasplante a campo, con niveles de significancia del 0.001 y 0.0140 para un 99.99% y 98.6% de confiabilidad; lo que indica que si hubo dependencia entre el grado de severidad en campo y periodo de incubación.

Al hacer el análisis de regresión para la correlación a los diez días en campo, se encontró un valor de “r” de -0.285 y una ecuación $Y = 3.848 + (-0.285)(P. \text{ Incub.})$ indicando que por cada unidad de tiempo (día) que se incremente el periodo de incubación, el grado de severidad en campo se disminuye en 0.285 grados. Los grados de severidad calculados para cada periodo de incubación son:

Periodo de Incubación (días)	Grado de severidad a los diez días
8	1.56
9	1.28
10	0.99
12	0.42

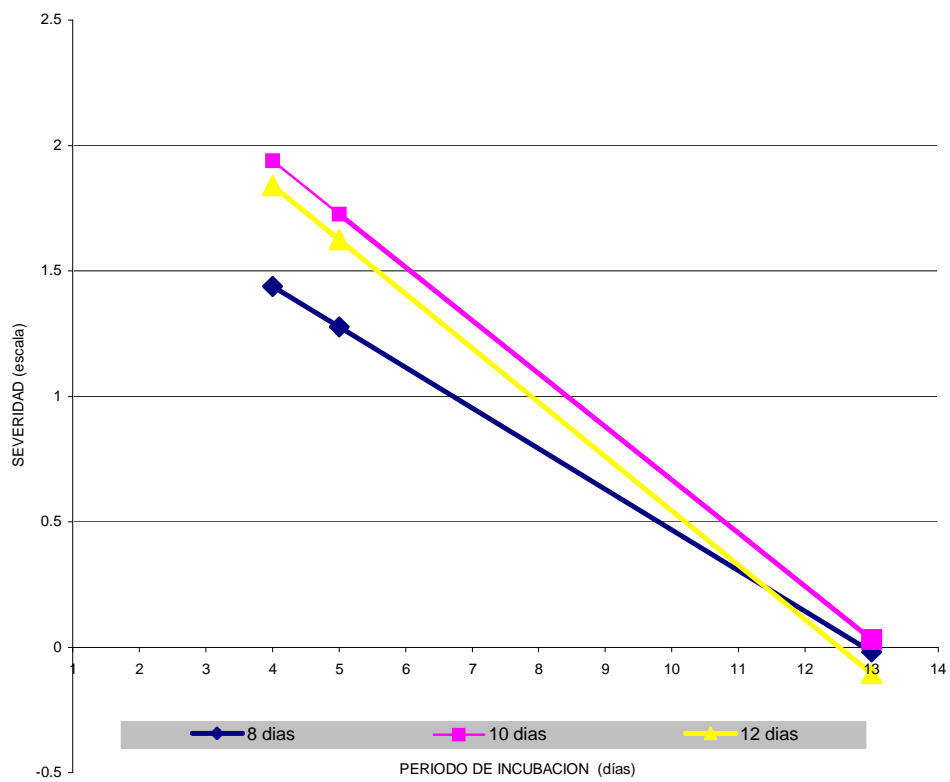
Parda Pastusa: Los resultados del análisis indican una correlación media a los 10 y 14 días después del trasplante a campo con coeficientes de -0.7080 y -0.681 respectivamente, con niveles de significancia del 0.0001 y 0.014 para una confiabilidad del 99.99% en los dos días. La correlación a los doce días es baja con un coeficiente de 0.57 y un 99.97% de confiabilidad; lo anterior sugiere que hubo dependencia entre el periodo de incubación y el grado de severidad en campo bajo condiciones ambientales muy favorables al desarrollo del *Phytophthora*.

El análisis de regresión se realizó para el caso donde se presentó mayor

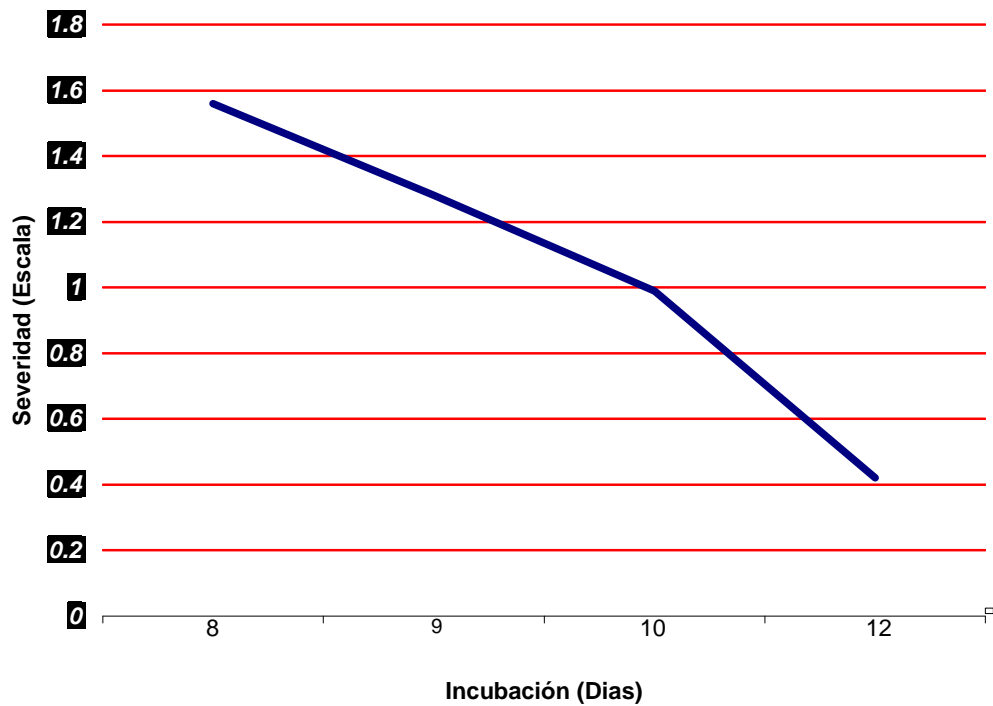
coeficiente de correlación (10 días), encontrando un coeficiente de regresión $r = -0.306$ indicando que por cada unidad que se aumente el periodo de incubación el grado de severidad disminuye en 0.36 unidades. La ecuación encontrada es $Y = 395 + (-0.306) (P.Incub.)$ donde Y es grado de severidad a los diez días después del trasplante a campo.

Periodo de incubación (días)	Grado de severidad
8	1.51
9	1.20
10	0.89
12	0.28

Las plantas con reacciones de resistencia a goma y características deseables son P7 y P17 en el grupo de la variedad Parda Pastusa por tener el mayor número de minitubérculos antes de completar su ciclo vegetativo, además tienen las características morfológicas más parecidas a Parda. En el grupo de ICA Nariño no encontramos plantas con características agronómicas deseables o similares a dicha variedad comercial.



Grafica 7: Tasa de desarrollo de la enfermedad en ICA Nariño después de la segunda inoculación



Grafica 8: tasa de desarrollo de la enfermedad en Ica Nariño despues del tranplante a campo

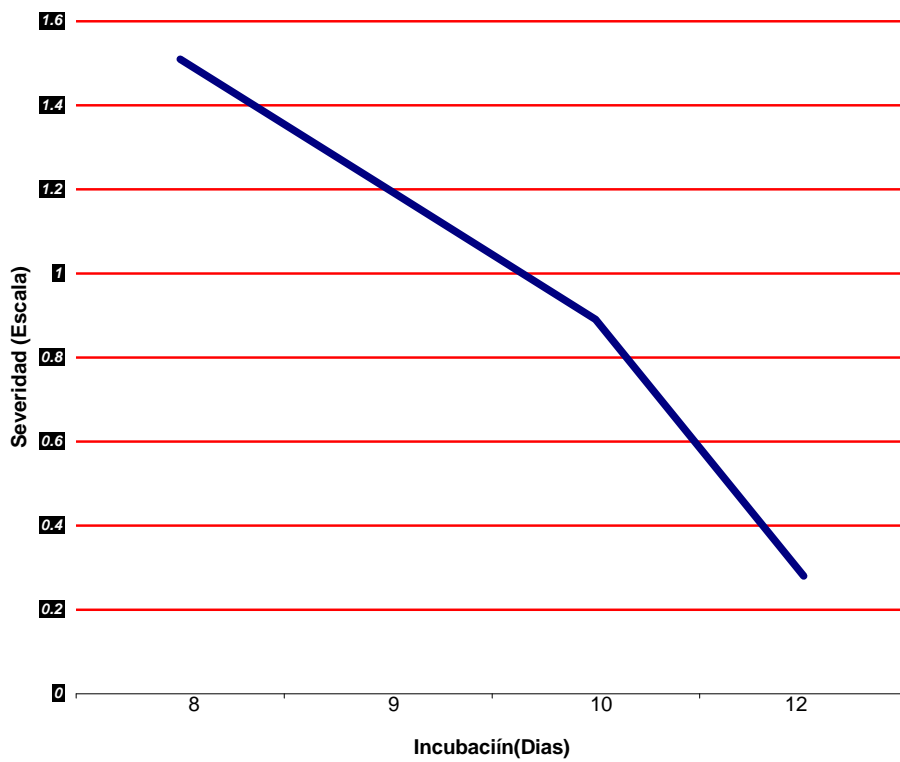


Grafico 9: Tasa de desarrollo de la enfermeda en Parda pastusa despues del transplante a campo

Tabla 9

Características de los minitubérculos de las plantas que manifestaron resistencia a goma *Phytophthora infestans* después de ser expuestas tres veces al patógeno.

VARIEDAD	No. de Planta	No. De Minitubérculos	CARACTERÍSTICAS EXTERNAS (piel)
P A R D A P A S T U S A	P1	2	Color crema oscuro, forma abultada y ojos profundos
	P7	5	Minitubérculos aplanados de ojos superficiales y color pardo oscuro
	P4	5	Amarillos claros con manchas rosadas, ovalados planos y ojos superficiales
	P17	7	Forma redonda, gruesos, ojos medianamente hundidos y color pardo.
	P20	2	Minitubérculos amarillo oscuros, ásperos, oblongos y ojos superficiales.
	P21	3	Color crema rosado, ovalados y gruesos con ojos superficiales.
	P30	3	Rojo oscuros, de forma oblonga y ojos medianamente hundidos.
	P35	5	Crema oscuros, abultados y alargados con ojos hundidos.
I C A N A R I Ñ O	R14	5	Amarillos oscuros con manchas rojas alrededor de los ojos, de forma redonda, gruesos y ojos hundidos.
	R16	2	Color crema blanquecinos, redondos gruesos y ojos superficiales.
	R19	3	Minitubérculos crema oscuros, oblongos, y ojos superficiales.
	R20	2	De color crema claros, redondos y con ojos profundos.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

5.1.1 Después de la primera inoculación con gota se encontró que de 2200 plántulas evaluadas en cada variedad solo 37 de Parda Pastusa (1,7%) y 42 de ICA Nariño (2%) manifestaron reacciones de resistencia a gota con un periodo de incubación medio (10 días), menor grado y porcentaje de severidad (0,1 y 2), siendo así seleccionadas para continuar el trabajo.

5.1.2 Observando las plantas después de la segunda inoculación en Parda Pastusa y en ICA Nariño, se encontraron tres tipos de reacción a gota así: Un grupo **A** con infección y muerte de la planta; un grupo **B** con infección y posterior recuperación y un grupo **C** que no manifestaron la infección.

5.1.3 Después de la segunda inoculación con gota se evidenció que de 37 plantas de Parda Pastusa solo se apreciaron síntomas en 12 de ellas (32,4%) y murieron 2 quedando 35 como resistentes las que fueron llevadas a campo. En ICA Nariño de 42 plantas inoculadas solo 13 (31%) presentaron la infección y murieron tres quedando 39 plantas con reacción de resistencia al inhibir el progreso de la enfermedad.

5.1.4 En campo se observó que las plantas P1, P7 P14, P17, P20, P21, P30 y P35 indicaron reacción de resistencia a gota por tener un mayor periodo de latencia, menor grado y porcentaje de severidad y lento progreso de la enfermedad. En ICA Nariño las plantas R14, R16, R20 y R21 se calificaron como resistentes de acuerdo a los factores evaluados.

5.1.5 Las plantas con características de resistencia a gota en invernadero y características deseables son P7 y P17 en Parda Pastusa, por tener mayor número de tuberculillos y características morfológicas parecidas a Parda Pastusa. En el grupo de ICA Nariño no se encontró este tipo de plantas.

5.2 Recomendaciones

5.2.1 Realizar trabajos de identificación de razas de *Phytophthora infestans* existentes en el departamento de Nariño para después evaluar su agresividad y la resistencia de las variedades de papa cultivadas en la zona.

5.2.2 Evaluar la resistencia a gota en diferentes variedades de papa aplicando el inóculo (zoosporangios) tres veces con intervalos de 24 horas para realizar una sola evaluación y seleccionar las plantas resistentes continuando hasta las tres generaciones siguientes.

5.2.3 Evaluar la resistencia de las plántulas de papa aplicando diferentes

concentraciones de inóculo o aplicando tres dosis juntas en los diversos estados de desarrollo.

5.2.4 Realizar diferentes trabajos de mejoramiento para transferir la resistencia a gota desde especies de solanaceas resistentes hacia las no resistentes mediante polinización controlada.

5.2.5 Efectuar siembra de minitubérculos de plantas que presenten resistencia en invernadero, para observar su comportamiento en campo.

BIBLIOGRAFIA

AGRIOS, G. Fitopatología. Trad. Por Manuel Guzmán. México, Limusa, 1985. 756p.

BLACK, W., et al. Proposal for international nomenclature of races of *Phytophthora infestans* and genes controlling immunity in solanum demisum derivatives.

BLACK, W. Races of *P. infestans* and resistance problems in potatoes. Rep. Scot. Res. Plant Breeding. 1960. Pp 29 –38.

CASTAÑO, J. Epidemiología como base de programas MIP: Tizón tardío de la papa. Papas Colombianas con el mejor entorno ambiental. Bogotá, Comunicaciones y Asociados Ltda, 1996. Pp 210 –219.

CIP Centro Internacional de la papa. Necesidades de investigación para detener la rápida diseminación de las variantes del tizón tardío. Informe Anual. Lima, Centro Internacional de la papa CIP, 1995. Pp 10 –13.

FEDEPAPA. Costos de producción de una hectárea de papa, semestre B de 1989. Boletín informativo No. 119. Bogotá, 1989.

FORBES, G. y JARVIS, M. Producción de papas con resistencia a *Phytophthora infestans*. In. Memorias del primer taller sobre resistencia duradera en cultivos alto Andinos de Bolivia, Colombia, Ecuador y Perú. México, CIMMYT, 1994. Pp. 72-77.

FRENCH, E., FORBES, G. y LANDEO, J. Ola migratoria de variantes más agresivas de *Phytophthora infestans* amenazan la papa. Fitopatología. 1994. 29: 15 – 18.

FRY, W. E., et al. Historical and recent migrations of *Phytophthora Infestans*: Cronology pathways, and implications. Plant Disease. 1993. 77: 653-661.

GARCIA, R. B. y PANTOJA, L. C. Fertilización del cultivo de papa en el departamento de Nariño. In Fertilización de cultivos de clima frío. Bogotá, Monómeros Colombo Venezolanos, 1998. Pp. 23-40.

GUERRERO. G. O. Principales enfermedades del cultivo de la papa: Manejo y control. Pasto, ICA, 1994. Pp. 2-3.

GOMEZ, P. L. Programa de mejoramiento Colombiano. In Curso de actualización en le cultivo de la papa. Bogota, ICA, 1988. Pp 17 - 28

GUZMAN, J. Resultados sobre la naturaleza de la resistencia parcial de tres clones de papa al *Phytophthora infestans* (Mont) de Bary. Agricultura Tropical, 1960. 16 (2): 89-99.

_____ Naturaleza de la resistencia parcial de ciertos clones de tres especies de papa al *Phytophthora Infestans* (Mont) de Bary. Revista ICA, Bogotá, 1974. 9 (2): 201-228.

HENFLING, J. W. El tizón tardío de la papa: *Phytophthora Infestans*. Boletín de información técnica No. 4. Centro internacional de la papa (CIP), Lima,1987. 25 p.

HORIKAWA, T. et al. Acumulation formation of rishitin and lubinin in potato tuber

tissue infected by an incompatible race of *P. infestans*. *Phytopathology*, 1986. 87: 973-978.

LOPEZ, E. Generalidades del cultivo de la papa en Colombia. *Revista papa*, 1997. 17: 5-10.

MENDOZA, H. A. Development of potatoes with múltiple resistance to biotic an abiotic stresses: The International Potato Center Aproach. In *Advances in Potato Pest Biology and Manangement*. APS, 1994. Pp. 627-643.

MONTALDO, A. Cultivo y mejoramiento de la papa. San José, Costa Rica, IICA, 1984. 676 p.

PARLEVLIET, J. E. Components of resistance that reduce the rate of epidemic development *In*. *Rev. Phytopathology* 17 : 203-222. 1979.

_____. Resitance of the non rance specific. *Epidemiolgy end control, in the cereal rust*. Florida, E. U. 1985. Vol. II : 501 – 525 p

VAN DER PLANK, M. J. E. *Plant disease ipidemic and control*. Academic Press, New York, 1963. 349 p.

_____. *Principales of plant infection*. New York, Academic Press, 1975. 216 p.

_____. *Host-Pathogen interactions in plants*. New York, Academic Press, 1982. 207 p.

ZAPATA, J. L. Evaluación de resistencia y control de *Phytophthora Infestans* en clones de papa Oriente Antioqueño. In. *Papas Colombianas con el mejor entorno ambiental*. Comunicaciones y asociados Ltda., Bogotá 1996. Pp. 204-208.

ANEXOS

Tabla. 1

Análisis de correlación entre periodo de incubación y grado de severidad en la variedad ICA Nariño después de la segunda inoculación

VARIABLE	No.	MEDIA	DESV. STAND	SUMATORIA	MINIMOS	MAXIMOS
INCUB	13	6.230	3.786	81.00	4.0	13.0
OCHO	13	1.076	0.759	14.00	0.0	2.0
DIEZ	13	1.461	0.967	19.00	0.0	3.0
DOCE	13	1.384	1.192	18.00	0.0	3.0
QUINCE	13	1.769	1.535	23.00	0.0	5.0

	A OCHO	B DIEZ	C DOCE	D QUINCE
P. INC.	-0.827 0.0005	-0.852 0.0002	-0.687 0.0094	-0.312 * 0.2990**

* Valor de la correlación

** Nivel de significancia

Tabla. 2

Análisis de correlación entre periodo de incubación y grado de severidad en la variedad Parda Pastusa después de la segunda inoculación.

VARIABLE	No.	MEDIA	DESV. STAND.	SUMATORIA	MINIMOS	MAXIMOS
INCUB	12	4.250	0.452	51.00	4.00	5.00
OCHO	12	1.583	0.514	19.00	1.00	2.00
DIEZ	12	2.333	0.492	28.00	2.00	3.00
DOCE	12	1.833	0.937	22.00	1.00	4.00
QUINCE	12	1.750	1.544	21.00	1.00	5.00

	A OCHO	B DIEZ	C DOCE	D QUINCE
P. INCUB	-0.292	0.000	0.107	-0.162 *
	0.355	1.000	0.740	0.613 **

* Valor de la correlación

** Nivel de significancia

Tabla. 3

Análisis de correlación entre periodo de incubación y grado de severidad en la variedad Parda Pastusa después del transplante a campo.

VARIABLE	No.	MEDIA	DESV. STAND.	SUMATORIA	MINIMOS	MAXIMOS
INCUB	35	9.171	1.271	321.00	8.00	12.00
DIEZ	35	1.142	0.550	40.00	0	2.00
DOCE	35	2.257	0.700	79.00	1.00	3.00
CATO	35	3.142	0.912	110.00	1.00	4.00

	DIEZ	DOCE	CATO.
P. INCUB.	-0.708	-0.579	-0.681 *
	0.0001	0.0003	0.0001 **

* Valor de la correlación

** Nivel de significancia

Tabla. 4

Análisis de correlación entre periodo de incubación y grado de severidad en la variedad ICA Nariño después del trasplante a campo.

VARIABLE	No.	MEDIA	DESV. STAND	SUMATORIA	MINIMOS	MAXIMOS
INCUB	39	8.974	1.038	350.0	8.00	12.00
DIEZ	39	1.282	0.510	50.0	0	2.00
DOCE	39	2.256	0.677	88.0	1.00	4.00
CATO	39	3.282	0.825	128.0	1.00	5.00

	DIEZ	DOCE	CATO
P. INCUB	-0.581	-0.364	-0.390 *
	0.0001	0.0225	0.0140 **

* Valor de la correlación

** Nivel de significancia

