Corpoica Cienc. Tecnol. Agropecu. (2012) 13(1), 13-20

artículo científico

Caracterización de razas fisiológicas de *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary en lulo (*Solanum quitoense* Lam.)

José Luis Zapata P.[1], Jorge A. Bernal E.[1]

RESUMEN

El tizón del lulo es uno de los problemas más importantes de este cultivo en Colombia, presente en todos los departamentos luleros del país, con una incidencia del 100%. El desconocimiento en la complejidad de las razas fisiológicas de *Phytophthora infestans* en cultivos de lulo (*Solanum quitoense*) se evaluaron colectas provenientes de este cultivo, papa (*Solanum tuberosum* sub especie *andigena*), tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*), tomate de mesa (*Solanum lycopersicum*) y pepino de agua o pepino dulce (*Solanum muricatum*), obtenidas en varios departamentos de Colombia productores de lulo. Los resultados obtenidos sobre la virulencia del patógeno realizada sobre 11 diferenciales de papa (junto con la variedad Tuquerreña), indican para el lulo, la presencia de 15 razas fisiológicas, según nomenclatura octal siendo la más frecuente la 4211 con 23,25% de frecuencia y los factores de virulencia 0, 4, 8 y 11, colectada en los municipios de Urrao y Rionegro seguida de la 2211, 0213, 0231 y 1112 con 4 factores de virulencia y una frecuencia de 2,32% cada una, colectadas en los municipios de Oporapa, Jardín y Santa Rosa de Cabal, respectivamente. Igualmente, se encontró la raza 3223 con los factores de virulencia 1, 2, 4, 7, 10, y 11 procedente de papa, la raza 4421 con los factores 0, 3, 7, 10 y 11 colectada en tomate de mesa y la 4.000 con el factor de virulencia 0, procedente de pepino, lo cual indica que el patógeno procedente de papa, es el más complejo.

Palabras clave: tizón del lulo, *oomycetos*, patotipos, naranjilla

Characterization of physiological races of *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary in lulo (*Solanum quitoense* Lam.)

ABSTRACT

Lulo blight is one of the most important problems of this crop in Colombia, present in all departments of the country that grow it, with an incidence of 100%. Due to the ignorance of the complexity of physiological races of *Phytophthora infestans* in cultivated lulo (*Solanum quitoense*), collections were evaluated from potato (*Solanum tuberosum* sub species *andigena*), tree tomato (*Cyphomandra betacea*) , tomato (*Solanum lycopersicum*) and water cucumber or sweet cucumber (*Solanum muricatum*) obtained in various lulo producing departments of Colombia. The results obtained on the virulence of the pathogen on 11 potato differentials (along with the variety Tuquerreña) indicated that for lulo there are 15 physiological races with, according to octal nomenclature, 4211 being the most frequent with 23.25% frequency and virulence factors of 0, 4, 8 and 11, collected in the municipalities of Rionegro and Urrao, followed by 2211, 0213, 0231 and 1112 with four virulence factors and a frequency of 2.32% each, collected in the municipalities Oporapa, Jardín, Jardín and Santa Rosa de Cabal, respectively. Similarly, we found 3223 with virulence factors 1, 2, 4, 7, 10, and 11 in potato, 4421 with factors 0, 3, 7, 10 and 11 collected from the tomato and 4,000 with virulence factor 0 in cucumber; indicating that the pathogen from potato is the most complex.

Keywords: lulo blight, *oomycetes,* pathotypes, sweet orange

INTRODUCCIÓN

El tizón o gota del lulo es ocasionado por el Oomycete fitopatógeno *P hytophthora i nfestans*, i gual q ue e n p apa; l a enfermedad es una de las más importantes en el cultivo del lulo en Colombia (Huertas *et al*., 1999). Este mismo autor, la reporta en el departamento del Valle del Cauca, con una incidencia superior al 80% en los diferentes cultivos, con mortalidades hasta del 50% y con una amplia distribución en los municipios de Ginebra, Guacarí, Buga, Tulúa, Argelia, Toro y Riofrío, especialmente cuando se presentan bajas temperaturas y precipitación abundante. Zapata *et al*. (2000), mencionan la presencia de la enfermedad en Antioquia (La

Fecha de recepción: 18/10/2011
Fecha de aceptación: 11/11/2011

[1] Centro de Investigación La Selva, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - Corpoica. Rionegro (Colombia). jzapata@corpoica.org.co

© 2012 Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria

Ceja, La Unión, El Retiro, El Carmen de Viboral, Rionegro y San Vicente), Quindío (Génova), Caldas (Manizales) y Cundinamarca (Arbeláez), atacando el follaje, tallos, flores y frutos, ocasionando pérdidas de hasta el 100%. Lo anterior confirma la importancia de la enfermedad en este cultivo.

La enfermedad es bien conocida en el cultivo de la papa, siendo reportada por primera vez en 1845, cuando en Irlanda, destruyó toda el área cultivada con esta especie, provocando la famosa hambruna, donde murieron más de un millón de personas (Henfling, 1989). A pesar de ser el fitopatógeno más estudiado, en la actualidad, sigue siendo el más importante en ese cultivo.

De acuerdo con Tooley *et al.* (1985) y Fry y Spielman (1989), el origen del patosistema *P. infestans*/*Solanum tuberosum*, es el valle de Toluca en México; sin embargo, Abad y Abad (1997), sostienen que esto no es del todo claro. De otro lado, el patosistema *P. infestans*/*Solanum quitoense*, se sospecha que se originó en Ecuador y de allí pasó a Colombia, en fruta recién infectada e importada para el procesamiento industrial o para el consumo en fresco.

En papa, este patógeno ha mostrado la cualidad de presentar una gran variabilidad o complejidad patogénica (Derie, 2001), lo cual ha dificultado la obtención de materiales comerciales con resistencia duradera (Barquero *et al*., 2006). De acuerdo con Tooley *et al*. (1986); Shaw (1991) y Goodwin *et al*. (1995), los principales mecanismos que justifican la variabilidad de este patógeno son la posibilidad de la reproducción sexual, la hibridación somática de hifas y la variación poblacional del oomyceto, provocada por la presencia de genes *R* en la población de los cultivares comerciales. Estas características junto a la posibilidad de migración de patotipos entre países y continentes, hacen posible que exista un gran dinamismo que favorece cambios en la composición genética de la población de *P. infestans* (Fry *et al*., 1991; Goodwin *et al*., 1995; Platt *et al*., 1999).

De acuerdo con las estadísticas del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, MADR (2008), en Colombia se sembraron aproximadamente 3.500 ha de lulo, con un rendimiento promedio entre 7,5 y 8,5 t ha^{-1}. Los principales cultivos se encuentran en el sur del departamento del Huila, sin embargo, también se produce en los departamentos de Risaralda, Valle del Cauca, Cauca, Cundinamarca, Boyacá y Antioquia. Los materiales más empleados en la siembra comercial de lulo son: el lulo de Castilla con espinas, Castilla sin espinas, calentano y larga vida, para el consumo en fresco y la variedad de lulo La Selva, para el procesamiento industrial.

En Colombia, se reportan varios trabajos de investigación para determinar la complejidad de este oomyceto procedente del cultivo de la papa, más no para los provenientes del lulo, posiblemente debido a que la enfermedad no es tan antigua como lo es en papa. Mazo (1995) y López *et al*. (1997), trabajando con aislamientos obtenidos en papa, reportan la presencia de seis razas fisiológicas de *P. infestans*, evaluadas sobre 11 diferenciales, de las cuales la mas frecuente fue la 7446, con una frecuencia del 58% y con los factores de virulencia 1, 2, 3, 4, 7, 10 y 11.

El objetivo de la presente investigación fue la de evaluar la complejidad de razas fisiológicas de *P. infestans*, colectadas en plantas de lulo, cultivadas en varios departamentos productores de Colombia, con el fin de conocer su composición genética de virulencia y su implicación en programas de mejoramiento genético del cultivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

Las principales actividades se llevaron a cabo en Laboratorio de Fitopatología e invernadero del C.I. La Selva de Corpoica, localizado en el municipio de Rionegro, Antioquia; a una altura sobre el nivel del mar de 2.120 m, con una temperatura promedio de 18°C, una precipitación anual de 1.900 mm, un porcentaje promedio mensual de humedad relativa de 76% y una formación agroecológica según Holdridge, correspondiente a Bosque Húmedo Montano Bajo (bh-MB).

Obtención de los aislamientos del patógeno

Para conocer el patógeno, se realizaron varias colectas del tizón del lulo, en cultivos localizados en veredas y fincas de los municipios de Rionegro, Jardín, Guatapé, El Santuario y Urrao en el departamento de Antioquia; Santa Rosa de Cabal en Risaralda; Versalles y El Dovio en el Valle del Cauca; Pitalito, Salado Blanco, Oporapa, Garzón, Gigante y Palestina en el Huila; igualmente, se colectaron aislamientos en cultivos de papa, tomate de árbol, tomate de aliño y pepino de agua. Las muestras colectadas, se sometieron a procedimientos fitopatológicos rutinarios, consistentes en el aislamiento, multiplicación y conservación del patógeno.

Para dicha colecta se registró la siguiente información: nombre del municipio, vereda, finca, propietario del cultivo, variedad de lulo, altura sobre el nivel del mar y en la mayoría de los casos, se georreferenció el sitio de colecta. Cuando se encontraron plantas con síntomas típicos de la enfermedad, se tomaron muestras de la zona de transición entre el tejido enfermo y el sano, es decir, manchas necróticas de color oscuro, localizadas preferiblemente

en los tallos tiernos o en el pecíolo de la hoja; luego se introdujeron en bolsas plásticas debidamente codificadas y posteriormente, se almacenaron en neveras de icopor, con el fin de mantener constante la temperatura, hasta ser llevadas al laboratorio del C.I. La Selva, en donde se procesaron.

Cada muestra se lavó con abundante agua y detergente y se enjuagó hasta eliminarlo, luego se secó a la sombra y posteriormente, se llevó a cámara húmeda por 24 ó 36 h, para la producción de esporangios. Cuando al estereoscopio se observó la presencia de esporangios, éstos fueron colectados en un beaker, previo filtrado por una tela tipo tul, para retener el micelio y pequeñas partes necrosadas de la muestra que se desprenden durante el lavado. Una vez colectados los esporangios en el beaker, la suspensión se pasó varias veces por un filtro miliporo de 0,10 μm, con el fin de separarlos de hongos y de bacterias.

Los esporangios obtenidos, se suspendieron en agua destilada debidamente oxigenada y se sembraron en rodajas de papa de la variedad Tuquerreña (Figura 1), la cual no posee genes de resistencia a la enfermedad (libre de genes mayores para *Phytophthora infestans*); luego, se pusieron a incubar por 4 a 6 d; al cabo de este tiempo, se produjeron suficientes esporangios para realizar las actividades propuestas. Los aislamientos estudiados, fueron colectados entre el mes de abril y diciembre del año 2007.

Determinación de las razas fisiológicas de *Phytophthora* sp.

Para determinar las razas fisiológicas de *P. infestans* (complejidad de los aislamientos) en lulo, se empleó la metodología, utilizada por el Centro Internacional de la Papa (CIP, 1997), con algunas modificaciones. En condiciones de invernadero se sembraron los diferenciales de papa, R1, R2, R3, R4, R5, R6, R7, R8, R9, R10 y R11 para *P. infestans*, suministrados por el Centro Internacional de la Papa, CIP. Para el caso del R0, se empleó la variedad comercial de papa conocida como Careta, Sabanera o Tuquerreña. Para adelantar los experimentos de inoculación y evaluación de la compatibilidad del patógeno con el hospedero, tanto las plantas diferenciales, como las de la variedad comercial de papa, fueron mantenidas en condiciones de casa de mallas, donde se les suministraba fertilización y riego necesario para su adecuado desarrollo. Cuando las plantas tuvieron entre 4 y 5 hojas, se procedió a tomar tres folíolos de cada hoja, localizada en el tercio superior de la planta de cada diferencial, y se pusieron en platos Petri con agar agua al 15%, debidamente codificados y se llevaron al laboratorio.

De otro lado, esporangios de cada aislamiento fueron concentrados en un beaker y estandarizados a 200 esporangios/mL con hematocímetro o cámara de Neubauer; cuando los esporangios de cada aislamiento, liberaron aproximadamente el 50% de sus zoosporas (determinación realizada a través de conteos continuos y promediados), fueron utilizados para inocular los folíolos de cada diferencial; dicha inoculación se realizó a lado y lado de la nervadura central, por el envés de cada foliolo (Figura 2), con 20 μL de la suspensión estandarizada. En este experimento se utilizó un diseño completamente al azar con 12 repeticiones, en donde cada punto se infección se consideró la unidad experimental. Una vez inoculados todos los aislamientos, fueron llevados a una cámara de crecimiento y puestos a una temperatura entre 15 y 18°C y a una humedad relativa superior al 80%, hasta que aparecieron los primeros síntomas; momento en el cual, con la ayuda de un estereoscopio, se realizó la evaluación de la compatibilidad aislamiento/

Figura 1. Crecimiento de *P. infestans* en rodajas de papa. Fuente: JL Zapata

Figura 2. Método de inoculación del patógeno sobre foliolos de papa. Fuente: JL Zapata

diferencial, tomándose como compatible (C) la presencia de necrosis ocasionada por la infección y acompañada de esporulación del patógeno y como incompatible (I) la ausencia de síntomas. Las razas fisiológicas del patógeno se determinaron, mediante la nomenclatura octal, propuesta por Black *et al*. (1953). Además, se determinó el porcentaje de la frecuencia de la virulencia de cada raza encontrada. Este índice se obtiene dividiendo el número de aislamientos con la misma raza, sobre el número total de aislamientos, multiplicado por cien.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Obtención de los aislamientos

De las 116 muestras colectadas en el campo con síntomas típicos de la enfermedad, únicamente 43 crecieron en condiciones de cámara húmeda (Tabla 1), posiblemente debido a que fueron asperjadas con fungicidas sistémicos antes de la colecta. Los 43 aislamientos obtenidos de esta actividad, se multiplicaron en rodajas de papa de la variedad Tuquerreña o Careta, para realizar las evaluaciones de la complejidad fisiológica del patógeno. De los 43 aislamientos evaluados, 38 fueron colectados sobre lulo, uno en papa, dos en tomate de mesa y uno en pepino.

Tabla 1. Registro de procedencia, cultivo y ubicación de aislamientos de *P. infestans* evaluados

Aislamiento	Municipio	Hospedero	msnm
OP1	Oporapa	Castilla con espinas	1.911
OP2	Oporapa	Castilla con espinas	1.906
OP3	Oporapa	Castilla con espinas	1.906
OP4	Oporapa	Castilla con espinas	1.905
OP5	Oporapa	Castilla con espinas	1.925
JA1	Jardín	Castilla con espinas	1.927
JA4	Jardín	Castilla con espinas	1.930
JA5	Jardín	Castilla con espinas	1.913
JA6	Jardín	Castilla con espinas	1.920
JA7	Jardín	Castilla con espinas	1.920
SR2	Santa. Rosa de Cabal	Lulo La Selva	1.737
VE3	Versalles	Castilla sin espinas	1.557
ST1	El Santuario	Lulo La Selva	2.150
ST2	El Santuario	Lulo La Selva	2.150
ST3	El Santuario	Lulo La Selva	2.150
ST4	El Santuario	Lulo La Selva	2.150
GP3	Guatapé	Lulo La Selva	1.890
UR1	Urrao	Castilla con espinas	2.120
UR5	Urrao	Castilla con espinas	2.220
UR6	Urrao	Castilla con espinas	2.130
UR7	Urrao	Castilla con espinas	2.100
UR8	Urrao	Castilla con espinas	2.100
UR9	Urrao	Castilla con espinas	2.050
UR10	Urrao	Castilla con espinas	2.050
UR11	Urrao	Castilla con espinas	2.090
UR12	Urrao	Castilla con espinas	2.090
UR13	Urrao	Castilla con espinas	2.090
UR16	Urrao	Castilla con espinas	1.840
UR17	Urrao	Castilla con espinas	1.840
UR18	Urrao	Castilla con espinas	1.840
UR21	Urrao	Castilla con espinas	2.030
UR22	Urrao	Castilla con espinas	2.030
UR23	Urrao	Castilla con espinas	2.030
UR24	Urrao	Castilla con espinas	2.030
GA1	Garzón	Castilla con espinas	1.250
MB1	Montebello	Castilla con espinas	
Selva1	Rionegro	Castilla con espinas	2.120
Selva2	Rionegro	Castilla con espinas	2.120
Capiro1 (papa)	Rionegro	Papa Diacol Capiro	2.120
JARD1	Jardín	Tomate de árbol	1.750
ToalLS	Rionegro	Tomate de aliño	2.120
ToalGu	Guarne	Tomate de aliño	
Pep2 LS	Rionegro	Pepino	2.120

Determinación de las razas fisiológicas de *Phytophthora* sp.

La complejidad encontrada de los aislamientos estudiados se presenta en la Tabla 2. Con el fin de comparar la complejidad de los aislamientos de *P. infestans* colectados sobre lulo, también se evaluaron en las mismas condiciones, aislamientos del patógeno colectados sobre tomate de árbol, tomate de aliño, papa y pepino de agua. Esta actividad buscaba comparar la interacción del patógeno con diferentes hospederos, que en la literatura son los más utilizados en este tipo de trabajos y además, pertenecen a la misma familia botánica, por lo se esperarían respuestas similares en todas ellas.

De acuerdo con los resultados, la interacción de los diferenciales R5, R6 y R9 no fue compatible con ninguno de los aislamientos evaluados, lo que indica que no existe ninguna afinidad entre el patógeno y el hospedero. Estos resultados coinciden parcialmente con los encontrados por Mazo y Patiño (1995) y López *et al*. (1997), quienes trabajando con aislamientos colectados sobre diferentes variedades de papa en algunos municipios de la zona productora de Antioquia, encontraron sólo reacción de hipersensibilidad de los aislamientos evaluados, con los diferenciales R5 y R9 y una reacción compatible con el diferencial R6.

Para el caso de los aislamientos estudiados en el presente trabajo, no se encontraron reacciones de hipersensibilidad entre éstos y los diferenciales inoculados; se hallaron interacciones de completa compatibilidad o incompatibilidad, es decir estos aislamientos afectaron o no a los diferenciales. Para el caso de asilamientos de *P. infestans* colectados sobre papa en Colombia, se ha reportado reacción de compatibilidad entre aislamientos con todos los diferenciales (R1… R11), excepto con el R5; lo anterior coincide con los resultados encontrados con aislamientos del patógeno colectados sobre lulo, excepto la reacción con R5, R6 y R9. La compatibilidad entre aislamientos procedentes de papa con R5, solo se ha reportado en Costa Rica, en muy baja frecuencia (Barquero *et al*., 2006).

Dentro de los 43 aislamientos del patógeno evaluados, incluyendo los colectados sobre otros hospederos, se

Tabla 2. Razas fisiológicas de *P. infestans* y respuesta a la interacción de los aislamientos evaluados en 11 genotipos diferenciales de papa

Aislamiento		Genotipos diferenciales de *Solanum tuberosum*												Raza fisiológica	Nomenc. Octal
		R0	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11		
1	OP1	I	I	I	I	C	I	I	I	I	I	I	C	4.11	0201
2	OP2	I	C	I	I	C	I	I	I	C	I	I	C	1.4.8.11	2211
3	OP3	I	I	I	I	C	I	I	I	C	I	I	I	4.8	0210
4	OP4	I	I	I	I	C	I	I	I	C	I	I	C	4.8.11	0211
5	OP5	I	I	I	I	C	I	I	I	C	I	I	I	4.8	0210
6	JA1	I	I	I	I	C	I	I	I	C	I	I	I	4.8	0210
7	JA4	I	I	I	I	C	I	I	I	C	I	I	C	4.8.11	0211
8	JA5	I	I	I	I	C	I	I	I	C	I	C	C	4.8.10.11	0213
9	JA6	I	I	I	I	C	I	I	I	C	I	I	I	4.8	0210
10	JA7	I	I	I	I	C	I	I	I	C	I	I	I	4.8	0210
11	MB1					C				C			C	4.8.11	0211
12	SR2	I	I	I	I	C	I	I	C	C	I	I	C	4.7.8.11	0231
13	VE3	I	I	I	C	C	I	I	I	C	I	I	C	3.4.8.11	0611
14	ST1	I	I	I	I	C	I	I	I	C	I	I	I	4.8	0210
15	ST2	I	I	C	I	C	I	I	I	C	I	C	I	2.4.8.10	1212
16	ST3	I	I	I	I	C	I	I	C	C	I	I	I	4.7.8	0230
17	ST4	I	I	I	C	C	I	I	I	C	I	I	I	3.4.8	0610
18	GP3	I	I	I	I	C	I	I	I	C	I	I	I	4.8	0210
19	UR1	I	I	I	I	I	I	I	I	C	I	I	I	8	0010
20	UR5	C	I	I	I	C	I	I	I	C	I	I	C	0.4.8.11	4211
21	UR6	C	I	I	I	C	I	I	I	C	I	I	I	0.4.8	4210
22	UR7	C	I	I	I	C	I	I	I	C	I	I	C	0.4.8.11	4211
23	UR8	I	I	I	I	I	I	I	I	C	I	I	I	8	0210
24	UR9	C	I	I	I	C	I	I	I	C	I	I	C	0.4.8.11	4211
25	UR10	C	I	I	I	C	I	I	I	C	I	I	I	0.4.8	4210
26	UR11	I	I	I	I	C	I	I	I	I	I	I	I	4	0200
27	UR12	C	I	I	I	C	I	I	I	C	I	I	C	0.4.8.11	4211
28	UR13	C	I	I	I	C	I	I	I	C	I	I	C	0.4.8.11	4211
29	UR16	C	I	I	I	C	I	I	I	C	I	I	I	0.4.8	4210
30	UR17	C	I	I	I	C	I	I	I	C	I	I	I	0.4.8	4210
31	UR18	C	I	I	I	C	I	I	I	C	I	I	I	0.4.8	4210
32	UR21	C	I	I	I	C	I	I	I	C	I	I	C	0.4.8.11	4211
33	UR22	C	I	I	I	C	I	I	I	C	I	I	C	0.4.8.11	4211
34	UR23	C	I	I	I	C	I	I	I	C	I	I	C	0.4.8.11	4211
35	UR24	C	I	I	I	C	I	I	I	C	I	I	C	0.4.8.11	4211
36	GA1	I	I	I	I	C	I	I	I	C	I	I	I	4.8	0210
37	Selva1	C	I	I	I	C	I	I	I	C	I	I	C	0.4.8.11	4211
38	Selva2	C	I	I	I	C	I	I	I	I	I	I	I	0.4	4200
39	Cap1	I	C	C	I	C	I	I	C	I	I	C	C	1.2.4.7.10.11	3223
40	JARD1	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I		0000
41	ToalLS	C	I	C	I	I	I	I	C	I	I	C		0.2.7.10	5022
42	ToalGu	C	I	I	C	I	I	I	C	I	I	C	C	0.3.7.10.11	4421
43	Pep2 LS	C	I	I	I	I	I	I		I	I	I	I	0	4000

C, compatible; I, incompatible.

hallaron 22 razas fisiológicas o patotipos diferentes (Tabla 3) siendo el Cap1, colectado sobre papa, el más complejo, ya que presentó 6 factores de virulencia (1.2.4.7.10.11), nomenclatura octal 3223 y una frecuencia 2,32%. Esta complejidad, posiblemente se debe a que el cultivo de papa es más antiguo de las solanáceas, ya que se han sembrado grandes monocultivos, que proporcionan condiciones favorables para el establecimiento y desarrollo del patógeno, lo cual ha obligado a emplear una mayor cantidad de fungicidas para el control de la enfermedad, siendo esta situación un característica predisponente para la mutación del patógeno hacia formas más complejas. El segundo aislamiento más complejo correspondió al ToalGU, colectado sobre tomate de aliño, con 5 factores de virulencia (0.3.7.10.11), nomenclatura octal 4421 y una frecuencia de 2,32%; igualmente, el tomate ha sido una planta por mucho tiempo cultivada en nuestro medio, en unas condiciones un poco diferentes al cultivo de la papa, pero con la misma tendencia en cuanto al uso de fungicidas.

Para el caso del aislamiento procedente de pepino Pep2LS, con un solo factor de virulencia (R0) y una nomenclatura octal 4000, se trata de un aislamiento menos complejo, aunque en experiencias anteriores en esta especie, se han encontrado aislamientos más complejos; esto posiblemente debido a que esta planta no se encuentra como monocultivo, sino como un cultivo de pan coger, sembrado en huertas caseras, sin ningún tipo de manejo para el control de *P. infestans*.

Tabla 3. Razas, nomenclatura octal, factores y frecuencia de virulencia de aislamientos de *P. infestans* evaluados

Aislamientos de *P. infestans*	Raza o patotipos	Nomenc. octal	Factores de virulencia	Frecuencia de virulencia (%)
UR5, UR7, UR9, UR12, UR13, UR21, UR22, UR23, UR24, Selva1.	0.4.8.11	4211	4	23,25
OP3, OP5, JA1, JA6, JA7,ST1, GA1, GP3	4.8	0210	2	18,60
UR6, UR10, UR16, UR17, UR18.	0.4.8	4210	3	11,62
OP4, JA4, MB1	4.8.11	0211	3	6,97
UR1, UR8	8	0010	1	4,65
OP1	4.11	0201	2	2,32
OP2	1.4.8.11	2211	4	2,32
JA5	4.8.10.11	0213	4	2,32
SR2	4.7.8.11	0231	4	2,32
VE3	3.4.8.11	0611	4	2,32
ST2	2.4.8.10	1212	4	2,32
ST3	4.7.8	0230	3	2,32
ST4	3.4.8	0610	3	2,32
Selva2	0.4	4200	2	2,32
UR11	4	0200	1	2,32
Cap1	1.2.4.7.10.11	3223	6	2,32
JARD1		0000	0	2,32
ToaLS	0.2.7.10	5022	4	2,32
ToaIGU	0.3.7.10.11	4421	5	2,32
Pep2 LS	0	4000	1	2,32

Caso especial fue el encontrado en el aislamiento JARD1, procedente de tomate de árbol, el cual no infectó ningún diferencial, incluyendo al cultivar Tuquerreña, que no posee genes *R*. El hecho de que Tuquerreña no posea genes *R*, significa que ésta debería presentar compatibilidad con todos los aislamientos. Además, el evento de que hubiera varios aislamientos que no presentaron infección en Tuquerreña, pudo deberse a que existe variabilidad patogénica y genética en las poblaciones de *P. infestans* provenientes de lulo, que no se pueden detectar en un set de diferenciales de papa, diseñado para identificar virulencias en aislamientos de *P. infestans* provenientes de papa o a que algunos aislamientos no sean de P. *infestans*. Su nomenclatura octal es 0000, esto posiblemente debido a que en el país las epidemias de *P. infestans* en este cultivo, son relativamente recientes y el patógeno no ha estado sometido a presión de selección, que implique un cambio genético; sin embargo, el uso intensivo de fungicidas, para el control de la enfermedad y las condiciones apropiadas para el desarrollo de epidemias, podrían contribuir al cambio de las poblaciones naturales del patógeno, provocando cambios en la complejidad del mismo. Esta afirmación se sustenta en lo expresado por Arauza (1998), quien asevera que la aplicación de fungicidas impone presiones de selección en la población de los organismos fitopatógenos, las cuales normalmente presentan una gran variabilidad y adaptabilidad, lo que les permite producir genotipos capaces de vivir en presencia de estos productos.

En cuanto a la diversidad patogénica de *P. infestans* colectada en lulo, las razas más complejas se encontraron en los aislamientos OP2, JA5, SR2, VE3 y ST2, colectados en Oporapa (Huila), Jardín y El Santuario (Antioquia), Santa Rosa de Cabal (Risaralda) y Versalles (Valle), con 4 factores de virulencia cada una y correspondientes a los patotipos 1.4.8.11, 4.8.10.11, 4.7.8.11, 3.4.8.11 y 2.4.8.10, con una nomenclatura octal 2211, 0213, 0231, 0611 y 1212, respectivamente. A medida que la raza de *P. infestans* evaluada, afecta mayor número de diferenciales, mayor es la complejidad del aislamiento evaluado; la frecuencia de cada una de estas razas con respecto a la población total fue 2,32%, siendo ésta la frecuencia más baja encontrada.
Otra raza igualmente compleja, con cuatro factores de virulencia, corresponde al patotipo 0.4.8.11, con una nomenclatura octal 4211 y una frecuencia del 23.25% con respecto a la totalidad de aislamientos evaluados, encontrada en los aislamientos RU5, UR7, UR9, UR12, UR13, UR21, UR22, UR23 y UR24, de Urrao y Selva1 de Rionegro, en el departamento de Antioquia. Esta raza o patotipo contiene el factor de virulencia 0, el cual es empleado como herramienta para posteriormente, estimar el nivel de resistencia en el campo, en variedades de papa (Henfling, 1987), metodología que podría ser implementada para otras especies de la misma familia.

Con respecto a la frecuencia de los factores de virulencia, teniendo en cuenta la totalidad de los aislamientos evaluados, se encontró que el factor 4, se presentó en 13 de las 20 razas o patotipos estudiados (65%), seguido del factor 8 presente en 11 razas (55%); el factor 11 en 8 patotipos (40%); le siguen en forma descendente los factores 0, 7, 10, 2, 3 y 1, con 6 (30%), 5 (25%), 5 (25%), 3 (15%), 3 (15%) y 2 (10%), respectivamente. Los diferenciales R5, R6 y R9, no fueron afectados por los aislamientos evaluados, por

lo cual, se puede afirmar que ninguna de las muestras de tizón colectadas en los diferentes departamentos del país, tenía factores de virulencia 5, 6 y 9; sin embargo, en papa se han reportado los factores 6 y 9. En el presente trabajo se incluyó la evaluación de aislamientos colectados en papa, tomate, tomate de árbol y pepino dulce o de agua, para que sirvieran como elementos de comparación, con respecto a las respuestas de la interacción patógeno-hospedero que se presentaran con aislamientos colectados en lulo. Cabe anotar, que la velocidad de crecimiento del micelio y la cantidad de esporangios producidos por cada aislamiento es diferente, pero sus características fenotípicas permanecen constantes.

Implicación en programas de mejoramiento

De acuerdo con los resultados obtenidos se sugiere una estrategia en la cual se obtenga un aislamiento de la raza cero (0) del patógeno y con éste realizar un tamizado de todos los materiales disponibles en el banco de germoplasma de lulo de la nación colombiana, con el fin de descartar los materiales con posibles genes mayores, genes R o genes que induzcan la resistencia vertical. Si al inocular con la raza cero del patógeno, se presenta una interacción de compatibilidad entre éste y el hospedero, se espera entonces la ausencia de genes mayores en el material, lo que implica una resistencia de campo o resistencia horizontal o aquella conferida por genes menores. Este tipo de resistencia se considera de alta estabilidad, a diferencia de la resistencia vertical o de inmunidad, que es temporal y que depende del cambio genético del patógeno.

Una vez obtenida la resistencia horizontal en alguno de los materiales evaluados y comprobado el nivel de esta resistencia y su estabilidad, se podría entonces iniciar un programa de mejoramiento genético, como una estrategia de manejo de la enfermedad, donde se combinen además atributos de calidad y producción.

CONCLUSIONES

De las 116 muestras colectadas con síntomas típicos de tizón del lulo, tomadas en diferentes cultivos a nivel nacional, únicamente 43 crecieron en condiciones de cámara húmeda y fueron caracterizadas fisiológicamente sobre diferenciales para *P. infestans*.

En los 43 aislamientos caracterizados para *P. infestans*, se encontraron 22 razas fisiológicas o patotipos.

Los factores de virulencia más comunes fueron el 4 y 8, con una frecuencia del 65 y 55%, respectivamente

El aislamiento de *P. infestans* de papa fue el que mayor número de factores de virulencia presentó; mientras que el de tomate de árbol fue el que menos factores mostró.

En los aislamientos de lulo se determinó que las respuestas de interacción patógeno hospedero fueron diversas, no presentando una tendencia constante, incluso dentro de los mismos municipios, lo que indicó que existe una gran variabilidad genotípica de estos aislamientos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abad G, Abad J. 1997. Another look at the origin of late blight of potatoes, tomatoes, and pear melon in the Andes of South America. Plant Dis 81(6):682-688.

Arauz LF. 1998. Fitopatología: Un enfoque agroecológico. San José: Universidad de Costa Rica.

Barquero M, Brenes A, Gómez L. 2006. Complejidad fisiológica de *Phytophthora infestans* en Costa Rica. Agron Costarr 29(3):21-29.

Black W, Mastenbroek C, Mills WR, Paterson LC. 1953. A proposal for an international nomenclatura of races of *Phytophthora infestans* and genes controlling immunity in *Solanum demisum* derivates. Euphytica 2:173-179.

CIP, Centro Internacional de la Papa. 1997. *Phytophthora infestans* work at the CIP Quito. Laboratory Manual No. 33. Lima.

Derie ML, Inglis DA. 2001. Persistence of complex virulences in populations of *Phytophthora infestans* in Western Washington. Phytopathology 91:606-612.

Fry WE, Spielman DJ. 1991. Population biology. En: Ingram DS, Williams PH, editores. Advances in plant pathology. Vol. *7. Phytophthora infestans*, the cause of late blight of potato. Londres: Academic Pr. pp. 171-192.

Goodwin SB, Sujkowsky LS, Fry WG. 1995. Rapid evolution of pathogenicity within clonal lineages of the potato late blight disease fungus. Phytopathology 85:669-675.

Henfling JW. 1987. El tizón tardío de la papa *Phytophthora infestans*. Boletín de Información Técnica No. 4. Lima: CIP.

Huertas C, Varón De AF, Saavedra D. 1999. Epidemia de tizón tardío (*Phytophthora infestans*) en el cultivo de lulo (*Solanum quitoense* Lam) en el Valle del Cauca. En: XX Congreso Nacional de Fitopatología. Memorias. Manizales, Colombia: Ascolfi. pp. 52.

López JB, Márquez ME, Jaramillo S, Zapata JL, Mazo JJ, Patiño LF. 1997. Determinación de razas fisiológicas y tipo de apareamiento en aislamientos de *Phytophthora infestans* (Mont) de Bary. Rev Latinoam Papa 9/10:156-170.

Mazo JJ, Patiño LF. 1995. Determinación de razas fisiológicas y tipo de apareamiento en aislamientos de *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary [Trabajo de grado]. Medellín, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.

MADR, Ministerio de Agricultura Y Desarrollo Rural. 2008. Apuesta Exportadora Agropuecuaria 2008 – 2020. Bogotá.

Platt HW, Peters RD, Medina M, Arsenault W. 1999. Impact of seed potatoes with *Phytophthora infestans* (USI1 or USI8 genotypes) on crop growth and disease risk. Amer J Potato Res 75: 767-73

Shaw DS. 1991. Genetics. Adv in Plant Pathol 7:131-168.

Tooley PW, Fry WE, MJ Villareal. 1985. Isozyme characterization of sexual and asexual P*hytophthora infestans* populations. J Hered 76:431-435.

Tooley PW, Sweigard JA, Fry WE. 1986. Fitness and virulence of *Phytophthora infestans* isolates from sexual and asexual populations. Phytopathology 76:1209-1212.

Zapata JL, Saldarriaga A, Tamayo PJ. 2000. Manejo del tizón del lulo en Colombia. *En:* XXI Congreso Asociación Colombiana de Fitopatología y Ciencias Afines, Ascolfi. Memorias. Palmira, Colombia: Ascolfi; CIAT. pp.18.