



**INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE
INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS**

UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR

FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS

**C. TELLO
J. OCHOA
X. CUESTA
J. RIVADENEIRA**

Factores epidemiológicos asociados con la expresión de la resistencia a *Phytophthora infestans* en papa (*Solanum tuberosum*).

INTRODUCCIÓN

- En el Ecuador, la papa (*Solanum tuberosum*) es uno de los pilares de la alimentación y de la economía de muchos agricultores de la Sierra, su principal limitante biótica es la enfermedad conocida como “Lancha” causada por *Phytophthora infestans*.
- Los productores aplican fungicidas en grandes cantidades, incrementando los costos de producción, poniendo en riesgo su salud y contaminando el medio ambiente.
- Un objetivo importante del INIAP a través del PNRT-papa, es la generación de variedades de papa resistentes a “Lancha”, pero en algunas evaluaciones se han presentado ciertas inconsistencias.
- Algunas razones de la inconsistencia pueden ser una interferencia entre parcelas, mezcla de razas, el tamaño de las parcelas o la presencia de genes mayores en los genotipos de papa.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- **Identificar algunos aspectos epidemiológicos relacionados con la expresión de la resistencia en papa (*Solanum tuberosum*), para la población de *Phytophthora infestans* predominante en las provincias de Carchi, Cotopaxi y Pichincha.**

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- **Cuantificar el efecto de la interferencia entre parcelas y su influencia en la expresión de resistencia horizontal en papa.**
- **Identificar si interviene el tamaño de la parcela en la respuesta de resistencia cuantitativa, en las evaluaciones del Programa de Mejoramiento de papa del INIAP.**
- **Determinar la influencia de posibles genes mayores (R) en la expresión de resistencia, en clones promisorios y variedades de papa obtenidos en el INIAP.**

METODOLOGÍA

➤ CARACTERÍSTICAS DEL SITIO EXPERIMENTAL

• UBICACIÓN

	<u>Localidad 1</u>	<u>Localidad 2</u>	<u>Localidad 3</u>
Provincia:	Pichincha	Cotopaxi	Carchi
Cantón:	Mejía	Latacunga	San Pedro de Huaca
Parroquia:	Cutuglahua	Aláquez	San Pedro de Huaca
Sitio:	E.E.S.C.	Col. Simón Rodríguez	Guananguicho
Altitud	3050 m.s.n.m.	2854 m.s.n.m.	2945 m.s.n.m.

• CARACTERÍSTICAS AGROCLIMÁTICAS

T° media anual:	12°C	12°C	12.3°C
Precip. media anual:	1432.1mm	850mm	1970mm
HR media anual:	72.5%	70%	76%

• CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL SUELO

Textura:	franco	franco arenoso	franco arenoso
Topografía:	plana	plana	ondulada
Drenaje:	bueno	bueno	bueno

Etapa I.- Interferencia entre parcelas

➤ Factores en estudio

- **Tres arreglos de clones/variedades**

- **Tamaño de parcela**

- 2 surcos

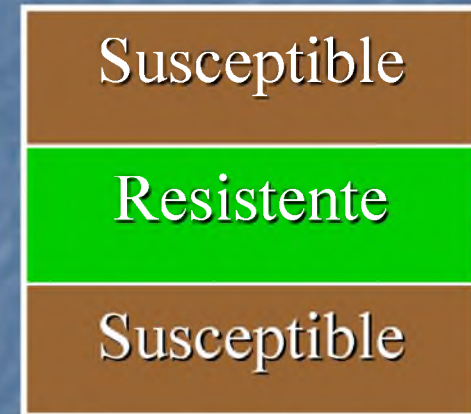
- 4 surcos

- **Genotipos de papa**

- Resistentes: I-Fripapa, Brenda

- Susceptibles: Superchola, 97-1-10

- Medianamente resistentes:
98-11-6, 99-38-5



S	R	S	S	R	R
R	S	R	S	R	S
R	R	S	R	S	R
S	R	R	S	R	S

DISEÑO EXPERIMENTAL:

DP2D con 3 repeticiones

PARCELA EXPERIMENTAL

Dos Surcos

Área total de la unidad experimental:

8.52 m²

Área de la unidad experimental neta:

6.6 m²

Cuatro Surcos

Área total de la unidad experimental:

15.84 m²

Área de la unidad experimental neta:

6.6 m²

Densidad de siembra:

0.3 m entre plantas y 1.1 m entre

surcos



VARIABLES Y MÉTODOS DE EVALUACIÓN

- SEVERIDAD DE TIZÓN TARDÍO
- RENDIMIENTO TOTAL POR PARCELA NETA

Etapa II.- Influencia de genes mayores y mezcla de razas de *Phytophthora infestans*.

Factores en estudio:

- Genotipos de papa
- Set de diferenciales de razas
- Aislamientos de *Phytophthora infestans*

Variables:

- Eficacia de virulencia en genotipos de papa.
- Porcentaje de incidencia de razas virulentas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

SEVERIDAD TIZÓN TARDÍO

CUADRO 1. ADEVA para el AUDPC en la evaluación de tamaños de parcela y genotipos de papa. EESC – Pichincha. 2008.

F de V	GL	CM
Total	107	
Repeticiones	2	16 766.0 n.s.
Tamaños (T)	1	391 155.5 n.s.
Error (a)	2	45 625.6
Arreglos (A)	2	32 299.8 n.s.
A x T	2	212 517.1 n.s.
Error (b)	8	55 840.0
Genotipos (G)	5	7 192 511.9 ***
A x G	10	255 261.9 **
T x G	5	90 918.5 *
A x T x G	10	22 807.9 n.s.
Error (c)	60	34 452.2
Promedio	1715.8 AUDPC	
CV (a)	12.45%	
CV(b)	13.77%	
CV(c)	10.82%	

Cuadro 2. Promedios de AUDPC en la evaluación de la interacción genotipos por arreglos de genotipos de papa. EESC – Pichincha. 2008.

	Promedio AUDPC			
Genotipos (G)	Arreglos (A)			Promedio (GxA)
	A1	A2	A3	
97-1-10	945.2	940.2	1170.8	1018.7
99-38-5	1306.6	1199.6	1523.1	1343.0
98-11-6	1325.5	1522.4	1270.0	1372.6
I-Fripapa	1949.1	2111.2	1511.2	1857.1
Brenda	1871.3	1751.2	2046.6	1889.7
Superchola	2901.6	2947.7	2591.3	2813.6
Promedio	1716.5	1745.4	1685.5	1715.8

Cuadro 3. Promedios de AUDPC en la evaluación de la interacción genotipos por tamaños de parcelas. EESC – Pichincha. 2008.

Genotipos (G)	Promedio AUDPC		Promedio (GxT)
	Tamaño de parcela (T)		
	T1	T2	
97-1-10	1017.9	1019.5	1018.7
99-38-5	1363.3	1322.7	1343.0
98-11-6	1268.0	1477.2	1372.6
I-Fripapa	1682.6	2031.6	1857.1
Brenda	1843.6	1935.8	1889.7
Superchola	2758.2	2868.9	2813.6
Promedio	1655.6	1775.9	1715.8

Cuadro 4. Promedios de AUDPC en la evaluación de la interacción tamaños de parcelas por arreglos de genotipos de papa. EESC – Pichincha. 2008.

	Promedio AUDPC	
Arreglos	Tamaños	
	T1	T2
A1	1612.3	1820.7
A2	1640.5	1850.3
A3	1714.0	1656.9
Promedio	1655.6	1776.0

RENDIMIENTO POR PARCELA NETA

Cuadro 5.- ADEVA para rendimiento/parcela neta en la evaluación de tamaños de parcela y arreglos de genotipos de papa (*Solanum tuberosum*). EESC – Pichincha. 2008.

F de V	GL	CM	
Total	71		
Repeticiones	2	15.78	n.s.
Tamaños (T)	1	7.60	n.s.
Error (a)	2	17.33	
Arreglos (A)	1	2.35	n.s.
A x T	1	0.64	n.s.
Error (b)	4	3.86	
Genotipos (G)	5	85.30	
A x G	5	4.94	n.s.
T x G	5	6.54	
A x T x G	5	1.06	n.s.
Error (c)	40	2.43	
Prom.	8.7 kg/pn*		
CV(a)	47.82 %		
CV(b)	22.53 %		
CV(c)	17.93 %		

*parcela neta = 6.6m² (3.0m x 2.2m)

Cuadro 6. Promedios de rendimiento en la evaluación de la interacción genotipos por arreglos. EESC – Pichincha. 2008.

Rendimiento kg/pn*			
Genotipos (G)	Arreglos (A)		Promedio (GxT)
	A1	A2	
Brenda	10.1	12.7	11.4
I-Fripapa	9.0	9.2	9.1
97-1-10	7.8	8.9	8.4
99-38-5	7.4	6.9	7.2
98-11-6	7.0	6.4	6.7
Superchola	3.7	3.2	3.4
Promedio	7.5	7.9	7.7

*parcela neta = 6.6m² (3.0m x 2.2m)

Cuadro 7. Promedios de rendimiento de cada clon/variedad de papa (*Solanum tuberosum*) en los diferentes tamaños de parcelas. EESC – Pichincha. 2008.

Rendimiento kg/pn*			
Genotipos (G)	Tamaño de parcela (T)		Promedio (GxT)
	T1	T2	
Brenda	10.4	12.4	11.4
I-Fripapa	9.9	8.4	9.1
97-1-10	9.1	7.7	8.4
99-38-5	7.4	6.9	7.2
98-11-6	7.8	5.6	6.7
Superchola	3.6	3.3	3.4
Promedio	8.0	7.4	7.7

*parcela neta = 6.6m² (3.0m x 2.2m)

Cuadro 8.- Correlación entre las variables rendimiento y severidad de *Phytophthora infestans*. EESC – Pichincha. 2008.

Genotipos	Rendimiento kg/pn*	AUDPC
g6 (Brenda)	11.4 a	1889.7 c
g5 (I-Fripapa)	9.1 b	1857.1 c
g3 (97-1-8)	8.4 bc	1018.7 a
g1 (99-38-5)	7.1 c	1343.0 b
g2 (98-11-6)	6.7 c	1372.6 b
g4 (Superchola)	3.4 d	2813.6 d
Promedio	7.7	1715.8
Coef. correlación	-0.45	

*parcela neta = 6.6m² (3.0m x 2.2m)

Cuadro 9.- Similitud de reacciones de compatibilidad e incompatibilidad entre los clones diferenciales 5 y 9 con la variedad Brenda, a los aislamientos de *Phytophthora infestans*, provenientes de las provincias de Pichincha, Carchi y Cotopaxi. 2008.

Aislamientos Pichincha																							
Dif/Clon/Var	3	4	7	8	13	14	15	17	21	22	24	25	29	31	33	36	38	39	40	41	42	44	45
t5 (R5)	-	+	-	+	+	+	+	-	+	-	+	-	+	+	+	-	+	-	+	-	+	+	-
t9 (R9)	-	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	-
t15 (Brenda)	-	+	+	+	+	-	+	-	+	+	+	-	+	+	+	-	+	-	+	-	+	+	-

Aislamientos Carchi																		
Dif/Clon/Var	142	144	146	148	151	153	156	157	159	163	164	169	170	173	177	178	179	180
t5 (R5)	+	+	+	+	+	-	+	-	-	+	+	-	+	-	-	+	+	-
t9 (R9)	+	+	+	-	+	-	+	-	+	+	+	-	+	+	-	-	+	-
t15 (Brenda)	+	+	+	+	+	-	+	-	-	+	+	-	+	-	-	+	+	-

Aislamientos Cotopaxi																		
Dif/Clon/Var	181	186	188	189	191	197	198	200	201	202	210	212	213	218	219	220	222	225
t5 (R5)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
t9 (R9)	+	-	+	-	+	-	+	+	+	+	-	+	-	+	+	-	-	+
t15 (Brenda)	+	-	+	-	+	+	+	+	+	-	-	+	-	+	+	-	+	+

Cuadro 10.- Porcentaje de eficacia de virulencia de los aislamientos provenientes de Pichincha sobre los genotipos de papa. 2008.

Eficacia de virulencia aislamientos Pichincha (%)							
Clon/Var	97-1-10	98-11-6	99-38-5	Brenda	Super	I-Eripapa	Promedio
97-1-10	100	100	100	100	100	100	100
98-11-6	92	100	92	83	67	85	86.5
99-38-5	69	83	100	100	67	69	81.3
Brenda	85	67	62	100	67	69	75
Superchola	100	100	100	100	100	100	100
Fripapa	92	100	92	92	83	100	93.2
I-Estela	100	100	100	100	100	100	100
Promedio	91.1	92.9	92.3	96.4	83.4	89.0	90.9

Cuadro 11.- Porcentaje de eficacia de virulencia de los aislamientos provenientes de Carchi sobre los genotipos de papa. 2008.

Eficacia de virulencia aislamientos Carchi (%)							
Clon/Var	97-1-10	98-11-6	99-38-5	Brenda	Superchola	I-Fripapa	Promedio
97-1-10	100	83	73	90	91	100	89.5
98-11-6	91	100	82	80	91	100	90.7
99-38-5	100	67	100	70	73	92	83.7
Brenda	64	42	46	100	55	46	58.8
Superchola	100	100	100	100	100	100	100.0
Fripapa	55	83	73	100	82	100	82.2
I-Estela	100	100	100	100	100	100	100
Promedio	87.1	82.1	82,0	91.4	84.6	91.1	86.4

Cuadro 12.- Porcentaje de eficacia de virulencia de los aislamientos provenientes de Cotopaxi sobre los genotipos de papa. 2008.

Clon/Var	Eficacia de virulencia aislamientos Cotopaxi (%)						Promedio
	97-1-10	98-11-6	99-38-5	Brenda	Superchola	I-Fripapa	
97-1-10	100	92	100	100	91	91	95.7
98-11-6	82	100	100	100	100	100	97.0
99-38-5	73	75	100	100	91	91	88.3
Brenda	27	50	50	100	82	46	59.2
Superchola	100	100	100	100	100	100	100.0
Fripapa	64	75	80	100	64	100	63.8
I-Estela	100	100	100	100	100	100	100
Promedio	78.0	84.6	90.0	85.7	89.7	89.7	86.3

Cuadro 10.- Resumen del porcentaje de incidencia de virulencia de los aislamientos provenientes de Pichincha, Carchi y Cotopaxi sobre los materiales de papa. 2008.

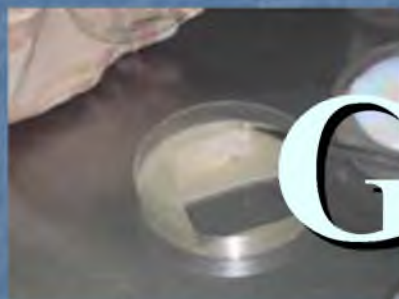
% Incidencia de virulencia de aislamientos de <i>P. infestans</i>				
Clones/Varietades				
	Pichincha	Carchi	Cotopaxi	Promedio
Superchola	100	100	100	100
Brenda	75	59	59	64
I-Fripapa	93	82	64	78
99-38-5	81	84	88	84
98-11-6	86	91	97	91
97-1-10	100	90	96	95
I-Estela	100	100	100	100

CONCLUSIONES

- ✓ La interferencia entre parcelas y el tamaño de parcela no son factores importantes que explican las inconsistencias en la expresión de la resistencia, aunque en tamaños de parcelas grandes (cuatro surcos), el AUDPC fue mayor que en tamaños pequeños (dos surcos).
- ✓ Cuando las variedades se sembraron mezcladas, la epidemia de la enfermedad fue menor, sugiriendo que los genes mayores contribuyen cuando se expresan conjuntamente con genes de resistencia cuantitativa.
- ✓ Los clones 97-1-10, 98-11-6, 99-38-5 y las variedades I-Fripapa y Brenda poseen genes mayores y al proteger de la infección de parte de la población del patógeno, permiten sobrestimar la resistencia cuantitativa de estas variedades.

CONCLUSIONES

- ✓ Brenda en Cotopaxi presentó niveles de AUDPC bajos, similares a I-Estela, mientras que en Pichincha los niveles de severidad fueron similares a Superchola, variedad susceptible. Esta inconsistencia se debió a que el gen mayor de Brenda en Cotopaxi protegió a gran parte de la población del patógeno, mientras que en Pichincha protegió a una pequeña parte de la población.
- ✓ La sobrestimación en la variedad Brenda parece explicar por qué en los primeros años de evaluación de los materiales, se identifican como resistentes y luego se presentan susceptibles.
- ✓ En este estudio la presencia de genes mayores es la principal causa de la inconsistencia del comportamiento de ciertos materiales del Programa de Mejoramiento de Papa del INIAP.



GRACIAS

