

## II Congreso Ecuatoriano de la Papa

[Home](#) / [CIP Quito](#) / [Información](#) / [Congresos](#) / [II Congreso Ecuatoriano de la Papa](#)

### Memorias del

## II CONGRESO ECUATORIANO DE LA PAPA

**17, 18 y 19 de mayo del 2006, Ambato-Ecuador**

---

La papa (*Solanum tuberosum*), es un alimento básico en la dieta de los ecuatorianos, constituye a su vez un renglón económico del cual subsisten la mayoría de población rural interandina ecuatoriana. En tal virtud y con el propósito de conocer y difundir los avances científicos y tecnológicos logrado en los últimos años en relación con el cultivo de papa, la Facultad de Ingeniería Agronómica de la Universidad Técnica de Ambato, conjuntamente con el Centro Internacional de la Papa- CIP y el Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias –INIAP, asumió la responsabilidad de organizar el II CONGRESO ECUATORIANO DE LA PAPA, evento que tiene lugar en la ciudad de Ambato del 17 al 19 de mayo del 2006 y cuenta con la colaboración decidida de Instituciones locales, nacionales e internacionales vinculadas al desarrollo agropecuario del país tanto publicas como privadas.

---

El evento, sin duda también constituye un importante escenario para reunir a prestigiosos conferencistas internacionales, investigadores, científicos ecuatoriano, docentes universitarios, estudiantes y productores de todo el país y particularmente de la Región Interandina para intercambiar experiencias y planificar las acciones futuras encaminadas a mejorar los niveles de producción y productividad de la papa, tomando como base la tecnología desarrollada y disponible en la actualida

# ORGANIZADORES PRINCIPALES



**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO**  
**Facultad de Ingeniería Agronómica**



## **Evaluación de la aptitud combinatoria general y específica en 21 progenies de papa *Solanum phureja* para resistencia a tizón tardío *Phytophthora infestans***

Javier Garófalo

Hector Andrade

Xavier Cuesta

cuesta@fpapa.org.ec

### **RESUMEN**

El Tizón tardío *Phytophthora infestans*, es la enfermedad fungosa más importante de la papa, que puede ocasionar la destrucción del follaje. En el mejoramiento genético, la aptitud combinatoria es el método utilizado para escoger los mejores progenitores. La aptitud combinatoria general (ACG) determina el comportamiento de una progenie en combinaciones híbridas; y la aptitud combinatoria específica (ACE) determina aquellas progenies que se comportan mejor que el promedio de sus progenitores.

En la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP se evaluó la aptitud combinatoria general y específica en 21 progenies de papa *Solanum phureja* para resistencia a “Tizón tardío”. Los factores en estudio fueron: cruzamientos y progenies de *Solanum phureja* resistentes a *P. infestans*. En invernadero se realizaron 21 cruzamientos entre los seis materiales de *S. phureja* y en campo se evaluaron las 21 progenies. Las variables estudiadas fueron: número de tallos por planta, vigor de planta, altura de planta, rendimiento por planta, resistencia a “Tizón tardío”, forma y color del tubérculo. Los análisis de porcentaje de viabilidad de granos de polen son aceptables, con un promedio de 82.11%. El porcentaje de fructificación fue bajo para todas las progenies, con un promedio de 54.13%. El número de semillas promedio por cruzamiento fue de 191.67, con un porcentaje de germinación promedio de 91.23%. En la variable AUDPC, la progenie 13(ASO-861 x BOM-532) presentó buenos niveles de resistencia con un promedio de AUDPC de 382.8, frente a la variedad susceptible Uvilla con un promedio de 1279.80 de AUDPC. Se determinó que los efectos genéticos presentes en la resistencia a “Tizón tardío” son los no aditivos y dominantes. Cuatro progenitores presentaron mejor ACG y nueve progenies presentaron alta

ACE. Los promedios generales del experimento fueron: vigor de planta 2.25; número de tallos 6.88 tallos/planta; altura de planta 41.43 cm; y rendimiento 0.51 kg/planta.

## INTRODUCCIÓN

La producción de papa está concentrada en la sierra ecuatoriana, ya que se adapta a los pisos climáticos de la región interandina, y se la siembra durante todo el año, dependiendo de las características de cada zona. En el Ecuador la producción promedio alcanzó 350 mil toneladas y una superficie cultivada de 49 mil hectáreas en el período de 1991-2001, con un valor total bruto de aproximadamente 60 millones de dólares (1)(6). La mayor diversidad genética de papa cultivada y silvestre se encuentra en la región de los Andes de Ecuador, Perú y Bolivia. El Programa Nacional de Raíces y Tubérculos, rubro Papa (PNRT-Papa) posee la Colección Ecuatoriana de Papa (CEP) donde existen 196 accesiones de ciclo corto de la especie *Solanum phureja*, la cual es diploide y constituye un gran reservorio de genes para el mejoramiento genético (2)(4). El Tizón tardío *Phytophthora infestans*, es la enfermedad fungosa más importante de la papa, que ocasiona la destrucción del follaje en una semana o menos (3)(9). Dentro de la clasificación botánica de la papa, el grado de ploidía va desde diploides ( $2n=24$ ) hasta pentaploides ( $2n=60$ ). La diploidía es ventajosa y eficiente para los trabajos de mejoramiento, debido a la genética fácil de entender (4). En el mejoramiento genético, la aptitud combinatoria es el método utilizado para escoger los mejores progenitores. La aptitud combinatoria general (ACG) determina el comportamiento de una progenie en combinaciones híbridas; y la aptitud combinatoria específica (ACE) determina aquellas progenies que se comportan mejor que el promedio de sus progenitores (7)(8). Debido a la necesidad de generar variedades de papa con resistencia a “Tizón tardío”, se deben identificar a los progenitores diploides que transmitan la resistencia a la descendencia, por lo que se plantearon los siguientes objetivos en esta investigación: Evaluar las 21 progenies de la primera generación (F1) y seleccionar aquellas con resistencia a *Phytophthora infestans*; y, seleccionar los mejores progenitores con ACG y ACE para incluirlos en el esquema de mejoramiento genético del PNRT-Papa.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

Esta investigación se la llevó a cabo en la Estación Experimental Santa Catalina del Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias, localizada en la provincia de Pichincha, parroquia Cutuglagua, a una altitud de 3050 msnm y una precipitación de 1427 mm. El presente trabajo de investigación se realizó en invernadero y en campo.

Los factores en estudio fueron: los cruzamientos con resistencia a *Phytophthora infestans* y las progenies de *Solanum phureja* resistentes a *Phytophthora infestans*. El número de tratamientos fue 21 provenientes de la combinación de seis progenitores (15 cruzamientos y seis autofecundaciones), ubicados en un diseño dialélico según el Método 2 y Modelo I de Griffing I, e inmerso en un Diseño de Bloques Completos al Azar con cinco repeticiones. La unidad experimental fue un surco de 6.9 x 1.1 m, en donde se colocaron 22 plantas (20 F1, un progenitor masculino y un progenitor femenino), con una parcela neta de 34.7 m<sup>2</sup> (6.30 m x 5.5 m).

Las variables en estudio fueron: número de tallos por planta, vigor de planta, altura de planta, rendimiento por planta, resistencia a “Tizón tardío”, forma y color del tubérculo.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **EVALUACIÓN DE RESISTENCIA A *Phytophthora infestans***

#### **- Área Bajo la Curva del Progreso de la Enfermedad (AUDPC)**

En el análisis de varianza, Cuadro 1, se observa diferencias altamente significativas para progenies y ninguna significación estadística para repeticiones. El promedio general del AUDPC fue de 668.62 con un coeficiente de variación de 10.96%, que demuestran la confiabilidad de los datos obtenidos. La variedad

Uvilla utilizada como testigo susceptible tuvo un promedio de 1279.80 de AUDPC.

**Cuadro 1. Análisis de varianza para AUDPC en progenitores de *Solanum phureja*. Cutuglahua, Pichincha. 2005.**

<b>Fuente de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Cuadrados Medios</b>
Total	104	
Repeticiones	4	2752.85 ns
Progenies	20	21352.95 **
ACG	5	9706.60 ns
ACE	15	25235.10 **
Error	80	5369.78
Promedio: 668.62		
CV: 10.96 %		

Tukey al 5% para progenies, Cuadro 2, determinó cuatro rangos de significación estadística, ubicándose en el primer lugar y presentando los mejores niveles de resistencia la progenie 13 (ASO-861 x BOM-532) con un promedio de AUDPC de 382.8; mientras que, con un promedio de AUDPC de 934.4 se ubicó en el último lugar, con bajos niveles de resistencia, la progenie 12 (ASO-861 x ASO-861).

**Cuadro 2. Tukey al 5% para AUDPC en progenies de *Solanum phureja*.  
Cutuglahua, Pichincha. 2005.**

Progenies	Genealogía	Promedios AUDPC	Rangos de significación
13	ASO-861 x BOM-532	382.84	a
11	HSO-198 x SOL-078	465.39	ab
5	BOM-540 x HSO-213	537.62	abc
21	SOL-078 x SOL-078	548.75	abcd
14	ASO-861 x HSO-213	553.13	abcd
18	BOM-532 x SOL-078	569.47	abcd
10	HSO-198 x HSO-213	578.58	abcd
16	BOM-532 x BOM-532	593.41	abcd
6	BOM-540 x SOL-078	604.69	abcd
4	BOM-540 x BOM-532	620.02	abcd
8	HSO-198 x ASO-861	673.72	abcd
1	BOM-540 x BOM-540	674.79	abcd
7	HSO-198 x HSO-198	678.68	abcd
3	BOM-540 x ASO-861	722.45	abcd
2	BOM-540 x HSO-198	736.77	abcd
9	HSO-198 x BOM-532	762.23	abcd
19	HSO-213 x HSO-213	783.93	bcd
15	ASO-861 x SOL-078	838.54	bcd
17	BOM-532 x HSO-213	866.13	cd
20	HSO-213 x SOL-078	915.41	cd
12	ASO-861 x ASO-861	934.37	d

- Aptitud combinatoria general y específica

En el análisis de varianza, Cuadro 1, se observó diferencias estadísticas altamente significativas para aptitud combinatoria específica (ACE) y ninguna significación estadística para aptitud combinatoria general (ACG)

La alta significación para aptitud combinatoria específica (ACE) determina que, los efectos no aditivos son importantes y están involucrados en la herencia de la resistencia en estas progenies y que ciertas progenies se comportaron mejor que otras. La no significancia estadística para aptitud combinatoria general (ACG) indica que los efectos aditivos no son importantes en la herencia de la resistencia en estas progenies y que los progenitores se comportaron de igual manera en las progenies.

En la comparación de los padres respecto a sus hijos, Cuadro 3, se observó una alta significación estadística, lo que determina que los padres e hijos se expresan de diferente manera y que existen efectos de dominancia para la resistencia al “Tizón tardío”.

**Cuadro 3. Comparación padres vs. hijos de *Solanum phureja*. Cutuglahua, Pichincha. 2005.**

Comparación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F calculado
Padres vs. hijos	1	47714.49	47714.49	8.89 **.

Por los resultados obtenidos en esta investigación, en materiales de *Solanum phureja* los efectos genéticos no aditivos están presentes y son más importantes que los efectos aditivos para la herencia de la resistencia. Dentro de los efectos genéticos no aditivos, los efectos de dominancia están gobernando la resistencia a *Phytophthora infestans*.

- Estimación de los efectos de aptitud combinatoria general (ACG)

En el análisis de varianza, Cuadro 4, se observó ninguna significancia estadística para ACG, es decir que todos los progenitores se comportaron igual por su ACG. En esta investigación, a pesar de la no significancia estadística para ACG, se tomó en cuenta la ACG de los progenitores, ya que según Sprague y Tatum (8) la ACG es más importante que la ACE en materiales no seleccionados previamente.

Según Griffing (5) los valores absolutos bajos de ACG, indican que los progenitores no difieren del promedio general de los cruzamientos dialélicos. En cambio los valores absolutos altos de ACG, indican que el progenitor es superior o inferior a los demás progenitores con relación al comportamiento promedio de los cruzamientos. Por lo anteriormente dicho y considerando que los valores bajos de AUDPC indican progenies con niveles altos de resistencia, en el Cuadro 3, se observa que los progenitores: BOM-540, HSO-198, BOM-532 y SOL-078 con



valores bajos son los que presentan mejor ACG; y los progenitores ASO-861 y HSO-213 con valores altos no son aptos.

**Cuadro 4. Estimados de los efectos de ACG y ACE para progenitores y progenies de *Solanum phureja*. Cutuglahua, Pichincha. 2005.**

Progenitores		MASCULINO					
		BOM-540	HSO-198	ASO-861	BOM-532	HSO-213	SOL-078
FEMENINO	BOM-540	<b>-13.65</b>	95.09	22.59	1.65	-159.65	-26.62
	HSO-198		<b>-13.28</b>	-26.5	143.49	-119.05	-166.28
	ASO-861			<b>44.89</b>	-294.06	-202.68	148.7
	BOM-532				<b>-36.60</b>	191.81	-38.88
	HSO-213					<b>42.30</b>	228.16
	SOL-078						<b>-23.66</b>

\* Valores a lo largo diagonal: efectos de ACG de progenitores; valores por arriba de la diagonal: efectos de ACE de progenies.

- Estimación de los efectos de aptitud combinatoria específica (ACE)

Según Griffing (5) los valores absolutos altos de ACE, indican las progenies que fueron mejor o superior al promedio de ACG de sus dos progenitores. Por lo anteriormente dicho, en el Cuadro 4, se observa que las progenies 5 (BOM-540 x HSO-213), 9 (HSO-198 x BOM-532), 10 (HSO-198 x HSO-213), 11 (HSO-198 x SOL-078), 13 (ASO-861 x BOM-532), 14 (ASO-561 x HSO-213), 15 (ASO-861 x SOL-078) 17 (BOM-532 x HSO-213) y 20 (HSO-213 x SOL-078) presentaron altos valores absolutos de ACE.

En las progenies con buena ACE, se observó que participan en el cruzamiento todos los progenitores, incluidos aquellos que tienen baja ACG, como ASO-861 y HSO-213; posiblemente debido a que transmiten e incrementan de mejor manera la resistencia en las progenies.

- Rendimiento por planta

El análisis de varianza para rendimiento por planta, Cuadro 7, se observa no significancia estadística para progenies y alta significancia para repeticiones. El promedio general de rendimiento por planta fue de 0.51 kg/planta, con un coeficiente de variación de 20.52%, que es aceptable para este tipo de investigación.

En los promedios de rendimiento por planta se ubicó en primer lugar la progenie 10 (HSO-198 x HSO-213) con un promedio de 0.63 kg/planta, y en último lugar a la progenie 3 (BOM-540 x ASO-861) con un promedio de 0.41 kg/planta.

- Aptitud combinatoria general y específica

En el análisis de varianza, Cuadro 7, se observa ninguna significación estadística para aptitud combinatoria específica (ACE) y para aptitud combinatoria general (ACG). La no significancia para aptitud combinatoria general (ACG) y para aptitud combinatoria específica (ACE), indicó que los efectos aditivos y no aditivos no están involucrados en la herencia de rendimiento en estas progenies.; y que, tanto los progenitores como las progenies se comportaron de la misma manera, sin incrementar la herencia del rendimiento.

**Cuadro 7. Análisis de varianza para rendimiento por planta en progenies de *Solanum phureja*. Cutuglahua, Pichincha. 2005.**

<b>Fuentes de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Cuadrados Medios</b>
Total	104	
Repeticiones	4	0.003 **
Progenies	20	0.014 n.s.
ACG	5	0.006 ns
ACE	15	0.017 ns
Error	80	0.011
Promedio: 0.51 kg/planta		
CV: 20.52 %		

Por los resultados obtenidos en esta investigación, en materiales de *Solanum phureja* los efectos genéticos aditivos y no aditivos no están presente en la herencia del rendimiento.

### **CONCLUSIONES:**

- En la herencia de la resistencia a “Tizón tardío” (*Phytophthora infestans*) en *Solanum phureja* están involucrados los efectos genéticos no aditivos y dentro de estos los efectos de dominancia.
- Se seleccionaron los progenitores BOM-540, HSO-198, BOM-532 y SOL-078, debido a que presentaron mejor aptitud combinatoria general.
- Se seleccionaron las progenies 5 (BOM-540 x HSO-213), 9 (HSO-198 x BOM-532), 10 (HSO-198 x HSO-213), 11 (HSO-198 x SOL-078), 13 (ASO-861 x BOM-532), 14 (ASO-561 x HSO-213), 15( ASO-861 x SOL-078), 17 (BOM-532 x HSO-213) y 20 (HSO-213 x SOL-078), debido a que presentaron valores absolutos altos de aptitud combinatoria específica.
- Los progenitores ASO-861 y HSO-213 están presentes en las progenies con buena aptitud combinatoria específica, porque transmiten la resistencia a su progenie.
- En la herencia del rendimiento de la población de seis materiales de *Solanum phureja*, no están involucrados los efectos genéticos aditivos y no aditivos.

### **RECOMENDACIONES**

- Realizar ensayos complementarios de evaluación de resistencia y características agronómicas, tanto de los materiales seleccionados en campo como de las progenies que presentaron alta aptitud combinatoria específica.

- Realizar una investigación complementaria utilizando los progenitores: ASO-861 y HSO-213, para determinar si presentan alta aptitud combinatoria general y si la transmiten a sus progenies.
- Utilizar los progenitores BOM-540, HSO-198, BOM-532 y SOL078 que presentaron alta aptitud combinatoria general, en esquemas de mejoramiento del PNRT-Papa del INIAP.

## **BIBLIOGRAFÍA**

ANDRADE, H. 2005. Guía Técnica de la Papa (*Solanum tuberosum*). Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ciencias Agrícolas. Quito. 20 p.

ANDRADE, H.; SOLA, M.; MORENO, J.; BORJA, N. 1994. Situación actual de la Colección Ecuatoriana de Papa (CEP) INIAP. **In** Primera Reunión de Recursos Genéticos de Papa, Raíces y Tubérculos Andinos. Cochabamba. p. 7-10.

CUESTA, X.; ANDRADE, H.; BASTIDAS, O.; QUEVEDO, R.; SHERWOOD, S. 2002. Botánica y mejoramiento genético. **In** Pumisacho, M.; Sherwood, S. (eds). El cultivo de la papa en Ecuador. INIAP y CIP, Quito, Ecuador. 229 p.

ESTRADA, N. 2000. La biodiversidad en el mejoramiento genético de la papa. Bolivia, CIP, 372 p.

GRIFFING, B. 1956. Concept of General and Specific Combining Ability in Relation to Diallel Crossing Systems. *Austr. Journ. of Biol. Scien.* 9:463-493.

HERRERA M.; CARPIO H.; CHÁVEZ, G. 1999. Estudio sobre el subsector de la papa en el Ecuador, Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias, Programa Nacional de Raíces y Tubérculos. Quito, Ecuador. 69 p.

RAMANNA, M.; JACOBSEN, E. 1999. Introduction to plant breeding and genetic variation. Wageningen University. p 22-51.

SPRAGUE, G.; TATUM, A. 1942. General vs. Specific Combining Ability in Single-Crosses of Corn. Amer. Soc. Agron. 43:923-932.

TORRES, H. 2002. Manual de las enfermedades más importantes de la Papa en el Perú. Lima, Centro Internacional de la Papa, 5-13 p.