

# Mejoramiento Participativo en Ecuador Aplicado al Incremento de la Severidad de *Phytophthora infestans* en el INIAP

H. Andrade B.<sup>1</sup>, X. Cuesta Z.<sup>2</sup>, P. Oyarzún<sup>3</sup>

1 Líder, Programa Nacional de Raíces y Tubérculos rubro Papa,  
INIAP, Quito, Ecuador.

2 Asistente del PNRT Papa INIAP, Quito, Ecuador.

3 Asesor proyecto FORTIPAPA CIP, Quito, Ecuador.

## Introducción

Durante la última década, varios cambios ocurrieron en la población de *Phytophthora infestans* en Ecuador. Estos cambios están estrechamente relacionados con las recientes migraciones del hongo desde su probable centro de origen, en México, y han dado lugar a profundas modificaciones de los genotipos y de la patogenicidad de este hongo en todo el mundo.

La presencia de dichos cambios se relaciona en Ecuador con los siguientes indicadores:

- Aparición de nuevos genotipos del hongo acompañada de un aumento drástico en los factores de virulencia.
- Aparición de una importante fracción de la población del hongo con resistencia al Metalaxil.
- Sustitución de la población de *P. infestans* que causaba tradicionalmente epifitias en papa por una población nueva.
- Severas epidemias observadas en los últimos años en cultivares de papa relativamente resistentes.

El programa de mejoramiento de la resistencia al tizón tardío de la papa en variedades de este cultivo se inició hace 35 años, aproximadamente, en el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). La mayor parte de las variedades producidas por el Instituto tenían resistencia monogénica y el tizón tardío se acopló rápidamente a ellas. El efecto multigénico residual es bajo en estas variedades.

La investigación que se realizó hasta 1990 no incluyó la participación activa de los usuarios de la papa, es decir, los productores, los intermediarios, los consumidores rurales y urbanos, y los agentes de la agroindustria, a pesar de la actividad realizada en los ensayos de investigación en las fincas desde 1977.

Este programa de mejoramiento se concentró en la identificación, para uso futuro, de fuentes de resistencia horizontal o duradera partiendo de materiales tanto propios como de otros programas de nivel internacional. Incorporó, además, los criterios de los usuarios en la decisión de seleccionar la tecnología generada para el manejo de la papa. Fue necesario, por tanto, capacitar a mejoradores, agentes de transferencia de tecnología y a los socioeconomistas del INIAP, quienes pusieron en práctica estos principios en sus áreas de trabajo.

El esquema de mejoramiento para la obtención de variedades (**Figura 1**) indica el momento y el modo en que debe participar el usuario o el grupo de interés: en las etapas tempranas del programa, con criterios muy amplios (una evaluación abierta y absoluta) y en las etapas finales, con opiniones dirigidas (según la matriz de ordenamiento) (Andrade 1995). Las pruebas de calidad culinaria complementan el esquema para que el consumidor exprese sus opiniones: se prueba la papa cocida al vapor en el sector rural, y en el urbano se ensayan los preparados caseros de papa en sopa, papa frita y puré de papa. Los procesadores intervienen en la selección de planta y haciendo pruebas de fritura en sus instalaciones.

## **Líneas de Acción y Objetivos**

Como se aprecia en la **Figura 2**, el programa de mejoramiento tiene varias líneas de acción que obedecen a múltiples objetivos, de los cuales la producción de variedades con resistencia duradera al tizón tardío es el principal. Otros objetivos importantes son la mayor productividad del cultivo, la precocidad de la variedad, y la calidad del producto para consumo y procesamiento. Los detalles del programa han sido publicados en el Plan de Mejoramiento de Papa del Programa Nacional de Raíces y Tubérculos (PNRT) para 1996.

Metodológicamente, el programa ha sido enriquecido con la adopción de dos enfoques:

- la investigación participativa, que permite acortar los ciclos de selección y asegurar la aceptación y difusión, entre los diferentes usuarios de la cadena agroalimentaria, de las nuevas variedades;
- el enfoque de género, que permite ofrecer tecnologías según las necesidades prácticas y estratégicas de la demanda diferenciada que hacen las productoras o los productores.

## **Zonas Agroecológicas**

El programa se llevó a cabo en las siguientes zonas agroecológicas del país (**Figura 3**):

### ***Zona norte***

Provincias del Carchi y de Pichincha, con variedades de alto rendimiento, color de piel rosado/crema (pulpa amarillo/crema). Su destino principal es la venta; para autoconsumo, en Carchi, se prefiere la papa de piel morado/crema (pulpa

blanca). Principales mercados: Quito y sur de Colombia (departamento de Nariño).

### ***Zona centro***

Provincias del Chimborazo y de Tungurahua, con variedades de color de piel rosado/crema (pulpa amarilla). Principales mercados: Quito y Guayaquil.

### ***Zona sur***

Provincia de Cañar, con variedades de color de piel morado/crema (pulpa crema). Principales mercados: Guayaquil, Cuenca y norte de Perú.

## **Mejoramiento contra el Tizón Tardío (*Phytophthora infestans*)**

### ***Situación agroecológica***

En Ecuador, las condiciones agroecológicas imperantes en la Sierra son importantes para el desarrollo del cultivo y para realizar estudios epidemiológicos sobre el tizón tardío. Las principales son:

- condiciones climáticas favorables,
- presencia de una población nueva del patógeno,
- inóculo presente durante todo el año,
- variedades susceptibles en uso,
- diversas especies silvestres y cultivadas susceptibles al hongo,
- resistencia de la papa al fungicida Metalaxil, y
- manejo integrado de la enfermedad.

### ***Avance en la resistencia al tizón tardío***

El objetivo principal de este esfuerzo es la obtención de variedades con resistencia duradera al tizón tardío y con la calidad requerida por el consumo en fresco y por la agroindustria. Para alcanzar este objetivo y usar eficientemente el germoplasma nativo, se empleó la siguiente estrategia:

- mejoramiento poblacional basado en la selección recurrente;
- investigación participativa; y
- enfoque del proyecto hacia la cadena agroalimentaria.

**Mejoramiento.** El PNRT Papa inició este estudio con la evaluación de toda la Colección Ecuatoriana de Papa (CEP) entre 1992 y 1993. Se identificaron 28 progenitores tetraploides de la especie *Solanum tuberosum* ssp. *andigena*

con resistencia comprobada. Se realizaron 12 cruzamientos recíprocos y 40 policruzas y se obtuvieron 52 familias que produjeron 24,830 semillas. Se sembró la generación F1 y se seleccionaron 690 clones según los siguientes criterios: follaje, rendimiento, forma y color del tubérculo, precocidad y resistencia a otras enfermedades.

Se obtuvo un tercer ciclo de selección recurrente. Para el ciclo 1997-98, se probaron en campos de productores 18 clones de la población 95 con resistencia horizontal, y se seleccionaron 4 clones.

**Participación.** La acción participativa de los usuarios durante el proceso de selección de variedades acorta los ciclos de selección aplicando criterios en las fases de floración, de cosecha y de degustación. Como resultado, las variedades nuevas (**Cuadro 1**) respondieron a las necesidades de los distintos usuarios. La variedad Fripapa, por ejemplo, fue probada durante el proceso por los agricultores que entregan papa a la industria y que antes cultivaban Superchola y María. El tizón tardío causaba serios problemas a estas variedades y los agricultores encontraron una alternativa en Fripapa; actualmente, esta nueva variedad se ha difundido ampliamente entre los proveedores de materia prima para la agroindustria, que la siembran en cerca de 1000 ha.

**Cadena.** Finalmente, el enfoque hacia la cadena agroalimentaria remonta desde el consumidor final hasta el productor, y se basa en una definición precisa (cualitativa y cuantitativa) del producto final para la venta masiva.

### ***Calidad del tubérculo y poscosecha***

La calidad del tubérculo de papa es importante para el procesamiento y para el consumo en fresco de las variedades tipo Chola, como Catalina, Gabriela y Cecilia.

Durante los últimos años, la calidad del tubérculo ha adquirido importancia en Ecuador, principalmente en relación con la agroindustria de papas fritas en hojuelas, en chips o a la francesa. La calidad culinaria para consumo en fresco ha sido importante desde un principio; se han creado, por ello, variedades sobresalientes como Catalina, Gabriela y Cecilia. En 1995 se liberaron variedades identificadas para un determinado consumidor: I-Fripapa destinada a la agroindustria, y las variedades I-Margarita, I-Rosita e I-Soledad para uso en fresco.

### ***Precocidad***

En la evaluación de la precocidad, se hace un corte de follaje a los 120 días. Las ventajas de poseer este carácter son las siguientes: escape de las heladas, menor exposición a enfermedades como el tizón tardío, menor costo de producción, y mayor producción (dos ciclos al año). El germoplasma usado en la evaluación fue *S. tuberosum* ssp. *tuberosum* y *S. phureja*.

## Materiales y Métodos

La muestra, que evaluaron los agricultores y otros usuarios, contenía una amplia diversidad genética respecto a la resistencia a enfermedades; maximizaba, por tanto, el empleo de la resistencia horizontal desde el germoplasma cultivado. Se obtuvieron de ella cuatro poblaciones:

- La primera población se formó con una amplia muestra de variedades nativas ya cultivadas de *S. tuberosum* ssp. andigena (B1).
- La segunda se derivó de la fuente B1 cruzada, únicamente una vez, con cultivares de *S. tuberosum* libres de genes R, para mejorar algunas características agronómicas (B2).
- La tercera (B3), que es más avanzada agronómicamente hablando, se derivó de la población A original.
- Finalmente, la población ecuatoriana desarrollada partiendo de las variedades cultivadas nativas libres de genes R y con buena calidad culinaria (Población 1995).

La muestra evaluada, en marzo de 1998, por los agricultores y otros usuarios es la siguiente:

122 clones de la población 1995 INIAP, en etapa de floración

28 clones de la población B3 CIP, en etapa de cosecha

2 clones de la población B2 CIP, en etapa de cosecha

9 clones de la población B1 CIP, en etapa de cosecha

En noviembre de 1998, en la Estación Experimental Santa Catalina (EESC), investigadores del CIP, del INIAP y de la Universidad Central, junto con agricultores y procesadores, evaluaron de nuevo los siguientes materiales de la muestra:

27 clones de la población 1995 INIAP, en floración y en cosecha

28 clones de la población B3 CIP, en floración y en cosecha

2 clones de la población B2 CIP, en floración y en cosecha

9 clones de la población B1 CIP, en floración y en cosecha

Participaron en las evaluaciones 60 personas entre representantes de ONG y de OG, agricultores, comerciantes e investigadores; provenían de las provincias de Carchi, Pichincha, Cotopaxi, Tungurahua, Chimborazo y Cañar.

## ***Procedimiento para las evaluaciones***

### ***Fase I***

En esta fase se seleccionaron los clones que ofrecían ventajas y aquellos cuyo comportamiento en el sitio deseaban conocer algunos usuarios. Esta selección se hará en la EESC. La evaluación se realizó en marzo de 1998. En la población 1995 INIAP se usaron tarjetas donde los agricultores y las agricultoras escribían sus opiniones sobre aspectos de la planta en floración; pudieron apreciar, en algunos clones, la formación de tubérculos. Cada tarjeta se colocó en el rótulo que identificaba al clon. Al final, se cuantificó el número de tarjetas y criterios de selección. Para evaluar los demás clones, los agricultores recibieron hojas donde escribían el número del clon y los criterios de selección.

### ***Fase II***

La evaluación se realizó ahora en los campos de los productores. Se planeó del modo siguiente:

#### ***Factores de estudio.***

- Clones: su número por localidad es variable.
- Localidades: son 12 (Cuadro 2).
- Tratamientos: serán, en cada localidad, los clones seleccionados por los agricultores.

#### ***Procedimiento.***

##### **1. Diseño experimental**

- Se aplicó un diseño experimental de bloques completamente al azar, con tres repeticiones; el segundo ciclo, con clones seleccionados, se sembró en compañía con otro agricultor de la misma localidad.
- Para determinar el comportamiento de los clones en diversos ambientes, se hizo un análisis combinado por localidades que indicaba la interacción genotipo ambiente (GxA).
- El área del ensayo variaba en cada localidad porque así variaba el número de clones seleccionados.
- Área de la parcela: para el primer ciclo se sembraron dos surcos de 7 m de largo x 1 m de ancho, lo que dio un área de 7 m<sup>2</sup> (por clon y por localidad); en el siguiente ciclo, según la cantidad de semilla disponible, el área de la parcela se incrementó, así como el número de localidades.
- Área neta: para la evaluación se eliminó una planta a cada lado del surco, lo que dio un área neta por parcela de 6.3 m<sup>2</sup>.

## 2. Análisis económico

Se llevaron registros de los gastos hechos en los ensayos.

## 3. VARIABLES PARA EVALUAR

En las Fases II y III se evaluaron las siguientes variables:

- Días a la emergencia: en promedio, a los 30 días después de la siembra.
- Días a la floración: se consideraron los días que van desde la siembra hasta cuando el 50% de las plantas de la parcela estén en floración.
- Porcentaje de infección de 'lancha' o tizón tardío (*P. infestans*) en el follaje: se registra para cada clon durante la temporada de 1998-99. El área bajo la curva de progreso de la enfermedad (AUDPC) fue calculada y usada como parámetro de resistencia.
- Corte del follaje: Se midió en días y se hizo en marzo de 1998 pasados de 100 a 110 días de la siembra; el objetivo es seleccionar clones con precocidad. En noviembre de 1998 se hizo a los 100 días después de la siembra.
- Rendimiento por planta: se evaluó en g/planta.
- Rendimiento por categorías: se evaluó en kg/categoría, considerando las siguientes categorías: primera, segunda, tercera y Cuchi.
- Rendimiento total: se evaluó en kg/parcela y posteriormente se transformó en kg/ha.

## 4. Otras medidas

- Se hizo una caracterización del tubérculo para establecer la forma del tubérculo, su color de piel, su color de pulpa y su tamaño. Se determinó también la gravedad específica de los tubérculos de los clones.
- Se hicieron también pruebas de calidad para consumo en fresco y para procesamiento, como papa hervida, preparación de chips y de papa frita.

**Selección de clones con participación de los agricultores.** Los clones se entregaron a los grupos de evaluadores de la red conformada en años anteriores. Estos grupos se encuentran en todas las provincias y son los encargados del manejo y seguimiento de los clones. Se hicieron evaluaciones con los agricultores en la floración y en la cosecha. En cada grupo de evaluadores hay un máximo de 10 agricultores. En este primer ciclo de evaluación las evaluaciones fueron abiertas y de tipo absoluto.

### ***Fase III***

Se realizaron las siguientes actividades:

***Multiplicación de semilla.*** En el segundo ciclo se empleará una matriz de ordenamiento sistemático para todas las localidades, con el fin de determinar las preferencias de los agricultores que permitan seleccionar la variedad.

Con el fin de disponer de suficiente cantidad de semilla de los clones, en cada localidad se establecerá una parcela de compensación para el agricultor; de este modo puede disponerse de todo el material obtenido en la cosecha del ensayo. Las parcelas experimentales tendrán mayor área por tres razones: evaluar el comportamiento de los clones en campos más grandes, disponer de suficiente cantidad de semilla, y hacer así una difusión más rápida de los clones seleccionados.

Los mejores clones seleccionados por los agricultores serán multiplicados aplicando las técnicas recomendadas (brotes, esquejes, etc.) para disponer de la suficiente cantidad de semilla en los campos de los agricultores, tanto con fines demostrativos como para uso del agricultor y de otros interesados (ver **Figura 1**).

Paralelamente a la producción de semilla en los campos de los agricultores, el Departamento de Producción de Semillas del INIAP producirá semilla de calidad de los clones seleccionados para poder satisfacer la demanda de semilla de las nuevas variedades al hacer el lanzamiento de las mismas.

***Seguimiento.*** Se hará una visita por mes a cada una de las localidades con el fin de tomar los datos necesarios sobre el cultivo, dar el manejo agronómico recomendado, y obtener toda la información posible. En las provincias de Carchi, Chimborazo y Cañar se ha pedido la colaboración de la Unidad de Validación y Transferencia de Tecnología (UVTT) para hacer este seguimiento.

***Manejo de los clones.*** Con el fin de evitar el escape de clones, se firmará una carta de entendimiento entre agricultores y productores, en la cual se especifique el uso que se dará a los clones. La producción de tubérculos de estos clones se usará únicamente para semilla. Los clones que no se seleccionen serán eliminados y el trabajo se hará con los clones seleccionados.

***Días de campo.*** Se harán días de campo en cinco localidades que se escogerán a medida que se desarrollen los cultivos. Esta actividad servirá para hacer promoción a los clones evaluados.

### ***Actividades futuras y beneficiarios directos***

En 1999, año en que se cumplió el primer ciclo de selección junto con los usuarios (IPC1), se analizaron los efectos de tres fuentes de variación del ensayo: familia (de clones), ambiente y familia *por* ambiente. Se calcularon, además, los coeficientes de correlación entre familia y comportamiento por resistencia (al patógeno). Con los clones seleccionados por los usuarios (agricultores,



investigadores, comerciantes, procesadores) se compararon, respecto al avance genético logrado en heredabilidad, los siguientes usuarios:

Agricultores vs. investigadores

Agricultores vs. procesadores

Agricultores vs. comerciantes

Agricultores vs. consumidores

Agricultores vs. investigadores vs. comerciantes

Agricultores vs. investigadores vs. comerciantes vs. consumidores

Se benefician de esta investigación las instituciones que colaboran en ella (colegios, universidades, ONG) y los agricultores que tengan variedades adaptadas a las condiciones del sitio en que siembran.

## Resultados Preliminares

La selección hecha en la EESC por los agricultores durante la cosecha (18 clones) y por los investigadores en la floración y en la cosecha (21 clones) indica que, al llegar la cosecha, los agricultores y los investigadores coincidieron en seleccionar 10 clones, o sea, 26% del total. Estos clones son AA.25, D56, D60, D134, LB3022-03, LB3029-10, U633, X141, Z167 y B1C4110-3 (**Cuadro 3**).

Esta alta coincidencia puede explicarse porque, finalmente, los investigadores tuvieron presente la insistencia de los agricultores sobre los tubérculos que les interesaban (**Cuadro 4**).

Estos resultados indican que la coincidencia en la selección (medida en porcentaje respecto al total seleccionado) entre agricultores e investigadores, al momento de la cosecha, mejoró con cada evento de selección o evaluación hasta llegar a una coincidencia de más de la mitad de los clones seleccionados (**Cuadros 5 y 6**). Es, por tanto, efectiva la inclusión de los agricultores y de otros usuarios en el trabajo de mejoramiento. Se espera que este resultado se repita cuando se evalúen los clones en diversos ambientes para probar la interacción GxA.

## Conclusiones

- El fitomejoramiento clásico aprovecha los criterios de los agricultores y de otros usuarios para acelerar la liberación de un material.
- El fitomejoramiento participativo es bastante eficiente porque entrega clones resistentes al patógeno, de buen rendimiento y buena calidad, y aceptados por los usuarios.

- Hay altos niveles de resistencia a *P. infestans* en los clones evaluados, lo que garantiza una disminución en el uso de fungicidas y en los costos de producción.
- Es necesario incorporar los criterios de los diversos usuarios de la papa, hombres y mujeres, para aprovechar los factores sociales, económicos y ambientales que influyen en ellos.
- La interacción GxA presenta diferencias según la zona.

## Bibliografía

- Andrade H. 1995. Se ejecutó un plan de mejoramiento y se amplió el uso de la Colección Ecuatoriana de Papa (CEP). Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), PNRT-Papa y FORTIPAPA, Quito, Ecuador. 75 p.
- Boef de W.; Amanor K.; Wellard K.; Bebbington A. 1993. Cultivating knowledge: Genetic diversity, farmer experimentation and crop research. Intermediate Technology Publications.
- Crissman C.; Ducrot C.; Cole D.; Carpio F. 1994a. The case study site: The physical, health and potato farming systems in Carchi Province. En: Crissman C.; Antle J.; Capalbo S. (eds.). Getting pesticides right: Trade-offs in environment, health and sustainable agricultural development. (En impresión.)
- Crissman C.; Cole D.; Carpio F. 1994b. Pesticide use and farm worker health in Ecuadorian potato production. Am. J. Econ. 76:593-597.
- Espinoza P. 1995. Algunos aspectos del consumo doméstico de papa en Quito, Guayaquil y Cuenca. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), PNRT-Papa y FORTIPAPA, Quito, Ecuador. 13 p.
- Hibon A.; Reinoso I. 1995a. Monitoreo de volúmenes y precios de papa para consumo y para semilla en mercados urbanos y rurales; Resultados en mercados urbanos para el período 1992-1994. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), PNRT-Papa y FORTIPAPA, Quito, Ecuador. 16 p.
- Hibon A; Vivar M.; Andrade H. 1995b. El sistema de cultivo de la papa en la provincia de Cotopaxi: Condiciones de producción, prácticas de los agricultores, necesidades de investigación y transferencia de tecnología. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), PNRT-Papa, FORTIPAPA y FEPP-Latacunga, Quito, Ecuador. 16 p.
- INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos). 1996. Encuesta nacional de superficie y producción agropecuarias de 1995. Quito, Ecuador. p 11.
- Morales H. 1994. Relación entre la epidemia de *Phytophthora infestans* y la producción de tubérculos en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.). Tesis. Universidad Central de Ecuador, Facultad de Ciencias Agrícolas, Quito, Ecuador. 68 p.
- Revelo J.; Morales R. 1994. Necesidad de generar nuevos clones de papa ante el ataque de *Phytophthora infestans* (lancha). Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), PNRT-Papa y FORTIPAPA. Quito, Ecuador. 13 p.