



CENTRO INTERNACIONAL DE LA PAPA (CIP)

PN-ARS-7021

Avances en el

MEJORAMIENTO GENETICO DE LA PAPA EN LOS PAISES DEL CONO SUR



Editado por:

Oscar A. Hidalgo
Hernán Rincón R.

1990

ndoza, Perú; Iván P. Butzonitch, Argentina; A.C. de Avila, Brasil; M.A. Beek, Brasil; Fermín de la Puente, Perú; Francisco J.B. Feifschneider, Brasil; Julio Lopes, Brasil; Alicia L. Melegari, Argentina; Diana C. Flego, Argentina; G. Botta, Argentina; Carmen Fernández, Chile; Parviz Jatala, Perú; Silvia Capezio, Víctor Zamudio, Argentina; Oscar A. Hidalgo, Colombia; Américo O. Mendiburu, Argentina; Marcelo A. Huarte, Argentina; Francisco Vilaró, Uruguay; Jc

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, INTA
Programa Cooperativo de Investigación en Papa, PROCIPA

AVANCES EN EL

MEJORAMIENTO GENETICO DE LA PAPA EN LOS PAISES DEL CONO SUR

Editado por

Oscar A. Hidalgo, Ph.D.; Hernán Rincón R., Ph.D.

Centro Internacional de la Papa

Memorias del Taller sobre "Avances en el Mejoramiento Genético de la Papa en los Países del Cono Sur de Latinoamérica" y la "III Reunión de Coordinación del Programa de Investigación en Papa" (PROCIPA) que tuvieron lugar en Balcarce. (Buenos Aires) Argentina, del 26 al 29 de enero de 1988.

CENTRO INTERNACIONAL DE LA PAPA, CIP

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, INTA

Programa Cooperativo de Investigación en Papa, PROCIPA

1990

Agradecimientos

Muchas gracias a todas las entidades y personas que contribuyeron a la producción de esta obra. En especial a los participantes en el Taller quienes aportaron valiosa información. Queremos agradecerle al Instituto Nacional de Tecnología Agraria INTA en Balcarce, por su apoyo en la organización y realización del Taller. De otro lado, el texto fue preparado por Silvia Elías, la carátula fue diseñada por Cecilia Lafosse, y las ilustraciones finales fueron preparadas por Christy Zevallos.

Los Editores

Citación correcta de la obra

HIDALGO, O.A.; RINCON, H. (eds.). 1990. Avances en el Mejoramiento Genético de la Papa en los Países del Cono Sur. CIP, Lima, Perú. 318 p.

Ejemplo de citación correcta de un artículo en la obra

MENDIBURU, A.O.; HUARTE, M. 1990. Programa Argentino de Mejoramiento Genético de la Papa. In: HIDALGO, O.A.; RINCON, H. (eds.). 1990. Avances en el Mejoramiento Genético de la Papa en los Países del Cono Sur. CIP, Lima. pp. 15-18.

*Publicación procesada e impresa en el
Departamento de Ciencias de la Información,
Centro Internacional de la Papa, Lima, Perú,
setiembre de 1990.*

Tirada: 750
ISBN-92-9060-145-0

Dedicamos a:

Américo O. Mendiburu.

con el aprecio sincero que le tenemos
como persona, y el gran respeto que
se ha ganado como científico.

Los Autores y los Editores

CONTENIDO

INTRODUCCION

Presentación	3
Razones y objetivos de las reuniones sobre mejoramiento genético de la papa entre las instituciones los países integrantes del PROCIPA. O.A. Hidalgo	5
Conclusiones y recomendaciones del taller de trabajo.	9

CAPITULO I

Situación Actual de los Programas de Mejoramiento Genético de Papa

Programa argentino de mejoramiento genético de la papa. A.O. Mendiburu y M.A. Huarte	15
Programa de mejoramiento genético de papa del Uruguay. F. Vilaró	19
Os programas de melhoramento genetico de batata no Brasil. J.A. Buso	31
Fitomejoramiento de la papa en Chile. J.S. Rojas	35

Mejoramiento poblacional: una estrategia para la utilización del germoplasma de papa cultivada primitiva y especies silvestres. H.A. Mendoza	47
---	----

CAPITULO II

Mejoramiento Genético para Caracteres Específicos: Metodología y Resultados

Progreso en el mejoramiento de papa por resistencia, en función de la eficiencia de los procedimientos de tamizado. H.A. Mendoza.....	65
Mejoramiento para resistencia a virus en el Programa Argentino de Papa. M.A. Huarte, I.P. Butzonitch y A.O. Mendiburu	85
Melhoramento para resistência a viroses em batata no Brasil: Metodologia de avaliação e resultados. J.A. Buso, A.C. de Avila, M.A. Beek, F. de la Puente y F.J.B. Reifschneider	95
Evaluación de resistencia a la infección de campo con el virus del enrollamiento de las hojas de la papa (PLRV). J.S. Rojas y J. Kalazich	101
Selección de material genético de papa para resistencia al PLRV y al PVY, en Uruguay. C. Crisci, F. Vilaró y D. Fernández	111
Resistencia a los virus de la papa con especial énfasis en el virus del enrollamiento de las hojas (PLRV). U. Jayasinghe	121
Mejoramiento de papa para resistencia a los virus Y, X, así como al enrollamiento de las hojas: estrategia de investigación para procedimientos de selección. H.A. Mendoza	133
Mejoramiento para resistencia a tizón temprano <u>Alternaria solani</u> en el Uruguay. F. Vilaró y D. Maeso	149
Mejoramiento por resistencia al tizón temprano <u>Alternaria solani</u> en el CIP. H.A. Mendoza y C. Martin	153

Avaliação da resistencia de germoplasma de batata a <u>Alternaria solani</u> e a <u>Phytophthora infestans</u> no Brasil. F.J.B. Reifschneider, C. Castro, S. Brune, C.A. Lopes y J.A. Buso	169
Melhoramento genético para resistencia murcha bacteriana, causada por <u>Pseudomonas solanacearum</u> no Brasil. C.A. Lopes, O.A. Hidalgo y J.A. Buso	173
Búsqueda de resistencia a <u>Erwinia spp.</u> en el material genético del Programa Argentino de Papa. A.L. Melegari, M.A. Huarte, D. Flego y G. Botta	179
Mejoramiento genético para resistencia a bacterias, nematodos y otros patógenos en Chile. A.G. Cubillos y C. Fernández	181
Papel de los nematodos en la expresión de <u>Pseudomonas solanacearum</u> y estrategias de tamizado y mejoramiento para una resistencia combinada. P. Jatalá, C. Martín y H.A. Mendoza	187
Resistencia genética a <u>Meloidogyne spp.</u> en papa en la Argentina. M.A. Huarte, S. Capezio y E. Chaves	191
Mejoramiento para precocidad y reposo corto en Uruguay. F. Vilaró, C. Crisci y D. Fernández	195
Mejoramiento de poblaciones y obtención de variedades precoces y de reposo corto en el Programa Argentino de Papa. N. Zamudio, M.A. Huarte y E. Rojas	201

CAPITULO III

Posibilidades de Uso de Metodologías no Convencionales de Mejoramiento Genético de la Papa

Uso de haploides en el mejoramiento genético de la papa. A.O. Mendiburu y E.L. Camadro	215
Biotecnologías e ingeniería genética y su aplicación en papa. A.G. Cubillos	223

Avaliação e provas de materiais genéticos avançados no Brasil. J.A. Buso, R.E. Jabuonski y F.J.B. Reifschneider	261
Evaluación y pruebas de materiales genéticos avanzados en el Uruguay. F. Vilaró, C. Crisci y D. Fernández	263
Algunos problemas cuarentenarios, normas y procedimientos para el intercambio de germoplasma de papa entre los países de las instituciones integrantes del PROCIPA. O.A. Hidalgo	265

CAPITULO V

Asuntos Especiales

Taller de Trabajo: Avances en el Mejoramiento Genético de la Papa en los Países del Cono Sur	279
a) Organización y Entidades Representadas	279
b) Lista de Siglas	280
c) Lista de Participantes	281
d) Direcciones de autores y coautores.....	283
e) Programa	285
Reunión del PROCIPA	289
a) Acta de la III Reunión de Coordinación de Actividades del Programa Cooperativo de Investigaciones en papa (PROCIPA)	289
b) Programa	308

INTRODUCCION

- . Presentación**
 - . Razones y Objetivos**
 - . Conclusiones y Recomendaciones**
-

Presentación

Nos es nuevamente muy grato presentar a la comunidad científica internacional los avances de los países del Cono Sur de Sudamérica y, en esta oportunidad, los avances en el área del mejoramiento genético de la papa.

Esta publicación tiene como intención principal hacer conocer los progresos más importantes en aspectos de interés especial en estos países. Esta publicación ha sido preparada con los valiosos aportes de los científicos de los países del Cono Sur y del CIP vinculados, de una forma u otra, a la obtención de material genético avanzado y de nuevos cultivares de papa.

En el último decenio, los programas de mejoramiento de éstos países y del CIP han obtenido material genético avanzado con factores de resistencia a las principales plagas y enfermedades del cultivo y con buenas características agronómicas y de precocidad. En este volumen presentamos las metodologías más usuas y los resultados más recientes sobre la búsqueda de resistencia a virus (PLRV, PVY, PVX, etc.), tizón temprano (*Alternaria* sp.), tizón tardío (*Phytophthora infestans*), marchitez bacteriana (*Pseudomonas solanacearum*), pudrición blanda (*Erwinia* spp.) y al nematodo del nódulo (*Meloidogyne* spp.), además en aspectos de precocidad y de reposo corto, en los países del Cono Sur de Sudamérica. Se ofrecen también conceptos básicos sobre el uso de haploides y el empleo de la biotecnología y de la ingeniería genética en el mejoramiento de la papa.

Estos aspectos y otros incluidos en las páginas siguientes son de interés principal para los países del Cono Sur y, por supuesto, para el CIP. Lo son también para varias otras partes de Latinoamérica y otros países del tercer mundo, donde los problemas son similares. Por ello esperamos que la presente publicación sirva para perfeccionar el conocimiento sobre el mejoramiento genético de la papa en general.

Con ocasión de la realización de los talleres de trabajo, que permitieron reunir y editar el contenido de este libro, se llevaron a cabo también sesiones de trabajo para coordinar mejor las acciones en mejoramiento genético entre los países del Cono Sur que integran el Programa Cooperativo de Investigación en Papa (PROCIPA), los cuales, trabajando en conjunto, pueden convertirse en potencias científicas en el área de mejoramiento genético de la papa. Esta capacidad aumentada permitiría ayudarse más eficientemente entre sí a los científicos de los países con similitud de condiciones y problemas.

Los trabajos reunidos en este volumen ofrecen las metodologías y resultados más avanzados que se hayan publicado en idioma español en el área de mejoramiento genético de la papa. Esperamos que estos aportes sean de mucho valor para investigadores, profesores universitarios, estudiantes y productores avanzados que deseen profundizar sus conocimientos en estas áreas.

Sus comentarios y sugerencias serán bienvenidos.

Los Editores

Razones y Objetivos de las Reuniones sobre Mejoramiento Genético de la Papa entre las Instituciones de los Países Integrantes del PROCIPA¹

OSCAR A. HIDALGO

Ph.D., anteriormente Director Regional (Región II), sede Brasilia y Coordinador PROCIPA. Actualmente Director Regional (Region I), Centro Internacional de la Papa (CIP), Bogotá, Colombia.

Estas reuniones representan un esfuerzo más de los países del Cono Sur, miembros de PROCIPA, para la integración de actividades tendientes al aumento de la colaboración horizontal. Esta es la III Reunión de Trabajo de este tipo y está dedicada al mejoramiento genético de la papa. Las dos anteriores trataron sobre almacenamiento (Osorno, junio 6-11 de 1983), y semillas (Canoinhas, 26-29 octubre de 1987). Ambas fueron aprovechadas también como reuniones de coordinación del Programa Cooperativo de Investigaciones en Papa (PROCIPA).

Expreso a las autoridades y colegas del INTA nuestro más sincero agradecimiento por acogernos en esta oportunidad en La Estación Experimental Agropecuaria de Balcarce, una de las más prestigiosas Estaciones de la Institución, localizada en la región igualmente importante en la producción de papa y que lleva también el nombre (Balcarce) de la localidad. Este es, sin lugar a dudas, el centro de las actividades comerciales, empresariales y tecnológicas de la papa en la Argentina.

Entre las razones para realizar este Taller de Trabajo está, en primer lugar, conocer y analizar los progresos hechos hasta ahora en el mejoramiento genético y en la obtención de cultivares en cada uno de los países de la región. Los trabajos llevados a cabo en la EEA-Balcarce en este rubro son sin lugar a dudas muy importantes, midiéndose esto por el número de científicos involucrados en este Programa, así como el número de cultivares liberados hasta ahora. El plan de mejoramiento genético en la EEA-Balcarce puede ser considerado como el más avanzado de los llevados a cabo en los países del tercer mundo y es tan importante como el de muchos de los países desarrollados. Cultivares argentinos han sido ya difundidos, por intermedio del CIP, a diversos países del mundo. Desde hace varios años, Brasil, Chile y Uruguay tienen programas de mejoramiento genético y en los dos primeros países nombrados se ha lanzado también gran número de cultivares generados y seleccionados en los países mismos. En los países del Cono Sur de Sudamérica hay científicos capacitados y con experiencia, trabajando juntos en forma complementaria, que bien podrían constituir la fuerza científica más importante de los países del tercer mundo, en el mejoramiento genético de la papa.

¹Programa Cooperativo de Investigaciones en Papa (PROCIPA). Miembros: INTA (Argentina), EMBRAPA (Brasil), INIA (Chile), CIAAB (Uruguay) y CIP.

Ha existido y se mantiene aún en los países del Cono Sur la capacidad para lanzar cada año nuevos cultivares. Muchos han sido lanzados, pero muy pocos han llegado a niveles de difusión importantes y ninguno de ellos está cerca de lograr la difusión de los cultivares comerciales originados en el Hemisferio Norte, que se siembran con más frecuencia en nuestros países; entre estos cultivares están Spunta, Kennebec, Desirée, Bintje, Baraka, Ultimus, Achat, Delta, Radosa, Jaerla, Monalisa, etc., que superan en superficie plantada a los cultivares nacionales tales como Serrana, Sureña, Primicia, Chacay, Pampeana, Ballenera, Huinkul, etc. (Argentina) o Aracy, Baronesa, Piratini, Chiquita, Mineira, Mantiqueira, Monte Bonito, Tropeira, Apúa, Itararé, Santo Amor, Contenda, etc. (Brasil), o Yagana y Fueguina (Chile).

Considero muy importante que los que participamos en estas reuniones en los próximos días tratemos de encontrar las causas de la poca difusión de los cultivares nacionales. Pero más importante aún es el desafío para diseñar las estrategias que fueran necesarias para revertir esta situación y hacer que los cultivares nacionales tomen el lugar que les corresponde, lo cual sería una forma de justificar y prestigiar nuestros programas de mejoramiento genético. Este es un desafío que los buenos científicos y ejecutivos aquí reunidos podrán resolver en beneficio principalmente de sus propios productores.

La falta de una estrecha vinculación entre programas de mejoramiento genético y de producción de semilla puede tal vez haber contribuido a la poca difusión de los cultivares nacionales; esta posible razón parece, sin embargo, no ser la única ni la más importante. Otras causas podrían estar vinculadas a la calidad (agronómica/sanitaria/culinaria) de los mismos pero también, a lo que parece más importante de lo que se supone, el poco conocimiento que tienen los productores de los nuevos cultivares lanzados.

Será necesario, en estas reuniones, analizar y determinar el mejor momento en el que los productores tengan acceso a estos materiales para determinar su valor potencial como nuevos cultivares. La participación de los productores y una evaluación más crítica, en conjunto con los científicos sociales, podría ayudar a mejorar la difusión de los nuevos cultivares, y a presentar una imagen mejor de nuestros programas de mejoramiento genético.

En estas reuniones también será posible analizar en conjunto las metodologías actuales en el mejoramiento genético, e intercambiar experiencias en la obtención de materiales más resistentes, precoces y adaptados a condiciones adversas. Será analizada también la integración de factores estudiados por separado y las necesidades de agilizar la rápida combinación de varios caracteres deseables dentro de una población o genotipos de los que se pudieran producir nuevos cultivares. Será igualmente importante analizar las posibilidades para mejorar las pruebas nacionales de materiales y estudiar en conjunto la posibilidad de realizar pruebas regionales (internacionales) estandarizadas o no, que permitan un intercambio ordenado y eficaz de material genético.

Las conclusiones y recomendaciones de esta primera reunión servirán de base para poder cumplir los objetivos de la segunda reunión sobre la "Coordinación de Actividades del PROCIPA en sus Proyectos Relacionados con el Mejoramiento Genético". Por encargo del Comité Técnico del PROCIPA, el grupo de especialistas de las instituciones aquí representadas deberán analizar la situación actual en este rubro para facilitar la programación de las actividades que llevará a cabo cada miembro y las de conjunto. Esto deberá servir para proponer a los Comités Técnico y Ejecutivo, las bases para la colaboración y la transferencia horizontal de tecnología en el área de mejoramiento genético. Será necesario, por lo tanto, analizar los siguientes proyectos de trabajo:

1. Mejoramiento genético de la resistencia a virus, precocidad y otras características importantes. Institución líder: INTA-Argentina.

2. Mejoramiento genético y otros métodos de control de enfermedades causadas por P. solanacearum, Meloidogyne spp., Alternaria sp. y P. infestans. Institución líder: EMBRAPA-Brasil.

Deseamos a todos los colegas, una feliz estadía en Balcarce y esperamos sus contribuciones para hacer del mejoramiento genético de la papa una herramienta aún más efectiva para mejorar la producción y la productividad de este importante cultivo.

Conclusiones y Recomendaciones del Taller de Trabajo

Sesión I - Situación actual de los programas de mejoramiento genético de la papa en los países del Cono Sur de Suramérica.

1. Las presentaciones de los representantes de los países (Argentina, Brasil, Chile y Uruguay) y del CIP han permitido comprobar que los programas nacionales de mejoramiento han intentado resolver la mayoría de los problemas más importantes del cultivo. Para fines de comparación y análisis, se presentan en la Tabla 1 las características más importantes de estos Programas.

2. Por las informaciones contenidas en la Tabla 1, se puede apreciar el gran desarrollo de los programas de mejoramiento genético, especialmente los de la Argentina y el Brasil, los cuales han puesto en circulación un gran número de cultivares.

3. Se reconoce que la falta de éxito de muchos de los cultivares generados por los países del Cono Sur, puede haberse debido en parte al abastecimiento insuficiente de tubérculos-semillas de buena calidad que pudiera permitir la total expresión del genotipo, sin interferencia de enfermedades, especialmente de origen virótico. Ha sido notoria la ocurrencia de casos aislados de cultivares que fueron lanzadas sin el abastecimiento apropiado de tubérculos-semillas de buena calidad, por parte de un programa paralelo de producción de los mismos, o sin haber sido debidamente probados para una serie de características esenciales. Este tipo de situaciones desprestigia los programas de mejoramiento en nuestros países y debe ser evitado.

4. Ha habido poca aceptación comercial de muchos de los cultivares nacionales producidos por los programas de mejoramiento de los países del Cono Sur. Este hecho puede deberse, entre otras causas, a la poca participación de los productores y consumidores en el proceso de decisión para poner en circulación un cultivar. Se recomienda, por lo tanto, que no se ponga en circulación un cultivar sino después de que haya sido debidamente evaluado y aprobado por los productores (de preferencia con influencia en la región) y, mediante ellos, por los intermediarios y consumidores.

Sesión II - Mejoramiento genético para fines específicos: metodologías y resultados.

1. Mejoramiento para resistencia a virus y para precocidad y período corto de reposo.

1.1 Se recomienda que en cada lugar donde se desarrollan pruebas de resistencia a virus se determine primero cual debería ser una presión de inóculo adecuada según objetivos determinados. Ello, con el fin de poder discriminar adecuadamente los distintos niveles de resistencia o susceptibilidad de los genotipos en prueba.

1.2 Cada país debería variar el énfasis en la búsqueda de resistencia a virus según la situación particular de su programa de producción de tubérculos-semillas y del panorama varietal.

Tabla 1. Resumen de las principales características de los programas de mejoramiento de la papa en los países del Cono Sur de Suramérica, como en el CIP

Características	Argentina	Brasil	Chile	Uruguay	CIP
<u>Mejoramiento para</u>					
Virus (PLRV, PVX, PVY)	+ (*)	+	+	+	+
Enfermedades fungosas A = Alt., T = Phyt.	- (*)	+ (A, T)	+ (T)	+ (A)	+ (A, T)
Enfermedades bacterianas M = <u>P solanacearum</u> E = <u>Erwinia</u>	+ (E)	+ (M)	-	x (M)	+ (E, M)
Precocidad (P) + Reposo corto (R)	+ (P, R)	+	-	+ (P, R)	+ (P)
Nematodo del nudo (N) y del quiste (Q)	+ (N)	+ (N) (*)	+ (Q)	-	+ (NQ)
Hongos del suelo	+	-	-	-	-
Calidad culinaria	+	-	+	-	-
<u>Nº de científicos en Mejoramiento</u>					
Tiempo completo/parcial	1/5	3/7	1/5	1/3	20/10
Nº de instituciones involucradas en el mejoramiento de papa (institución líder)	4 (INTA)	7 (EMBRAPA)	2 (INIA)	1 (CIAAB)	1 (CIP)
Nº de genotipos/año (x 1000):Nº de proyectos	100/7	45/8	50/4	10/4	100/9
Proyectos, contratos o convenios con instituciones internacionales (Nº de proyectos)	CIP (2) Suecia (2)	CIP (4) Canadá (1)	CIP (2)	CIP (2) Japón (1)	Países Cono Sur (10)
<u>Programa de Producción de Semilla para:</u>					
Certificación (producción comercial)	+	+	+	+	NA (*)
Programa de Mejoramiento Genético	+	-	+	+	+
Nº de cultivares nacionales "lanzados"/ adoptados en los últimos 10 años	6/3	8/1	2/1	0/0	NA
Area (%) con cultivares nacionales	35,0	25,0	6,0	0,0	NA
Red de evaluación de cultivares	+	+	+	+	NA

(*) + = Sí se lleva a cabo
 - = No se lleva a cabo
 x = Actividad interrumpida temporalmente
 NA = No aplicable

Instituciones involucradas

Argentina: INTA, Universidad de Mar del Plata, EEA "O. Colombres", Ministerio de Asuntos Agrarios
 Brasil: Estatales: EPAMIG, EMGOPA, EMCAPA, IAPAR e IAC; Federales: EMBRAPA/CNPH y CNPFT
 Chile: INIA, Universidad Austral
 Uruguay: CIAAB
 Perú: CIP

1.3 Para todos los países, pero especialmente para aquéllos con menor desarrollo en su programa de semillas, sería importante contar con materiales genéticos que contengan resistencias combinadas a los virus principales, particularmente PVY, PVX y PLRV.

1.4 Se recomienda caracterizar áreas con necesidades comunes de precocidad de cosecha y período corto de reposo para mejorar la eficiencia de los programas de mejoramiento, por medio del intercambio, entre los países, de información y materiales genéticos. Para conseguir este objetivo será necesario indicar la duración del período vegetativo de cada cultivar o clon en comparación con cultivares o clones conocidos e indicando además la duración del día y las variaciones de temperatura durante el período de evaluación.

2. Mejoramiento para resistencia a hongos (Alternaria sp., Phytophthora sp., etc.) bacterias y nematodos.

2.1 Se recomienda promover el intercambio de información entre las instituciones integrantes del PROCIPA, acerca del comportamiento de los materiales genéticos de diversos orígenes evaluados para resistencia a enfermedades y plagas de interés común.

2.2 En consideración a lo anterior, es recomendable uniformizar las metodologías de evaluación de estas enfermedades y plagas y caracterizar las condiciones ambientales (clima y suelo) bajo las cuales se desarrollan las pruebas.

2.3 El complejo de hongos del suelo (Rhizoctonia solani, Fusarium spp. y Verticillium spp., etc.) ha sido considerado como un problema limitante y de interés común por los países de la región; no obstante, es muy poco lo que se está haciendo para buscar su control. Sería conveniente, por tanto, sugerir a un Programa que inicie un proyecto de investigación para control de estos hongos.

Sesión III - Posibilidades del uso de metodologías no convencionales de mejoramiento en los países del Cono Sur.

1. Biotecnología e ingeniería genética.

1.1 Las biotecnologías ofrecen aplicaciones potenciales en el mejoramiento genético de plantas, pero hasta el momento, los resultados positivos han sido escasos.

1.2 Las biotecnologías han logrado un rápido desarrollo en otros campos tecnológicos, lo cual hace suponer una evolución similar en el caso del mejoramiento genético de plantas.

1.3 Las biotecnologías presentan la característica de invenciones, lo que las hace materia de fácil apropiación y de protección por patentes.

1.4 Las biotecnologías tienen un desarrollo incipiente en los países del Cono Sur.

1.5 Lo dicho anteriormente hace recomendable que cada programa nacional realice un estudio profundo y realista de las utilidades y consecuencias que tendría la aplicación de las biotecnologías en el mejoramiento genético de plantas, tanto en otros países como en el

propio, a fin de decidir si se debe o no iniciar investigaciones en ese campo y aclarar en qué medidas, en qué aspectos y en cuáles especies.

2. Manipulación del nivel de ploidia.

2.1 La manipulación del nivel de ploidia hace posible, en principio, la aplicación de un esquema analítico sintético de mejoramiento genético de poliploides como la papa.

2.2 El esquema tiene indudable atractivo teórico y surge de un formidable esfuerzo de investigación que ha clarificado muchos aspectos genéticos, citogenéticos, evolutivos, etc., lo cual facilita su aplicación.

2.3 La utilización efectiva del esquema exige un esfuerzo considerable, que debería ser encarado entre programas, en forma cooperativa, más bien que por cada programa en particular.

Sesión IV - Redes de evaluación y prueba de materiales genéticos avanzados en y entre los países del Cono Sur.

1. Es halagador conocer que los proyectos nacionales de evaluación de clones avanzados y de cultivares nacionales o extranjeros descritos por los programas de Argentina, Brasil, Chile y Uruguay, se desenvuelven satisfactoriamente y que se continúan acumulando experiencia inter e intrainstitucional al respecto. Son evidentes los beneficios que los programas nacionales de papa en estos países han logrado con esas evaluaciones de material.

2. De otro lado, se reconoce que los programas de fitomejoramiento tienen conciencia de su responsabilidad en cuanto a contribuir a proteger la sanidad nacional.

3. Son concientes, además, de la existencia de restricciones cuarentenarias que regulan y, algunas veces, dificultan el intercambio de material genético.

4. Es un hecho además, que la modificación de estas normas cuarentenarias sobrepasa la competencia de los programas de mejoramiento y de las propias instituciones de investigación reunidas en este Taller de Trabajo.

5. Se recomienda que se estudien los mecanismos específicos para superar los problemas de las actuales normas (restricciones) cuarentenarias.

6. Por lo anterior, se recomienda estudiar la creación, con carácter experimental, de una Red de Evaluación y Prueba de Materiales Genéticos Avanzados de Papa en el Cono Sur.

7. Se sugiere que las instituciones integrantes del PROCIPA redacten un protocolo que establezca claramente los objetivos, las actividades, y las responsabilidades y limitaciones de esa red de evaluación.

CAPITULO I

Situación Actual de los Programas de Mejoramiento Genético de Papa

Programa Argentino de Mejoramiento Genético de la Papa

AMERICO O. MENDIBURU y MARCELO A. HUARTE

Ph.D., Coordinador del Programa Papa; Ph.D., Responsable de Mejoramiento Genético de Papa. INTA, Estación Experimental Agropecuaria Balcarce. Balcarce, Buenos Aires, Argentina.

El Programa Argentino de Mejoramiento Genético de Papa tiene su sede en la localidad de Balcarce, en el corazón de la principal zona de producción del país, el Sureste de la Provincia de Buenos Aires (SEPBA). El mismo forma parte de las acciones de investigación del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). En virtud del convenio existente con el INTA, también participa personal de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Mar del Plata. Otras instituciones nacionales, provinciales e internacionales participan en ciertos aspectos vinculados principalmente con la selección y evaluación de cultivares y la producción de semilla. En particular existe una fructífera cooperación con el Centro Internacional de la Papa, como resultado de la cual muchos cultivares y clones desarrollados por el INTA, en Balcarce, han sido evaluados y difundidos por el CIP en un número elevado de países.

ANTECEDENTES

En la Argentina se cultivan alrededor de 115 000 ha de papa por año, con un rendimiento promedio de aproximadamente 20 t por ha. En el SEPBA se cultiva alrededor de la mitad de la superficie y se produce algo más de 70% del total del país. El consumo aproximado por habitante se encuentra entre 70 y 75 kg/año.

La papa que se cultiva en escala comercial en la Argentina (Solanum tuberosum spp. tuberosum) no proviene directamente de las formas indígenas cultivadas en los Andes, sino de introducciones procedentes de latitudes de Europa y Norteamérica. Hasta 1948, en el país se cultivaban variedades importadas, seleccionadas en condiciones ambientales muy diferentes a las que imperan en el SEPBA. En ese año se lanzó el primer cultivar nacional, Huinkul MAG, que desplazó al cv. Katahdin, que ocupaba hasta 80% del total cultivado y que, como todos los cultivares importados de esa época exigía importaciones anuales y sólo era multiplicado dos o a lo sumo tres veces en el país.

Hasta 1980 persistió la convivencia de variedades nacionales, cuyos tubérculos-semillas eran totalmente producidos en el país, y extranjeras, cuyos tubérculos-semillas de categoría básica se producían en el Hemisferio Norte. De esta situación surge la principal justificación de la estrategia de mejoramiento genético adoptada, puesto que no era posible la producción permanente de cultivares extranjeros, que no se adaptaban a las condiciones ecológicas y de incidencia de enfermedades propias del SEPBA. Después de 1980 esta situación ha variado como resultado de la identificación de zonas ecológicamente más

aptas, en valles aislados, donde es posible la producción permanente (sin importaciones periódicas) de tubérculos-semillas de cultivares extranjeros, como resultado de lo cual han cesado las importaciones de tubérculos-semillas de papa.

CARACTERÍSTICAS DEL PROGRAMA

El programa de mejoramiento genético de la papa empezó hace cerca de 46 años. Comenzó con la importación de unos 2 000 clones de primer año que habían sido descartados por tardíos en el programa que se conducía en el estado de Nueva York. De entre estos clones se seleccionó el cv. Huinkul MAG (Millán, 1972), el primer cultivar nacional.

En cuanto a la infraestructura actual del programa se cuenta con aproximadamente siete equivalentes-hombre de personal científico y 15 de personal auxiliar. Asimismo, existen instalaciones adecuadas para la realización de cruzamientos, campo experimental para plantación del material bajo selección y maquinaria completa para preparación del suelo, labores culturales y cosecha. También se cuenta con laboratorios de diagnóstico de enfermedades y plagas, de cultivo de tejidos *in vitro* y de calidad culinaria. Se realiza mejoramiento integral, es decir, se produce semilla (sexual) en alrededor de 500 cruzamientos diferentes por año entre progenitores seleccionados; se realizan operaciones de mejoramiento de poblaciones, manipulaciones cromosómicas y aplicación de técnicas *in vitro* en la selección. Se trasplantan alrededor de 100 000 plántulas provenientes de semilla (sexual) por año, para lo cual se utilizan bandejas de Styrofoam que facilitan el trabajo y favorecen la selección de materiales con capacidad de tuberizar bajo condiciones de temperatura relativamente elevada (Mendiburu y Huarte, 1987).

La evaluación de los materiales obtenidos se completa mediante una red de ensayos en el nivel nacional y local. La selección de materiales avanzados se fundamenta en determinaciones de laboratorio relativas a aspectos de calidad (materia seca, almidón, proteínas, azúcares reductores, aptitud para freír y hervir), comportamiento frente a enfermedades (virus Y, X, A, S, M, del enrollado de la hoja y mosaico deformante; fusariosis; tizón tardío; rizoctoniosis y sarna común); y características agronómicas en general, incluyendo rendimiento y aspecto del tubérculo.

El esquema general aplicado a la obtención de cultivares comerciales incluye una etapa de multiplicación en condiciones de alta sanidad donde se realizan tareas de multiplicación *in vitro*, multiplicación acelerada en invernadero, multiplicación clonal en campos de la Provincia de Mendoza y multiplicación comercial en Balcarce (40 ha). Este conjunto de actividades tiene el propósito de ayudar a que la obtención de un nuevo cultivar vaya acompañada de su difusión a los productores. Para la labor de evaluación y de multiplicación interviene un equipo de especialistas que participan apoyando al mejoramiento genético en los aspectos que les son específicos.

El plan de producción de materiales genéticos incluye la obtención, evaluación y uso de haploides, y la selección en poblaciones de *Neotuberosum* y de *S. gourlayi*. Se manipulan gametos $2n$ para promover la tetraploidización sexual unilateral y bilateral (producción de tetraploides en cruzamientos tetraploide-diploide y diploide-diploide).

respectivamente) con miras a explorar la heterosis resultante en algunos de estos cruzamientos (Mendiburu y Lucarini, 1980). El Banco de Germoplasma de Balcarce provee una riqueza de material genético silvestre y cultivado que se utiliza en el plan de mejoramiento (Okada y Mendiburu, 1978) este se encadena con la producción de semilla de alta sanidad, que asegura el mantenimiento de los cultivares obtenidos y la difusión de tubérculos-semillas sanos.

LOGROS DEL PROGRAMA

Se ha tenido gran éxito en lo que se refiere a provisión de cultivares aptos para cultivo continuado en el SEPBA. Hasta aproximadamente 1980, la única fuente de semilla no importada era la de cultivares nacionales. Huinkul MAG llegó a ocupar 80% del área papera argentina, con lo cual se redujo la importación de tubérculos-semillas al mínimo necesario para abastecer las regiones productoras de papa temprana o "primicia".

Después del lanzamiento de Huinkul MAG surgieron otros cultivares entre los que se destacaron Santa Rafaela INTA, Cinco Cerros INTA, Sierra larga INTA, Buena Vista INTA, Sierra Volcán INTA y Sierra Bachicha INTA, que no alcanzaron difusión inicial, y cuya adopción masiva fue impedida por decaimiento de las condiciones para producir tubérculos-semillas en el SEPBA (Huarte et al., 1984). Con la recuperación de la capacidad de producir tubérculos-semillas de buena calidad, y la puesta en marcha del plan de mejoramiento integral, surgió una serie de cultivares con características de resistencia y calidad culinaria que se encuentran en franca difusión. Serrana INTA y Achirana INTA han sido ampliamente probadas en los ensayos internacionales del CIP, demostrando alto nivel de resistencia al virus del enrollado de la hoja de la papa (Huarte et al., 1986). Serrana ocupa el cuarto lugar en superficie sembrada en el SEPBA y tanto éste como Achirana han recibido otras denominaciones en los países que los han adoptado (Tabla 1).

Tabla 1. Cultivares argentinos lanzados desde 1948 clasificados según su grado de adopción.

Adopción amplia	Adopción intermedia	Adopción baja
Huinkul MAG	Sierra Volcán INTA	Cinco Cerros INTA
Serrana INTA ^a	Santa Rafaela INTA	Sierra Larga INTA
Achirana INTA ^b	Buena Vista INTA	Sierra Bachicha INTA
	Primicia INTA	Sierra Vigilancia INTA
	Sureña INTA	
	Chacay INTA	
	Pampeana INTA	

^aAdopción en la Argentina y en el extranjero.

^bAdopción en el extranjero.

Sureña INTA y Primicia INTA reúnen precocidad, rusticidad y excelente calidad culinaria. Ambos están siendo utilizados por la industria procesadora. Recientemente se han inscrito Pampeana INTA y Chacay INTA, el primero de los cuales tiene tuberización temprana, reposo más corto que los anteriores y la poca frecuente combinación de buena calidad culinaria y resistencia al virus del enrollamiento de la hoja. Chacay se caracteriza por un elevado rendimiento y resistencia al mismo virus.

El avance registrado en la producción de tubérculo-semilla ha posibilitado producir éste a partir de cultivares susceptibles y recuperar antiguos cultivares, a los que se les está dedicando también un esfuerzo de difusión. Este cambio, además, ha obligado a reorientar los objetivos del mejoramiento, es decir, se instrumentan subproyectos con objetivos más específicos y con manejo independiente. Los subproductos de mejoramiento de poblaciones se vuelcan en el programa convencional donde se combinan los diferentes objetivos de las poblaciones individuales. De esta forma, no sólo se mantiene un esfuerzo importante en la resistencia a virosis, sino que también se ha comenzado a trabajar en la producción de materiales con menor rusticidad pero con mejores características comerciales y culinarias, que surgen generalmente del cruzamiento entre cultivares europeos sensibles y clones nacionales adaptados.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. HUARTE, M.A.; MENDIBURU, A.O.; GARAY, O.A. 1984. Factores que afectan la difusión de cultivares de papa argentina. In: Memorias, XII Reunión ALAP. Paipa, Boyacá, Colombia (1984). 161:169.
2. HUARTE, M.A.; MENDIBURU, A.O.; MONTI, M.C.; BUTZONITCH, I.P. 1986. Serrana INTA: a widely adapted, virus resistant potato cultivar from Argentina. Amer. Potato J. 63:695-699.
3. MENDIBURU, A.O.; HUARTE, M.A. 1987. Potato breeding in Latin America with special reference to Argentina. Acta Horticulturae 213:43-50.
4. MENDIBURU, A.O.; LUCARINI, O.R. 1980. Manipulaciones genéticas para la producción y el aprovechamiento de la papa. Rev. Fac. Agron. (Buenos Aires) 1:129-139.
5. MILLAN, R. 1972. Origen de la papa Huinkul. IDIA (Argentina) 291:7-9.
6. OKADA, K.A.; MENDIBURU, A.O. 1978. Los recursos genéticos de la papa: su utilización en el mejoramiento. Ciencia e Investigación (Argentina) 34:132-138.

Programa de Mejoramiento Genético de Papa del Uruguay

FRANCISCO VILARO

Ph.D., Subdirector de Departamento. Estación Experimental Las Brujas (EELB), Las Piedras, Canelones, Uruguay.

INTRODUCCION

En este trabajo se discuten las peculiaridades del país para la producción de papa, los resultados obtenidos en relación con la evaluación de cultivares extranjeros y selección de clones nacionales y las perspectivas futuras.

En el Uruguay se siembra promedialmente 20 000 ha de papa distribuidas en las cuatro estaciones. Los rendimientos han ido incrementándose desde 1978 hasta alcanzar alrededor de 10 t/ha en el presente. Los cultivos son en su mayoría de secano, con régimen pluviométrico muy variable entre estaciones y años. El período de crecimiento del cultivo es normalmente de tres a cuatro meses, según zonas y épocas de siembra, y está limitado por ocurrencia de heladas, altas temperaturas y condiciones para la comercialización. Presenta además la peculiaridad de que, aun en una misma zona, puede ser inferior a los dos meses el período entre cosecha y siembra del cultivo siguiente.

ANTECEDENTES

El ciclo de producción de papa en el país se inicia con tubérculos-semillas importados (por un valor de tres millones de dólares aproximadamente) que se siembran en enero-febrero (cultivo de otoño), y significan 40% de la superficie anual (Figura 1). Este cultivo cumple el doble propósito de abastecer el consumo durante invierno y primavera y aprovisionar de material de siembra para los cultivos de invierno (julio-agosto, 5% del área), primavera (setiembre-octubre, 50% del área) y verano (noviembre-diciembre, 5% del área). Estos tubérculos-semillas normalmente, y debido a las condiciones en que se obtienen, poseen un alto nivel de enfermedades viróticas (40-60%), lo que puede disminuir los rendimientos en aproximadamente 30-50% (Crisci y Vilaró, 1983). Asimismo, debido al período de reposo de los cultivares difundidos (Kennebec 85% y R. Pontiac 15%) y al manejo corriente, sólo para el cultivo de primavera se utilizan tubérculos-semillas multiplicados localmente, en adecuado estado de brotación. Por esta causa y por las temperaturas relativamente elevadas durante la cosecha, la producción de este cultivo difícilmente puede tener otro destino que el de consumo en forma más o menos inmediata. Las principales enfermedades que afectan los cultivos son el virus del enrollamiento (PLRV) para el cultivar Kennebec y virus Y de la papa (PVY) y el tizón temprano (*Alternaria solani*) en el cultivar Red Pontiac. La incidencia de pudriciones blandas causadas principalmente por *Erwinia* spp., es frecuente en Kennebec, en particular con temperaturas altas durante la cosecha. Es común, además, la presencia de tubérculos de aspecto

comercial inferior debido a rajaduras y deformaciones en una proporción considerable, pues ambos cultivares -pero especialmente Kennebec- son susceptibles a variaciones climáticas.

Las principales áreas productoras comprenden el Sur (70% del área) con plantaciones en todas las estaciones, Litoral Norte con cultivos en invierno y otoño, Noreste con cultivos en otoño y primavera (ambas zonas abarcan menos de 10% del área) y Litoral Este con cultivos en otoño y verano (alrededor de 10%) (Figura 2).

Este esquema de producción condicionado por el uso de semilla importada y las características de precocidad y reposo de los cultivares utilizados, presenta limitaciones de importancia. Entre éstas cabe destacar la alta erogación anual, la concentración de la oferta desde enero a mayo, con épocas de escasez de agosto a noviembre, ocasionando fluctuaciones en los precios cercanas a 50% del precio promedio y generando la necesidad frecuente de importar papa de consumo (para el período 1980/84, US\$ 220 000/año). Además, ha contribuido a la concentración de la producción en la zona Sur y a la marginación de otras zonas que poseen ventajas en épocas distintas a las comunes (Vilaró et al., 1983). La principal ventaja de estas zonas es su aislamiento natural para la producción de tubérculos-semillas, lo que se ha demostrado en numerosos diagnósticos y con resultados obtenidos en el Programa Piloto de Producción de Tubérculos-semillas por cerca de 10 años (Crisci y Vilaró, 1983).

En respuesta a esa situación, el Programa Papa de la EELB, desde hace más de una década, inició trabajos con el objetivo de ampliar la disponibilidad de cultivares en uso y aumentar el número de multiplicaciones de éstos en el país. A partir de 1978 se han evaluado, en forma permanente, alrededor de 250 cultivares comerciales extranjeros. Posteriormente, desde 1983, se inician introducciones de material genético sin selección anterior, recibidas en forma de familia de tubérculos del Centro Internacional de la Papa (CIP). La selección de cultivares nacionales multiplicados localmente en zonas favorables, permitiría a los productores contar con materiales de mejor adaptación, y en correcto estado de brotación, para los dos esquemas de multiplicación propuestos para el país (de cuatro y tres cultivos continuados en dos años, Figuras 3 y 4 respectivamente).

Los objetivos de este programa apuntan a resolver la problemática del productor semillerista, así como la del productor comercial. Para estos dos grupos de productores, se considera que cualquier propuesta debe asegurar la obtención de dos cultivos sucesivos en un ciclo aproximado de un año, a partir de la obtención de material para la siembra. Teniendo esto en cuenta se pueden elaborar distintos esquemas productivos, alternativos al tradicional, según la zona en particular.

ELECCION DE CULTIVARES PARA EL PAIS

En la elección de un cultivar para el país se consideran características como duración del ciclo productivo (período desde siembra hasta la cosecha), reposo (período desde cosecha hasta la brotación de los tubérculos), susceptibilidad a enfermedades (principalmente tizón temprano y a los virus PLRV y PVY) y características comerciales. Las condiciones climáticas y la época particular del año, además de otros factores manejables pueden ejercer gran influencia en muchas de estas variables. Los efectos más importantes en la duración del ciclo productivo provienen de la temperatura diaria y la duración del período de horas luz (termofotoperíodo).

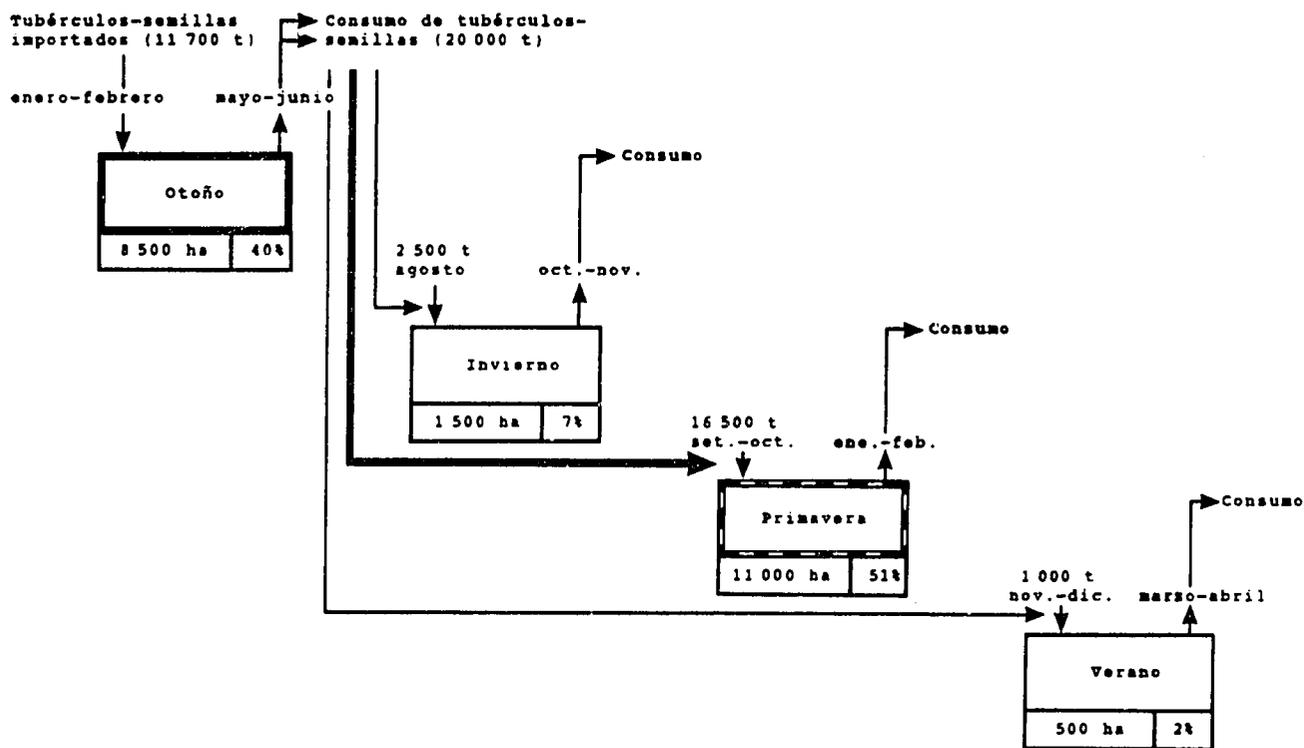


Figura 1. Esquema anual de producción (tradicional) en el Uruguay.

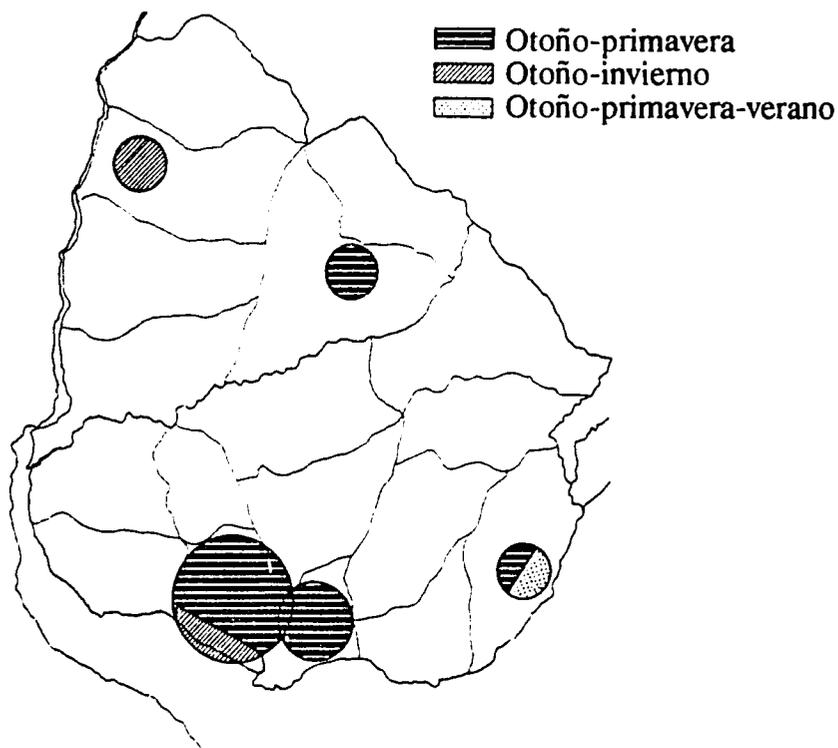


Figura 2. Principales zonas de producción y épocas de cultivo en el Uruguay.

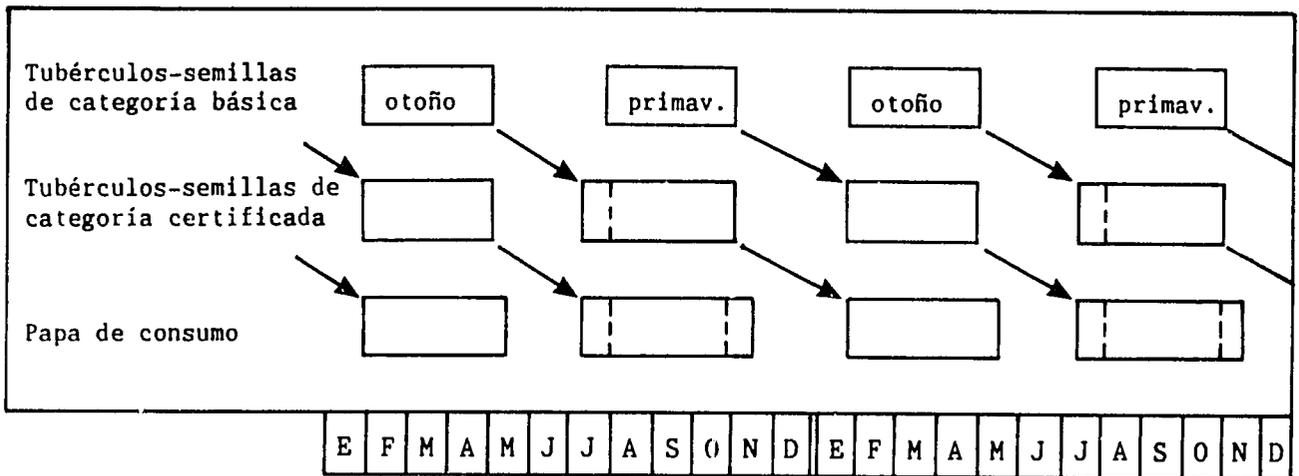


Figura 3. Variedades precoces. Cuatro cultivos continuados en dos años.

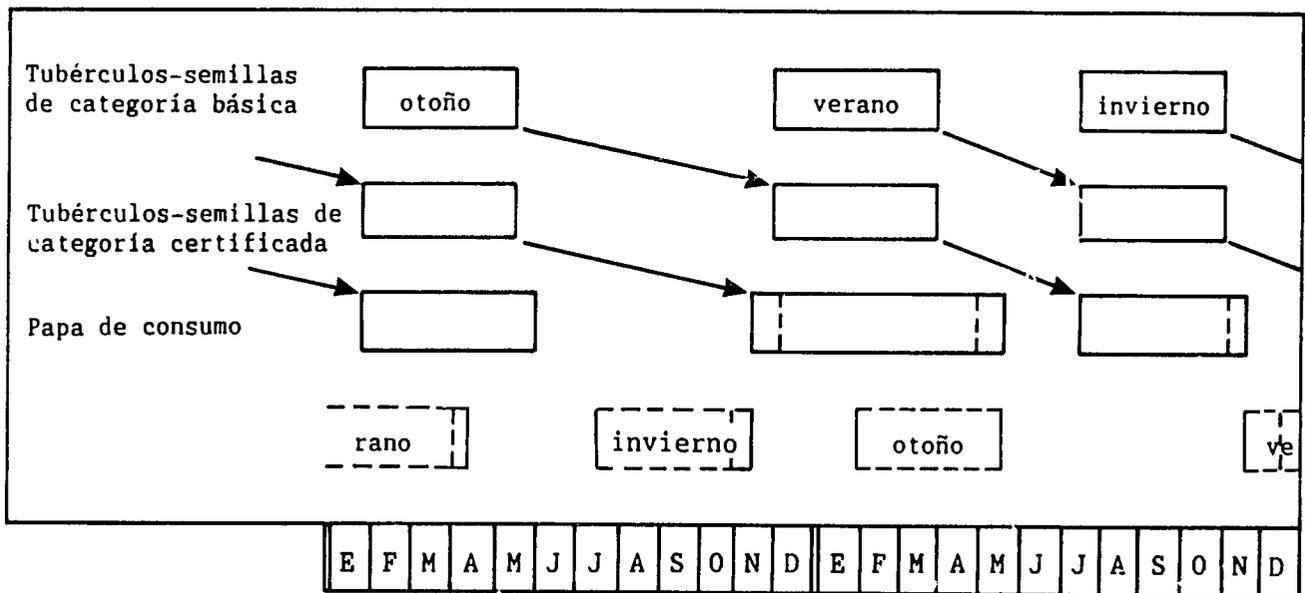


Figura 4. Variedades semiprecoces. Tres cultivos continuados en dos años.

En las épocas principales de siembra en el país, el cultivo de papa se desarrolla en condiciones contrastantes de fotoperíodo durante el año. Este se incrementa desde 10 horas de sol en julio, a cerca de 15 horas en diciembre y luego decrece. Además, es común la ocurrencia de períodos de altas temperaturas (alrededor de 30°C promedio de máximas) durante diciembre y enero, conjuntamente con el período de luz relativamente largo y condiciones de déficit de humedad en el suelo. Esta época normalmente coincide con las últimas etapas del cultivo de primavera. La falta de adaptación del cultivar más difundido a estas condiciones sería una de las principales limitantes para lograr altos rendimientos de tubérculos de buena calidad comercial en el cultivo de esta época. Estudios realizados en forma de curvas de crecimiento durante otoño y primavera, con varios cultivares de papa que cubrían un amplio rango de respuesta a factores de termofotoperíodo, demostraron un comportamiento diferencial en las dos épocas para cultivares algo tardíos (Kennebec). Este tipo de cultivares mostraron en la siembra de primavera menores rendimientos y retraso en la tuberización, en comparación con el cultivo de otoño (Figura 5). Los cultivares tempranos por otra parte, mostraron cierta independencia de los factores climáticos, con un rápido crecimiento de los tubérculos en las dos épocas (Figura 6), (Fernández y Vilaró, 1984).

Se supone entonces que la principal limitante para el rendimiento en las épocas de verano, otoño e invierno, con un ciclo productivo de cuatro meses, está determinada por la producción diaria de productos de la fotosíntesis, pues estos cultivos se desarrollan en condiciones climáticas tales que favorecen la tuberización por desarrollarse durante longitudes de día relativamente cortos (invierno), o acortándose (verano, otoño), además de temperaturas moderadas favorables. Opuestamente, la principal limitante para el rendimiento del cultivo de primavera, con tres meses de ciclo, estaría determinado por la traslocación de aquellos productos, debido a las condiciones de termofotoperíodo desfavorables para la tuberización. Se concluye que para aprovechar de forma más eficiente las distintas estaciones de crecimiento, se debería combinar el uso de cultivares de tuberización temprana en primavera y algo más tardía (semiprecozes y semitardías) para el verano, otoño e invierno. El 80% del área de cultivo anual en el país se realiza en otoño y primavera y normalmente sólo median unos dos meses entre cosecha y siembra del cultivo siguiente. Se pone de manifiesto, entonces, la importancia de contar en el país con materiales genéticos de corto período de reposo.

Los distintos esquemas de multiplicación que se proponen consideran las distintas zonas agroclimáticas del país y suponen la realización de un doble cultivo sucesivo por parte del productor, a similitud del esquema tradicional. Según las características de precocidad de tuberización y reposo se han definido tres categorías de cultivares (Tabla 1) de importancia para los distintos esquemas productivos.

En la Tabla 1, en primer lugar se consideran los cultivares tempranos y aún algunos semitempranos, de reposo corto (algo inferior a los dos meses) (Crisci et al., 1987). Estos cultivares se adecúan a cualquier época de siembra pero su ventaja comparativa se manifiesta en el cultivo de primavera y su posibilidad de uso subsiguiente, debido al corto período de reposo, supone su utilización para el cultivo de otoño debido a que hay casi dos meses entre cosecha y siembra. Estos cultivares, que admiten la cosecha a los tres meses de siembra, permiten la obtención de cuatro cosechas en dos años. Este esquema productivo se recomienda para zonas del país con cultivos preferentemente de otoño y primavera, como el noreste y sur del país. Este esquema puede iniciarse en otoño o primavera, siendo más recomendable en primavera, teniendo en cuenta, entre otros, los aspectos de difusión de enfermedades degenerativas. Debido al menor período de

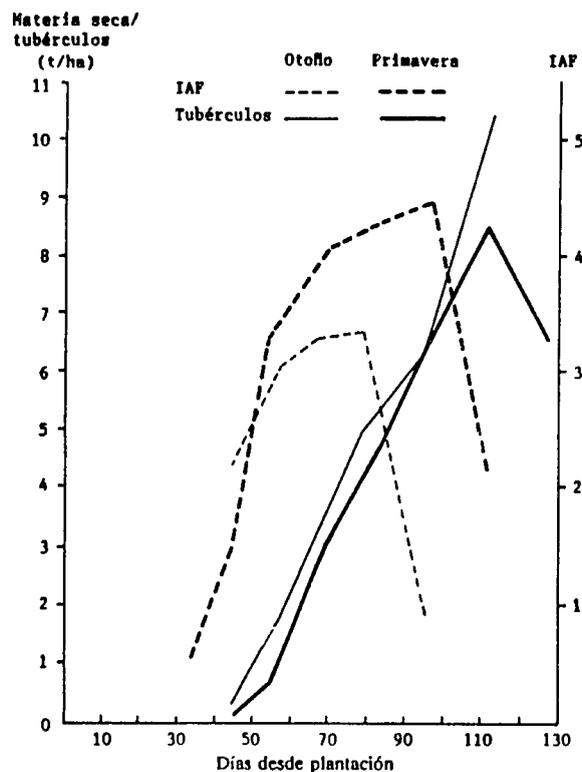


Figura 5. Curvas del índice del área foliar y tuberización del cultivar Kennebec en otoño y primavera bajo condiciones del Uruguay.

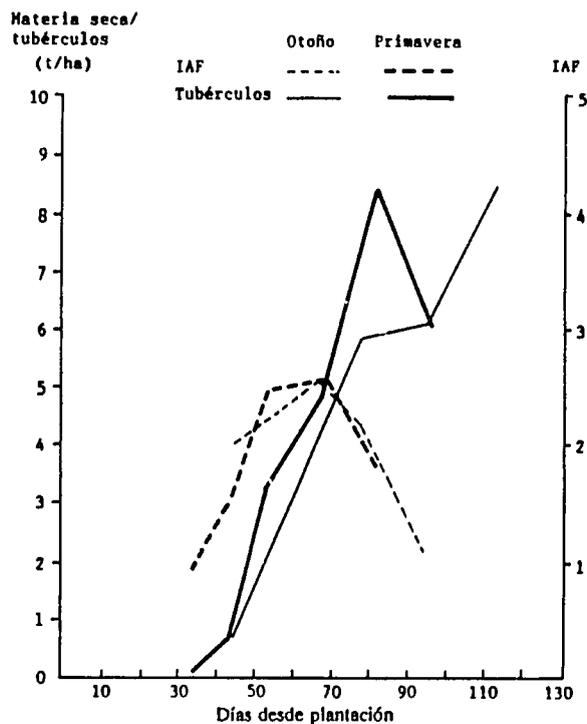


Figura 6. Curvas del índice de área foliar y tuberización del cultivar Favorita en otoño y primavera bajo las condiciones del Uruguay

crecimiento, este tipo de cultivares precoces, alcanza rendimientos bajos y pueden ser susceptibles a la escasez de precipitación pluvial durante el ciclo. Sin embargo, su aptitud para producir en un período corto, en primavera, les permite superar altas temperaturas y mayor riesgo de sequía, así como problemas de comercialización por exceso de oferta.

Tabla 1. Caracterización de cultivares en uso y recomendados en el Uruguay.

Ciclo	Cultivar	Piel y pulpa	Suceptibilidad a enferm./defectos	Comentario
Temprano	Norland Favorita	roja, blanca crema	tizones tizones, pudrición	susceptible a sequía papa superficial
Semi-temprano	R. Pontiac Spunta Atlantic Crystal Red la Soda Nishiyutaka	roja, blanca crema marrón oscura blanca roja, blanca crema	tizones, virus pudrición, deform. corazón hueco pudrición mosaicos sarna común	adaptada muy buen rendim. piel resistente info. insuficiente aspecto regular muy buen rendim. reposo corto
Semitardío	Kennebec Chieftain	blanca roja, blanca	virus, rajaduras virus	adaptada muy buen aspecto

Un segundo grupo está constituido por cultivares semiprecoces (tres meses y medio desde la siembra) y semitardíos (cuatro meses desde la siembra), ambos de con reposo de duración media (tres a tres y medio meses). Estos cultivares ofrecen mayor rendimiento potencial, en las épocas de otoño, invierno y verano, en las que el cultivo puede desarrollarse durante cuatro meses, y permiten obtener tres cultivos en dos años. Según la zona particular, son posibles uno o más ciclos productivos. Para el Litoral Norte se requiere la siembra en la sucesión invierno-otoño. En el Litoral Este, un esquema más recomendable sería otoño-verano. Para la región Sur, además de éstos, sería también posible el esquema verano-invierno. El cultivo de verano exige al menos condiciones favorables en el tipo de suelos y su preparación anticipada, así como regiones que ofrezcan temperaturas bajas preferentemente durante la noche (Litoral Este). Además, en esta época de siembra son comunes los períodos con escasez de precipitaciones que justificarían el uso del riego. El cultivo de invierno, de otro lado, es posible solamente en zonas con menor severidad en la ocurrencia de heladas (Litoral Norte y Sur, zona costera del Río de la Plata).

EVOLUCION RECIENTE Y PERSPECTIVAS

Recientemente se han recomendado y comenzado a difundir cultivares comerciales extranjeros con algunas características destacables de precocidad y reposo (Tabla 1). Si bien estos materiales ofrecen ventajas sobre los tradicionales, particularmente en cuanto a esquemas de multiplicación alternativos al tradicional que permiten alcanzar algunos de los objetivos propuestos, los cuales no satisfacen totalmente las exigencias del país, dada su susceptibilidad a las enfermedades de mayor incidencia económica, o las posibilidades de detectar nuevos cultivares que reúnan características de importancia. Además, existen antecedentes de cultivares que, habiendo alcanzado a ser promisorios, son eliminados de los esquemas de multiplicación del país que lo suministra. Otros inconvenientes son el riesgo de introducción de enfermedades y la generalización de las patentes de nuevos cultivares que agregan costos y restricciones para su uso.

Por lo expuesto, las acciones deben estar orientadas a reducir el trabajo de evaluación de cultivares extranjeros y a priorizar la selección de materiales nacionales. Dada la disponibilidad de materiales genéticos proporcionados por el Centro Internacional de la Papa (CIP), con la posibilidad de combinar atributos favorables para el país, se comenzó su introducción en 1983. Los objetivos de selección de estos materiales incluyen: precocidad de tuberización y productividad, reposo corto, calidad comercial, combinado con resistencia a los problemas patológicos más destacados (PLRV y PVY, Alternaria solani y Phytophthora infestans).

Hasta el presente se han evaluado 147 cruzamientos recibidos del CIP bajo forma de familias de tubérculos, en seis fechas de introducción. La selección clonal de este material se realiza en zona aislada en el cultivo de verano. A partir de esta siembra pueden existir diversos esquemas de evaluación, dependiendo de los objetivos de selección (resistencia a virus, o a A. solani y precocidad). Se realizan dos exposiciones a virus durante la primavera en la EELB, en forma simultánea con la selección para características agronómicas, que se llevan a cabo en zonas de buen aislamiento para enfermedades viróticas. Para reducir el volumen de clones mantenidos en forma duplicada, se prevé realizar la exposición para determinar resistencia a A. solani en zona aislada, a la vez que se realiza la selección agronómica. Los duplicados de estos clones son incluidos en los ensayos de resistencia a virus, así como los que exhibieron cierto grado de resistencia a virus serían incluidos en los de A. solani. Con posterioridad, los materiales más promisorios son incluidos en ensayos de evaluación agronómica, según su aptitud para alguno de los esquemas definidos de multiplicación: los cultivares precoces en la sucesión primavera-otoño en el Noreste y Sur, los demás en la sucesión invierno-otoño en el Litoral Norte y Sur y en verano en el Litoral Este.

En la Tabla 2 se muestran los cruzamientos más exitosos en el período 1983-1986, por su aptitud agronómica, o resistencia a las principales enfermedades, o por ambos aspectos. Los clones y cultivares más promisorios han resultado ser 7XY.1, Serrana, B 71-240-2, LT-7, LT-8, 377964.5 y 379701.33. Actualmente, a partir de todos los materiales genéticos recibidos, existen en evaluación cerca de 70 clones con tres ciclos de selección por características agronómicas y una exposición para resistencia a virus. Asimismo, a la culminación de la segunda exposición a virus de cerca de 320 clones, existen alrededor de 50 clones asintomáticos. Se constata la coincidencia de clones que pertenecen a esos dos grupos en 15 de estos clones. Por otra parte, en diciembre de 1987, comenzó la selección de cerca de 5 000 nuevos genotipos pertenecientes a 62 cruzamientos del CIP con resistencia a virus y A. solani.

Tabla 2. Progenies destacadas, introducidas del Centro Internacional de la Papa. Rendimiento comercial promedio de clones seleccionados, otoño 1988, Canelones

Genealogía	Rendimiento (g/maceta)	Reposo (Escala 1-5) ^a
PG 285 x Bulk XY	-	4,0
78A18 x G 5264.1	-	3,0
80JA35.16 x PLRV Bulk	1 130	3,0
81A57.17 x 80JA Bulk	932	2,5
Serrana x 80JA32.7	985	3,0
7XY.1 x Atlantic	896	3,0
LT-8 x LT-7	1 070	5,0
379701.33 x LT-7	688	4,0
7XY.1 x Katahdin	977	2,5
Serrana x 7XY.1	1 258	2,0
Y 84.50 x Atlantic	490	-
Y84.050 x 377964.5	584	-
B 71-240-2 x 7XY.1	1 245	3,5
Y-2 x C 83.551	903	3,0
B 71-240-2 x 377964.5	663	-
Testigos		
Serrana	1 040	1,0
B 71-240-2	930	2,5
LT-2	372	4,0
DTO-2	220	5,0

^aReposo: 1 = muy largo; 5 = muy corto.

En 1987, utilizando cultivares comerciales con buena adaptación, cultivares y clones de probada aptitud para originar descendencia adaptada y clones seleccionados, se realizaron 25 combinaciones distintas en cruzamientos de campo en el país. Al presente se mantienen, principalmente con propósitos de mejoramiento, cerca de 50 clones y cultivares, la mayoría de origen extranjero, en forma de tubérculos. Cerca de otros 30 materiales son conservados *in vitro*, incluyendo dos clones producto de selección en el país. Durante 1988 se espera comenzar a manejar semilla sexual en forma significativa, con la siembra en febrero de 2 500 genotipos del CIP y un número similar propio, con lo cual se alcanzaría la capacidad estimada de manejo de material (alrededor de 10 000 nuevos genotipos al año). Se continúa, además, el programa permanente para evaluación de cultivares extranjeros y clones promisorios nacionales, en ensayos regionales replicados, dentro del esquema de producción identificado para las distintas zonas.

CONSIDERACIONES FINALES

El comportamiento agronómico y la resistencia a enfermedades de los materiales genéticos recibidos del CIP hasta 1986 permiten establecer las siguientes consideraciones. Se deben tener en cuenta las exigencias de aspecto comercial de los tubérculos, las características del cultivo, la reducida proporción de materiales con alta resistencia a la fuerte presión de selección al virus del enrollamiento (PLRV) y al bajo número de individuos que se evalúan por cruzamiento en las introducciones del CIP. Es necesario considerar asimismo, que el Programa nacional para producción de tubérculos-semillas de papa, no obstante haber resuelto la mayoría de los aspectos metodológicos, no ha alcanzado aún la significación deseada.

Parece baja la probabilidad de lograr materiales que reúnan todos los requisitos deseados y logren una difusión importante, en base a introducciones en forma de familias de tubérculos del CIP. Esta probabilidad aumentaría en forma considerable si se consideraran solamente los aspectos agronómicos, dado que no existen cultivares nacionales de algún tipo. Estos clones tendrían buenas posibilidades de éxito en las zonas que, abarcando menor área, posean condiciones favorables para la multiplicación de tubérculos-semillas de buena calidad sanitaria, gracias a su mejor aislamiento. Por otra parte, los clones seleccionados localmente a partir de esas introducciones, y que posean características favorables de resistencia a enfermedades viróticas y alguna aptitud agronómica, podrían utilizarse en cruzamientos locales con materiales de diverso origen y probada aptitud agronómica. Esta orientación fue iniciada durante 1987. Estos materiales deberían tener una mejor probabilidad para lograr cultivares exitosos en la zona principal de cultivo, donde la resistencia a virus sería muy significativa.

Existe, además, el propósito de desarrollar una población mejorada por selección recurrente para caracteres de importancia en el país, debido a la dificultad actual de combinarlos en un genotipo individual. Los factores agronómicos de selección en cualquier caso incluirían: tuberización relativamente temprana (cosecha 90-100 días); estabilidad de rendimiento en condiciones contrastantes de fotoperíodo; reposo relativamente corto (alrededor de 50 días); tubérculos de buen aspecto comercial y de piel y pulpa claros. Los caracteres de resistencia a enfermedades serían principalmente para virosis por PLRV y PVY, tizón temprano y sarna común. La población base para el proceso de selección se constituiría a partir de selecciones nacionales, clones o cultivares del extranjero con aptitud probada mediante ensayos de progenies realizados y cultivares comerciales de conocida aptitud.

La puesta en marcha de un programa nacional de tubérculos-semillas a partir de 1987, con complementación entre instituciones, comprendiendo las etapas de semilla básica y certificada, posibilitaría la inclusión y difusión de cultivares extranjeros así como de aquellos que se obtengan a partir del programa de mejoramiento iniciado en 1983. La existencia de tubérculos-semillas de origen nacional posibilitaría poner a disposición de los productores comerciales el material para la siembra en cualquiera de las épocas, particularmente en las recomendadas según las ventajas relativas de las distintas zonas. Esto es posible utilizando las épocas y los tipos de cultivares propuestos, aún en condiciones naturales de conservación.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- CRISCI, C.; VILARO, F. 1983. Virus y agentes relacionados en cultivos de papa del Uruguay. Centro de Investigaciones Agrícolas "Alberto Boerger", Investigaciones Agronómicas 4:59-61.
- CRISCI, C.; FERNANDEZ D.; VILARO, F. 1987. Selección de variedades de papa precoces para un ciclo productivo continuado de dos cultivos anuales. XIII Reunión, Asociación Latinoamericana de la Papa (ALAP). Marzo 1987, Panamá, Panamá.
- FERNANDEZ, D.; VILARO, F. 1984. Crecimiento diferencial de cultivares de papa en otoño y primavera. Centro de Investigaciones Agrícolas "Alberto Boerger", Investigaciones Agronómicas 5:61-66.
- VILARO, F. 1987. Utilización de nuevos cultivares de papa semilla nacional en esquemas de producción alternativos. XII Seminario Panamericano de Semillas. Noviembre 1987. Montevideo, Uruguay.
- VILARO, F.; CRISCI, C.; J.C. GILSANZ. 1983. Importancia de los cultivares de papa precoces y corto reposo para el Uruguay. Centro de Investigaciones Agrícolas "Alberto Boerger", Investigaciones Agrícolas 4:28-31.

Os Programas de Melhoramento Genético de Batata no Brasil

JOSE AMAURI BUSO

Ph.D., Pesquisador, Centro Nacional de Pesquisa de Hortaliças (CNPQ), Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), Brasília DF, Brasil.

INTRODUÇÃO

A batata é a hortaliça mais importante cultivada no Brasil. Constitui-se na sétima fonte de alimentos, suplantada pelo arroz, soja, milho, trigo, mandioca e feijão. A cultura se caracteriza por uma grande dependência de cultivares de origem européia, que ocupam cerca de 70% da área cultivada no país. Dentre as cultivares importadas, predominam a Bintje, Achat, Radosa, Delta, Jatte-Bintje e Baraka. A dependência se estende na necessidade de se importar grandes volumes de batata semente (aproximadamente 2860 t em 1987), para multiplicação como semente da classe registrada. Entretanto, faltam à algumas importantes cultivares importadas, uma ou mais características que conduzem a um alto custo final de produção de batata consumo e/ou problemas na produção de batata-semente. Dentre estas características estão:

1. Problemas de adaptação em regiões produtoras emergentes.
2. Baixo nível de resistência às doenças importantes no Brasil (P. infestans, A. solani, PLRV e PVY).
3. Necessidade de se utilizar altas doses de fertilizantes.

Os programas brasileiros de melhoramento de batata, até recentemente, liberaram muitas cultivares. Porém, apenas três tem sido utilizadas pelos produtores:

1. A cultivar Baronesa, importante para o Estado do Rio Grande do Sul, onde ocupa uma área em torno de 38 000 ha.
2. A cultivar Aracy, utilizada no Nordeste.
3. A cultivar Santo Amor.

Fora do Rio Grande do Sul, estas cultivares, apesar de mais rústicas e resistentes às doenças importantes, não competem com as cultivares européias quanto a qualidade comercial dos tubérculos e/ou há falta de batata-semente.

Os programas de melhoramento genético de batata no Brasil tem se modificado pouco nos últimos anos quanto ao número de programas em atividade e melhoristas envolvidos. Modificações, entretanto, ocorreram com a implantação de Centros Nacionais e Instituições de Pesquisa Estaduais, e a consolidação de um programa de treinamento de pesquisadores em diferentes áreas a partir de 1980, dentro do Sistema Cooperativo de Pesquisa Agropecuária, coordenado pela EMBRAPA.

PROGRAMAS DE MELHORAMENTO GENETICO DE BATATA NO BRASIL

Centro Nacional de Pesquisa de Hortaliças - CNPH/EMBRAPA

Este programa tem como objetivo desenvolver cultivares de batata com bom aspecto comercial dos tubérculos, ausência de defeitos fisiológicos (rachaduras, embonecamento, coração oco e manchas internas), boa produção com níveis de adubação de 2-3 toha, resistência à *Alternaria solani* e/ou *P. infestans*, precocidade (80 a 100 dias de ciclo), resistência à infecção para PLRV e PVY, e a adaptação às condições agroclimáticas das regiões tradicionais e/ou emergentes.

O programa foi iniciado em 1980, e até 1985, haviam sido avaliados 58 600 clones provenientes de 615 combinações diferentes. Estas populações originaram-se no CIP, nas Universidades de Cornell e de Wisconsin, e também de cruzamentos feitos no Brasil. Em 1985 fez-se uma reavaliação dos clones avançados de dezesseis foram mantidos para uma avaliação final. No momento estes clones estão em fase de multiplicação, após passarrem por erradicação de patógenos por cultura de mersitema, para serem avaliados em diferentes localidades. No período 1966/87 foram produzidos 5 500 novos clones de 85 combinações diferentes.

Este programa é conduzido por uma equipe interdisciplinar e coordenado por um melhorista e conta com a participação de fitopatologistas (micologistas, bacteriologistas, virologistas e nematologistas), e especialistas em cultura de tecido e produção de batata semente pré-básica.

A capacidade teórica de produção e manejo de plântulas no início do programa é de 36 000 plântulas (genótipos) por ano. Preve-se que em dois anos esta capacidade atingirá 56 000 plântulas por ano, com incorporação de outro melhorista à equipe.

O programa do CNPH conta com estrutura física adequada e equipe para a produção de batata semente pré-básica, e também para a manutenção de progenitores e clones avançados in vitro.

Este programa é central, gerador de famílias clonais e clones selecionados por um ou dois ciclos de seleção para serem avaliados por outros programas estaduais.

O CNPH conta também com um programa de resistência à PLRV e PVY, outro de resistência à pinta-preta (*Alternaria solani*) e um sobre resistência à murcha bacteriana que estão descritos em outros trabalhos apresentados nesta publicação.

Centro Nacional de Pesquisa de Futeiras de Clima Temperado - CNPFT/EMBRAPA

Este programa é o mais antigo no Brasil, iniciado na década de 1940 no DNPEA, antecessor da EMBRAPA. Recentemente liberou duas novas cultivares; a Trapeira e a Monte Bonito. O objetivo básico do programa é o desenvolvimento de cultivares adaptados às condições do Estado do Rio Grande do Sul, com resistência a requeima (*P. infestans*), alta produção, lenta degenerescência dos tubérculos semente e película amarela. Em média de 3 000 a 7 000 clones são avaliados por ano, embora teoricamente, possam ser produzidas e avaliadas 10 000 plântulas por ano para iniciar o processo de seleção. Possui um melhorista em tempo integral. O CNPFT possui também pesquisadores em áreas afins

ao melhoramento, como fitopatologistas, especialistas em cultura de tecido e em produção de batata semente pré-básica. Um pequeno número de clones deste programa também é avaliado no Estado de Santa Catarina, pela EMPASC.

Empresa Goiana de Pesquisa Agropecuária - EMGOPA

Este programa tem por objetivo a obtenção de cultivares de batata adaptadas ao Estado de Goiás e também com possível adaptação a outras regiões altas da região Centro-Este do país. Iniciado em 1983, é um programa conjunto de pesquisa com o CNPH; depende de famílias segregantes obtidas e/ou já pré-selecionadas no CNPH. No período 1983 a 1985 foram avaliadas centenas de famílias clonais e selecionados quatro clones que estão em fase de multiplicação para testes finais, após terem sido erradicados de patógenos por cultura de meristema, no CNPH. Em 1986 iniciou-se novo ciclo de avaliação e seleção, com o plantio de aproximadamente 15 000 clones do programa de resistência a PLRV e PVY do CNPH. Foram selecionados aproximadamente 5 000 clones para a fase de quatro plantas por clone, e no momento há 550 clones para avaliação na fase de 10 plantas por clone. Este programa possui um melhorista em tempo parcial, além de acompanhamento técnico de pesquisadores de CNPH em todas as fases do programa. Teoricamente o programa da EMGOPA pode conduzir uma população de 5 000 a 8 000 novos clones por ano na fase inicial do programa, i.e., uma planta por genótipo.

Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais - EPAMIG

Este programa, iniciado em 1971, culminou com o lançamento em 1981 de três cultivares: Mantiqueira, Mineira e Chiquita. Neste programa são feitas avaliações de clones próprios e também de originários do CNPH. Possui um melhorista em tempo parcial e excelente estrutura física para trabalhos de melhoramento de batata. No momento 59 clones promissores estão em testes. Estes passarão por erradicação de patógenos por cultura de meristema, para avaliações finais em diferentes locais do Estado. Alguns clones avançados tem potencial de se tornarem novas cultivares. Além disto, o programa de EPAMIG conta também com aproximadamente 1 500 clones originários do CNPH em 1984, para avaliação de quatro plantas por clone.

Teoricamente, pela estrutura física da Estação Experimental em Maria da Fé, o programa de EPAMIG pode avaliar e selecionar uma população de 10 000 plântulas por ano na fase inicial, i.e., uma planta por genótipo. Esta Empresa também mantém o banco ativo de germoplasma de batata do Sistema Cooperativo de Pesquisa Agropecuária. Esta coleção está sendo paulatinamente transferida para manutenção in vitro pelo Centro Nacional de Recursos Genéticos (CENARGEN), da EMBRAPA.

Fundação Instituto Agrônomo do Paraná - IAPAR

O Estado do Paraná é o maior produtor de batata consumo no Brasil. O programa do IAPAR é pequeno em relação e importância que o Paraná tem na produção de batata. No passado, o CNPH enviou grande número de clones e famílias clonais pré-selecionadas a este programa. Aproximadamente 25 clones avançados estão próximos a serem erradicados de patógenos por cultura de meristema, para avaliações finais. O programa conta com um melhorista em tempo parcial. Teoricamente, este programa pode conduzir uma população inicial de 10 000 plântulas por ano, a cada início de ciclo de avaliação e seleção.

Recentemente, o programa do IAPAR, conjuntamente com o CNPH, liberou uma nova cultivar, denominada Contenda, adaptada à região de maior produção de batata no Estado do Paraná. Esta nova cultivar foi obtida por seleção de um clone em um campo heterogeneo de produção de batata consumo. A batata semente deste campo tinha sido, originalmente, importada de Alemanha.

Empresa de Pesquisa Agropecuária de Santa Catarina - EMPASC

O programa da EMPASC é pequeno, constituído de avaliação e seleção de clones pré-selecionados no CNPFT. No momento, possuem uma dezena de clones em processo de avaliação final.

Instituto Agronômico de Campinas - IAC

Este programa foi iniciado em 1947 e lançou anteriormente a 1980, diversas cultivares, entre elas Aracy, Tebere, Yara, Piraquara, Itaiquara e Abaeté. Porém, estas cultivares não conseguiram grande penetração dentro do Estado de São Paulo, devido a falta de material básico para fornecimento aos produtores de batata semente. Atualmente o programa conta com um melhorista de batata em tempo integral e uma Estação Experimental com excelente estrutura física para condução de trabalhos de melhoramento de batata. O programa do IAC também conta com pesquisadores de áreas afins, como Virologia e Cultura de tecidos. Neste programa é feito somente um ciclo de seleção por ano. Em média cultivam 1 500 plântulas por ano na fase de uma planta por genótipo; embora não comecem novos ciclos de avaliação e seleção todos os anos.

Teoricamente, este programa pode ter uma população inicial de 8 000 a 10 000 plântulas por ano dada a estrutura física atual. Em 1986 este programa liberou duas novas cultivares: Apuá e Itararé, que apresentam potencial muito grande de aceitação comercial, dada as suas características superiores em relação às cultivares Aracy, Bintje e Achat.

Fitomejoramiento de la Papa en Chile

JOSE SANTOS ROJAS

Ing. Agr., Líder del Programa Nacional de Papa. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Estación Experimental Remehue, Chile.

INTRODUCCION

La productividad de la papa (*Solanum tuberosum* L.) se fundamenta en el potencial genético que poseen las variedades empleadas en la explotación del cultivo. Por esta razón, el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) de Chile desde su fundación ha tratado de incorporar al cultivo comercial nuevas y mejores variedades de papa.

En 1964 se creó el INIA, el que inmediatamente estableció un Programa de Papa que en 1968 introdujo al mercado nacional cuatro nuevas variedades: Desirée, Ultimus, Spartaan y Arka. Las dos primeras variedades continúan aún siendo las más importantes en el país. Luego, a mediados de la década del setenta, el INIA también introdujo los cultivares Cardinal y Mirka y a fines de esa misma década la variedad Kennebec. Como se puede apreciar, el programa de mejoramiento genético de papa del INIA ha basado su trabajo principalmente en la introducción de variedades foráneas. Este método ha tenido un éxito relativo, dado que se han introducido miles de genotipos vía asexual (líneas y variedades) para seleccionar algunos cultivares.

Estos cultivares no siempre reúnen los requisitos de buena adaptación ambiental, de mercado o de resistencia a las principales enfermedades y plagas que limitan la productividad del cultivo en las distintas zonas de producción. De ahí que el INIA, desde principios de la década del setenta, ha ido incrementando progresivamente los trabajos de cruzamientos y selección internos con el fin de obtener variedades nacionales. De este nuevo esfuerzo, en 1982 entrega al mercado nacional dos nuevas variedades de papa: Yagana-INIA y Fuegoquina-INIA. Este método de trabajo se ha robustecido a partir de 1980, en que el INIA se adjudicó el Proyecto Fitomejoramiento de la Papa, que licitará el Fondo Nacional de Investigación Agropecuaria (FIA) de Chile.

OBJETIVOS

El objetivo principal del actual Proyecto de Fitomejoramiento de Papa del INIA es obtener variedades de alto rendimiento, amplia adaptabilidad y buena calidad culinaria para consumo fresco.

Junto a este gran objetivo general, hay otros específicos:

1. Incorporar resistencia a las principales enfermedades y plagas que limitan la producción y su calidad en las diferentes zonas de producción (PLVR, PVY, Globodera rostochiensis, Phytophthora infestans, Phthorimaea operculella y otros).

2. Mejorar la adaptación de la papa a los diferentes ambientes y objetivos de producción. En Chile la papa se cultiva a lo largo de 1 500 km con una gama amplia de ambientes posibles. Por ejemplo, en la zona Centro-Norte (principalmente IV Región) se la cultiva durante todo el año y en parte de la zona Central (V, R.M. y VI Regiones) está ocurriendo un vuelco hacia la producción de "papa pelona", también en gran parte del año. Por lo tanto, en algunas de las estaciones de producción el cultivo crece en un ambiente poco propicio para su desarrollo, por lo menos con las variedades actualmente en uso.

Uno de los factores ambientales de mayor incidencia en este tipo de cultivo es el fotoperíodo, y es necesario obtener variedades mejor adaptadas a fotoperíodos cortos. De otro lado, al efectuar cultivos sucesivos, debe contarse con variedades de corto período de reposo. La falta de éstas es otra de las limitantes actuales para este tipo de cultivo.

3. Mejorar la calidad de la papa para sus diferentes usos. Se está dando mucha importancia a la obtención de genotipos de gran rendimiento y alto contenido de sólidos para lograr una mayor producción de alimentos por unidad de superficie. Desde el punto de vista industrial, al obtener variedades de alto contenido de sólidos mejoran las expectativas de lograr productos industriales (almidón, alcohol, harina, forraje seco para el ganado, etc.) a un costo competitivo con otras fuentes para obtención de los mismos.

4. Obtener materiales con buenas características para procesamiento (papa frita, hojuelas y otros). Se prevé un aumento importante en estos productos dada la necesidad de prolongar el almacenamiento, la calidad del alimento y, de otro lado, disminuir el elevado costo de transporte pues la papa tiene 75 a 80% de agua que se eliminaría en el procesamiento.

METODOLOGIA

El Proyecto Fitomejoramiento de la Papa del INIA actualmente en desarrollo utiliza como principal método de mejoramiento la creación de nuevos materiales mediante la recombinación de caracteres (hibridaciones). Es decir, se trata de sintetizar en un individuo aquellos factores importantes que se encuentran dispersos entre los progenitores (Tabla 1).

Tabla 1. Materiales genéticos generados por el Proyecto Fitomejoramiento de Papa del INIA (Chile) entre 1980 y 1987^a

Años	Número de genotipos de papa		Total
	Producción en macetas	Trasplante directamente a campo	
1980/81	1 550	-	1 550
1981/82	7 500	6 000	13 500
1982/83	14 900	4 300	19 200
1983/84	29 310	6 000	35 310
1984/85	20 819	3 030	23 879
1985/86	28 824	528	29 352
1986/87	29 302	2 992	32 394

^aEn el origen de estas familias intervienen mayormente variedades pertenecientes a Solanum tuberosum spp. tuberosum, pero también se utilizan como progenitores híbridos tuberosum x haploide tuberosum (2x polen 2n) e híbridos tetraploides derivados de cruzamientos 4x - 2x.

El esquema de organización general del programa indica el año de cada etapa generacional, el número de individuos multiplicados en cada etapa, el momento en que se inician las selecciones específicas y los ensayos de rendimiento y adaptación. De este modo es posible distinguir el grado de avance de los genotipos en el tiempo, desde las familias de primer año, pasando por los clones seleccionados, semiavanzados, hasta llegar a los selectos (Figura 1). De éstos, sólo los clones semiavanzados, avanzados y clones selectos se encuentran incluidos en ensayos, ya que corresponden a genotipos de más de cinco años.

Es muy importante notar que en el esquema se señala una conexión directa con un programa de certificación de tubérculos-semillas de las categorías prebásica, básica y certificada.

Para lograr los objetivos propuestos es necesario realizar una gran cantidad de cruzamientos con progenitores de amplia base genética, que permitan incorporar genes importantes presentes en otras especies. Con este fin se han mantenido contactos estrechos con el Centro Internacional de la Papa (CIP), que ha proporcionado gran cantidad de progenitores importantes. También se han obtenido materiales de otras instituciones (Max Planck Institute, RFA; Estación Experimental Fredericton, N.B., Canadá; Cornell University, U.S.A.; etc.).

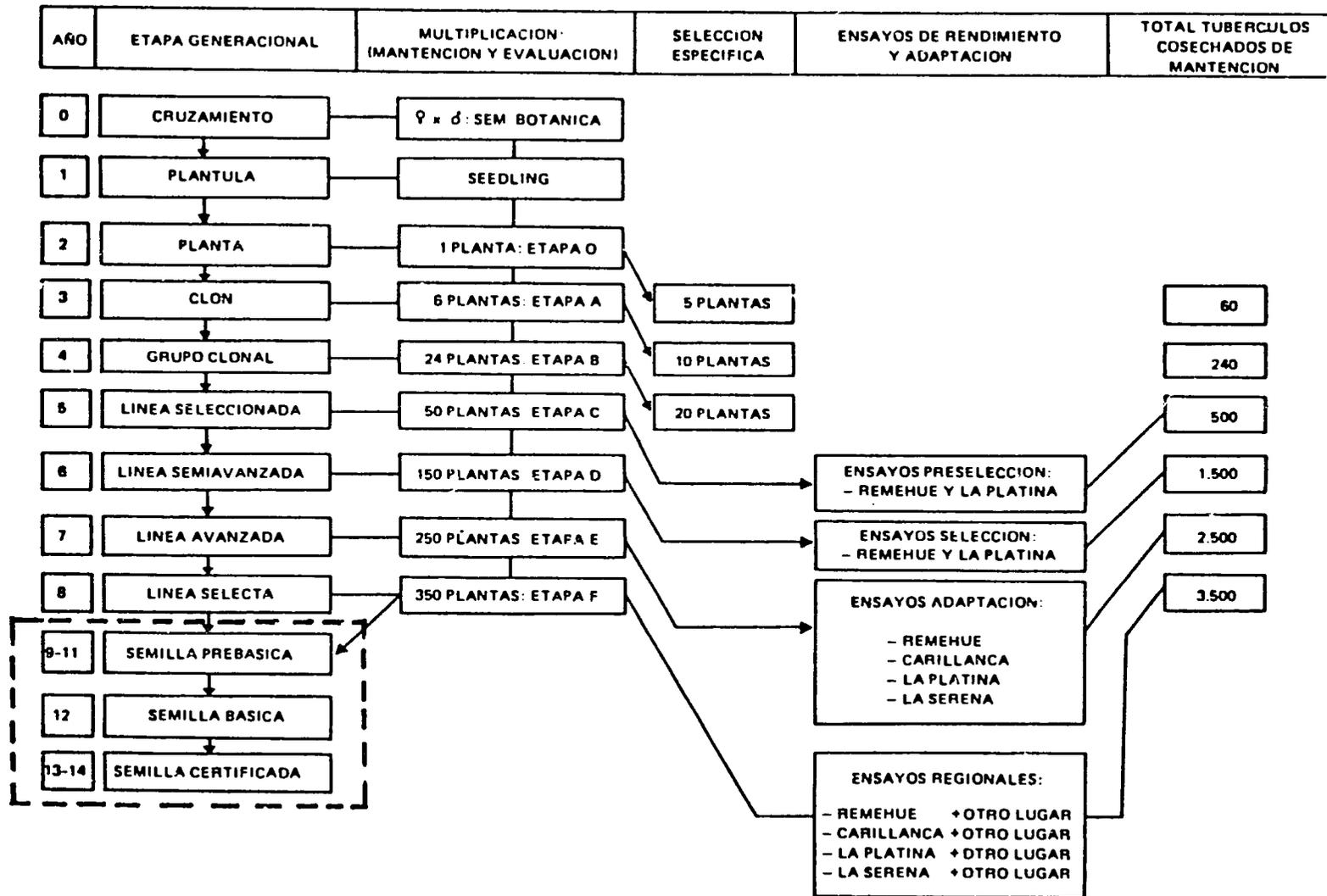


Figura 1. Esquema general del Proyecto de Fitomejoramiento de Papa del INIA (Chile)

El Proyecto de Fitomejoramiento de Papa del INIA tiene carácter nacional y las acciones se desarrollan a través de dos sedes principales: Remehue y La Platina.

Estación Experimental Remehue

La EER actúa como centro coordinador del proyecto. Su área de acción abarca desde la Región X hasta la Región VIII. Tiene a su cargo las labores de mejoramiento genético propiamente dicho (hibridaciones) y evaluaciones de rendimiento, adaptación y resistencia a los virus PLRV, PVX y PVY. Además, debe mantener y multiplicar existencias de tubérculos-semillas libre de virus de todos los clones generados por el proyecto. Luego, estos materiales son evaluados a lo largo del país (Tabla 2).

Tabla 2. Materiales genéticos de papa producidos, mantenidos y multiplicados en la Estación Experimental Remehue, INIA (Chile), durante la temporada 1986/87

Tipo de material	Plantado	Selección
1. Tubérculos de primera generación provenientes de semilla sexual producidos en maceta ^a .	29 402	29 402
2. Clones de la 1ª generación sembrados en campo.		
De tubérculos 1ª generación	28 824	206
Plántulas provenientes de semilla sexual trasplantados directamente al campo (TPS).	2 992	16
3. Clones experimentales multiplicadas en el campo		
Clones experimentales de 5 años	74	72
Clones experimentales de 5 años	277	136
4. Banco de Germoplasma		
Colección de variedades holandesas y alemanas ^a	45	45
Clones chilenos de papa UACH	285	246
Variedades y genotipos CIP	97	64
5. Clones de familias CIP		
Segregantes para día largo	280	82
Resistentes a virus, tizón y con precocidad	34	34
Total de genotipos manejados en macetas ^a	29 402	29 402
Total de clones/variedades manejadas en el campo	32 908	901
Total	62 310	30 303

^aMaterial no sujeto a selección.

Estación Experimental La Platina - INIA

Su área de acción abarca desde la Región IV hasta la VII. Es la encargada de efectuar evaluaciones de rendimiento y adaptación, de las líneas experimentales creadas o introducidas en Remehue. Además, es la encargada de evaluar la resistencia del material genético a enfermedades y plagas graves presentes en su área de acción. Entre las más importantes están el nematodo dorado (*Globodera rostochiensis*), el carbón de la papa (*Tecaphora solani*) y la polilla de la papa (*Phthorimaea operculella*) (Figura 2).

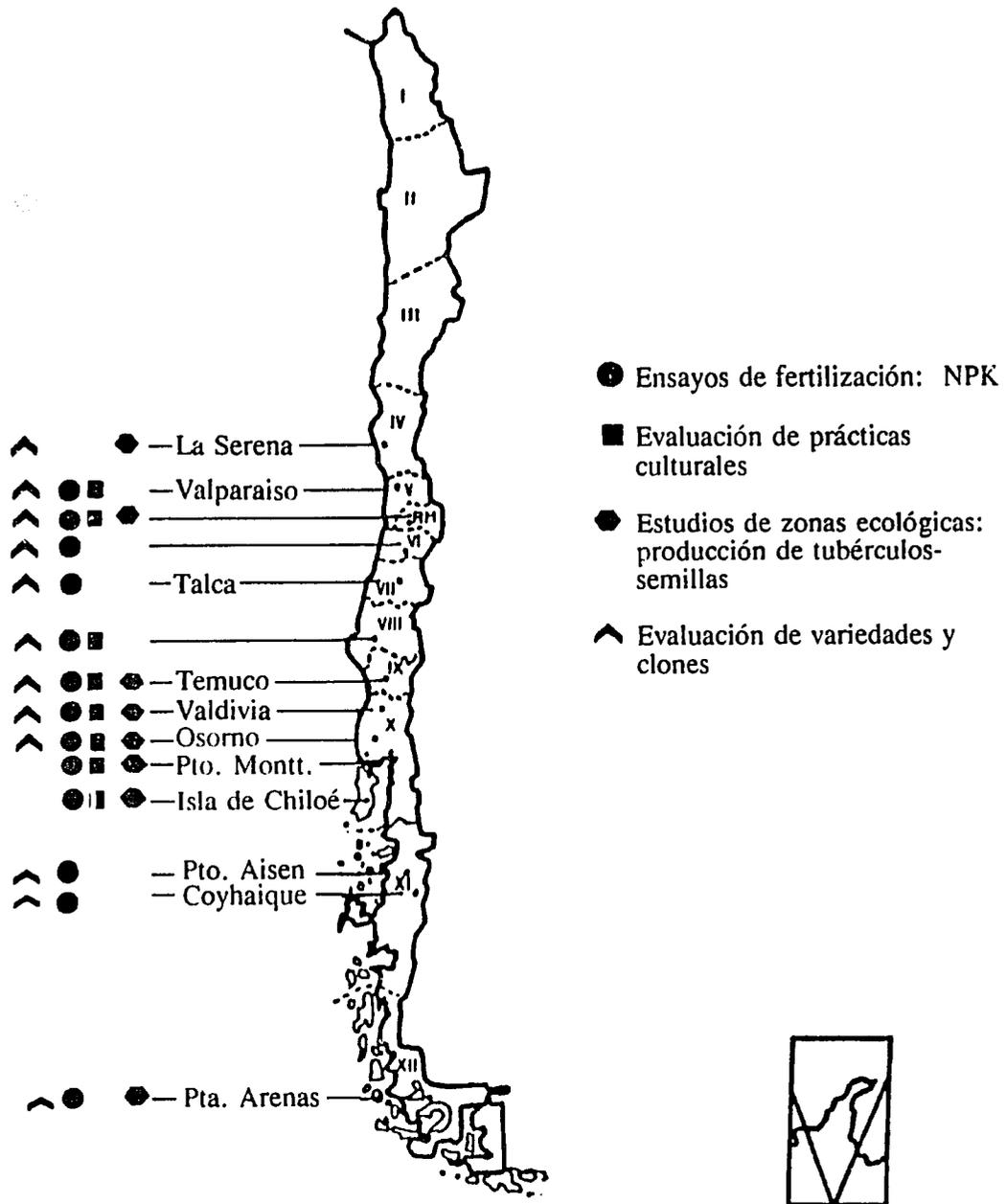


Figura 2. Regiones de Chile en las que el INIA evalúa variedades y clones de papa.

RESULTADOS Y PROYECCIONES

Introducción y evaluación de variedades y clones

Mediante este método el INIA incorporó al cultivo comercial las principales variedades que hoy se cultivan en el país (Tablas 3 y 4).

Hibridaciones y selección al nivel local

Este nuevo método, iniciado en la década del setenta y fortalecido a partir de 1980, permitieron entregar dos nuevos cultivares de papa en 1982: Yagana-INIA y Fueguina-INIA. La primera de ellas está adquiriendo progresiva importancia a nivel regional. En el presente año se piensa inscribir como nuevas variedades dos clones selectos: Remehue 8 (línea 2067), y Remehue 10 (línea R771.13).

De otro lado, es importante destacar que se tiene una serie de materiales genéticos muy promisorios, con características de progenitores muy deseables, como por ejemplo, alto rendimiento, alto contenido de materia seca, resistencia a enfermedades (Tablas 5, 6 y 7).

Se considera que Chile en el mediano y largo plazo estará produciendo variedades de papa mejoradas en forma regular. El Proyecto de Fitomejoramiento de Papa del INIA está uniendo los recursos humanos y las infraestructuras especializadas logradas, con un incremento sustancial en el número de hibridaciones y de genotipos producidos a partir de materiales de amplia base genética (Tabla 8).

Tabla 3. Variedades de papa más importantes del programa de certificación de semilla, año de introducción, país de origen, e institución introductora^a

Variedad	País de origen	Año de introducción	Introduccion
1. Pimpernel	Holanda	1959	SEGENTA Ltda.
2. Grata	Alemania	1959	SEGENTA Ltda.
3. Urgenta	Holanda	1959	SEGENTA Ltda.
4. Sevara	Chile	1959	SEGENTA Ltda.
5. Desirée	Holanda	1968	INIA - Chile
6. Ultimus	Holanda	1968	INIA - Chile
7. Arka	Holanda	1968	INIA - Chile
8. Spartaan	Holanda	1968	INIA - Chile
9. Bintje	Holanda	1976	INIA - Chile
10. Mirka	Checoslovaquia	1976	INIA - Chile
11. Cardinal	Holanda	1976	INIA - Chile
12. Kennebec	Estados Unidos	1979	INIA - Chile
13. Baraka	Holanda	1982	Semillas SZ
14. Yagana - INIA	Chile	1982	INIA - Chile
15. Romano	Holanda	1982	AGRICO/ANASAC
16. Corahila	Chile	1983	INIA - Chile

^aINIA/CIP: Estudio socioeconómico de la producción de tubérculo-semilla de categoría certificada en Chile: 1983/84.

Tabla 4. Superficie plantada con los principales cultivares de papa en certificación en Chile en el período 1978-1985

Variedades	Superficie promedia anual (ha)	(%)
1. Desirée	309	41,1
2. Ultimus	274	36,5
3. Cardinal	36	4,8
4. Grata	28	3,7
5. Bintje	20	2,7
6. Urgenta	16	2,1
7. Baraka	12	1,6
8. Kennebec	7	0,9
9. Pimpernel	6	0,8
10. Romano	5	0,7
11. Mirka	4	0,5
12. Otras	34	4,6

Unidad Técnica de Semillas, SAG, Ministerio de Agricultura, Chile.

Tabla 5. Rendimiento comercial y total (t/ha) por materiales genéticos de origen CIP, y testigos en ensayos de adaptación a días largos durante tres temporadas (1984/85, 1985/86 y 1986/87), INIA, Osorno, Chile.

Clones CIP y testigos	1984/85 Rendimiento		1985/86 Rendimiento		1986/87 Rendimiento		Promedio Rendimiento	
	Comercial	Total	Comercial	Total	Comercial	Total	Comercial	Total
381079.41	77,6	78,8	71,2	74,0	67,0	68,7	71,9	73,8
381132.200	63,7	65,1	71,2	71,6	62,4	65,0	65,8	67,2
381135.3	67,3	70,3	50,4	51,5	55,8	57,5	57,8	59,8
381117.66	47,5	48,5	60,4	60,6	53,5	54,9	53,8	54,7
381132.63	64,9	70,3	61,9	65,5	51,0	55,0	59,3	63,6
380554.125	61,3	62,2	58,9	61,9	51,0	56,7	57,1	60,3
38114.202	69,4	70,7	75,2	75,5	50,7	52,1	65,1	66,1
381132.21	69,7	71,1	75,6	77,4	35,9	29,9	60,4	62,8
381110.12	41,0	45,3	59,7	70,4	27,0	35,9	42,6	50,5
Mirka	46,8	49,3	46,7	48,9	50,6	52,1	48,0	50,1
Yagana	42,7	44,4	52,2	55,3	40,5	44,7	45,1	48,1
Ultimus	41,2	44,4	59,0	64,1	46,5	49,9	48,9	52,8
Desirée	40,2	41,2	32,6	33,0	45,3	46,3	39,4	40,2

Tabla 6. Rendimiento en materia seca (t/ha), contenido de sólidos (%), peso específico y rendimiento fresco total (t/ha) de clones con alto contenido de sólidos, con posibilidades de utilización forrajera o industrial. INIA-Osorno, Chile

Clones	Materia seca (t/ha)	Índice comportamiento para materia seca	Sólidos totales (%)	Peso específico	Rendimiento total fresco (t/ha)	Índice de comportamiento para rendimiento total fresco
830	15,2 a	100,0	31,6	---	46,5 a	30,8
828	12,7 b	69,2	28,9	1.116	41,6 abc	7,7
C1683	11,4 bc	38,5	26,6	1.105	43,0 abc	7,7
C1256	12,2 bc	38,5	24,3	1.094	42,3 abc	7,7
634	10,8 bcd	23,1	28,0	1.111	39,0 abcd	0,0
R7816.1	10,6 cd	23,1	24,0	1.092	41,4 abc	7,7
Pimpemel	10,3 cd	23,1	30,8	---	35,5 cd	0,0
78212.8	10,1 cd	23,1	23,3	1.089	44,0 ab	23,1
Spartaan 161	9,3 cde	7,7	26,9	1.106	34,8 bcd	0,0
78220.1	8,8 de	7,7	23,7	1.091	42,7 abc	7,7
Remehue 9	8,7 de	7,7	20,1	1.073	43,4 ab	23,1
R776.2	7,9 ef	0,0	25,7	1.100	33,6 cd	0,0
C750	7,6 ef	0,0	20,8	1.077	37,0 abcd	0,0
364	6,6 f	0,0	23,1	1.088	31,9 d	0,0
Desviación estándar	0,64				2,87	
Coficiente de var. (%)	11,09				12,57	

Los valores seguidos de letras iguales no difieren estadísticamente entre sí. Duncan $p = 0,05$.

Tabla 7. Resultado de las inoculaciones in vitro de raicillas de papa con larvas de Globodera rostochiensis. INIA-La Platina, Santiago, Chile

Clon o cultivar	Placas por cultivar	No. de raíces inoc.	No. de inoc. por cv.	No. de larvas inoc.	No. de quistes formados	% de susceptibilidad
Desirée	3	7	32	160	67	41,9
Ultimus	7	15	64	320	164	51,3
Norland	7	16	60	300	119	39,6
Remehue 8	6	13	51	255	130	50,9
78212-8	11	21	78	390	167	42,8
R 771-6	2	4	17	85	33	38,8
Mirka	7	14	50	250	108	43,2
Serrana	8	23	91	455	215	47,2
BL 2-2	2	3	11	55	11	20,0
364	3	6	13	65	13	20,0
R 771-3	1	4	20	100	43	43,0
Cardinal	3	8	24	120	0	0,0
2703	8	13	29	145	2	1,4
Altena	7	11	35	175	0	0,0
38	6	12	46	230	0	0,0
Remehue 9	7	16	59	295	0	0,0
904	11	21	53	265	0	0,0
318	6	10	23	115	0	0,0
1739	4	8	20	100	2	2,0
R 82140-2	1	2	7	35	3	8,6
1138	3	6	6	30	0	0,0
2164	3	8	31	155	0	10,0
Herta	2	8	20	100	0	0,0

Tabla 8. Materiales genéticos generados por el Proyecto de Mejoramiento de Papa del INIA (Chile) y Proyección^a

Temporada	No. de cruzamientos	Número de plántulas	
		Sembradas	Cosechadas
1982/1983	106	43 000	19 200
1983/1984	104	80 000	35 310
1984/1985	102	54 000	23 879
1985/1986	101	55 000	29 352
1986/1987	94	87 000	39 833
1987/1988	96	100 000	45 000
1988/1989	500	120 000	60 000
1989/1990	800	170 000	85 000
1990/1991	1 000	200 000	100 000

^aProyecto Fitomejoramiento de Papa, INIA, 1987.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- INIA - CHILE. 1987. Fitomejoramiento de Papa. VII Informe Anual. Ministerio de Agricultura. 125 p.
- INIA - CHILE. 1981. Fitomejoramiento de la Papa. Documento de Oferta a Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias. 49 p.
- INIA - CHILE. 1980. Estudio de Fitomejoramiento en Papa en la X Región. Convenio ODEPLAN/SERPLAC/INIA. 3 p.
- INIA - CIP. 1988. Estudio Agroecómico de la Producción y uso de la Semilla Certificada de Papa en Chile.
- INIA - CIP. 1987. Proyectos Cooperativos INIA/CIP, Informe Final Temporada 1986/1987. 70 p.
- KALAZICH, J. 1983. Programa de Fitomejoramiento de Papa del INIA. IPA Remehue No. 2. p. 30-32.

- KALAZICH, J. 1982. Yagana-INIA y Fueguina INIA. Dos nuevas variedades de papa de Alto Rendimiento y Calidad. IPA Remehue No. 1. p. 3-6.
- MONARES, A. et al. 1987. Proyecto Fito-mejoramiento de Papa del INIA. IPA Remehue No. 7. p. 17-19.
- SANTOS ROJAS, J. 1987. Efecto de las Investigaciones por Convenios sobre las Actividades de Planificación y Programación del INIA. Documento presentado al II Comité de Planificación del INIA y Reunión de Líderes de Programa. INIA, Santiago.

Mejoramiento Poblacional: Una Estrategia para la Utilización del Germoplasma de Papa Cultivada Primitiva y Especies Silvestres

HUMBERTO A. MENDOZA

Ph.D., Genetista Principal y Jefe del Departamento de Mejoramiento y Genética. Centro Internacional de la Papa (CIP). Lima, Perú.

INTRODUCCION

La papa, Solanum tuberosum L., es uno de los cultivos alimenticios más valiosos para la humanidad. Con un área sembrada total mundial de 22 000 000 de hectáreas y una producción total de 290 000 000 de toneladas por año, la papa ocupa el cuarto lugar después de los cereales como el arroz, el trigo y el maíz. La papa es cultivada en 130 países, situados entre las latitudes de 50°N y 50°S y altitudes que van de 0 a 4000 metros, donde habitan tres cuartas partes de la población mundial. Por lo tanto, el número de estreses bióticos y abióticos, limitantes del rendimiento, encontrados en tal diversidad de nichos ecológicos, es muy importante. El nivel de productividad variará concomitante y significativamente en función de las condiciones climáticas y de la cantidad, calidad con que los insumos de producción sean provistos para el cultivo (Mendoza y Sawyer, 1985).

Mendoza (1985), hizo un análisis de los factores limitantes del rendimiento que se presentan más frecuentemente y sus efectos en el comportamiento de las variedades de papa más importantes. Parece claro que los altos rendimientos son obtenidos solamente con aplicaciones de insumos muy costosos, v.gr. semilla de alta calidad de variedades seleccionadas, fertilizantes en dosis altas, uso constante de pesticidas y tecnología avanzada en la agricultura. Cuando estos insumos de alto costo son aplicados en niveles subóptimos o están ausentes, las variedades más importantes muestran su falta de versatilidad y sus rendimientos podrán disminuir dramáticamente. Como una ilustración, en el período 1981-1982, el rendimiento en t/ha en varias regiones del mundo fue: Norteamérica (29,1), Oceanía (25,4), Europa Occidental (22,8), Europa Oriental y la URSS (12,3), África (7,1), América Latina (10,5), Cercano Oriente (15,5), y Lejano Oriente (12,0) (Centro Internacional de la Papa, 1984). Aunque estos datos son genéricos, permiten establecer una comparación de rendimientos entre Europa Occidental, el mayor proveedor de tubérculo-semilla de papa, y conjuntos de países de Asia, África, y América Latina. Esto es posible, pues la base genética para la comparación, con muy pocas excepciones, es la misma: variedades tuberosum mejoradas y seleccionadas bajo las condiciones climáticas favorables al cultivo de la papa en Europa Occidental. La tecnología agrícola en Europa Occidental es superior y las condiciones climáticas, en general, más suaves. Esto explica parte de la diferencia. La otra parte es explicada por la vulnerabilidad de las variedades cultivadas bajo condiciones ecológicas de estreses bióticos y abióticos para los cuales nunca fueron seleccionadas.

El género Solanum, entre sus especies cultivadas primitivas y silvestres, contiene un inmenso reservorio de variabilidad genética. No obstante, es posible postular, según

información histórica y genealogía disponible de las variedades lanzadas de S. tuberosum spp. tuberosum en los últimos cien años, que ni aun el 1% de esta riqueza en recursos genéticos se ha utilizado en el mejoramiento de las variedades de papa tan ampliamente diseminadas en mundo entero. Los mejoradores de los países templados han sido a menudo disuadidos por la tardía madurez de los híbridos entre su material tuberosum y frente a las especies foráneas adaptadas a días cortos.

Además de la tardía madurez, otros factores de disuación han sido las características pobres de la planta y los tubérculos y la extrema susceptibilidad a algunas enfermedades. Finalmente, las barreras de cruzamiento, determinadas por diferencias en los niveles de ploidía o incompatibilidades, han creado a menudo dificultades para el éxito en hacer las transferencias. Estas se han realizado aunque no en una forma sistemática, para utilizar algunas especies cultivadas primitivas, v.gr. S. tuberosum spp. andigena principalmente por su resistencia al nematodo dorado y a la verruga. Del mismo modo, se han utilizado contados progenitores silvestres v.gr. S. demissum por sus genes mayores de resistencia vertical al tizón tardío, S. acaule, por su inmunidad al PVX y S. stoloniferum por inmunidad al PVY, etc.

De la utilización tan restringida de especies foráneas no se podría haber esperado ninguna contribución significativa para la ampliación de la variabilidad genética de S. tuberosum spp. tuberosum. Esto es debido a que los cruzamientos originales a las especies foráneas fueron seguidos de varios retrocruzamientos al progenitor recurrente tuberosum. Ulteriormente, el sistema de mejoramiento genealógico continuó utilizando de una manera repetitiva un número limitado de algunos progenitores consanguíneos, produciéndose un incremento, con muy pocas excepciones, de las relaciones de consanguinidad y endocria de las variedades lanzadas más resistentes.

Esta es una de las razones (en adición a la muestra muy pequeña de S. tuberosum spp. andigena, originalmente introducida en Europa) por las que varios autores han discutido la base genética estrecha y la vulnerabilidad de S. tuberosum spp. tuberosum (Simmonds, 1969; Howard, 1970; Mendoza y Haynes, 1974; Gledinning, 1985; y Mendoza y Sawyer, 1985).

Afortunadamente la percepción de unos pocos científicos en norteamérica y Europa acerca de la seriedad del problema creado por la reducida variabilidad genética, estimuló el interés en la intensificación y utilización de las especies cultivadas primitivas y silvestres relacionadas a S. tuberosum spp. tuberosum. Además, en esta oportunidad y diferentemente de los esfuerzos iniciales, la estrategia prevista fue sistemática y con énfasis en el mejoramiento de la adaptación de las especies foráneas, antes de su utilización en un proceso de hibridación con las variedades comercialmente cultivadas en norteamérica y Europa. Estos programas de adaptación estuvieron orientados a mejorar la tuberización bajo condiciones de días largos, de las especies foráneas adaptadas a días cortos. Asimismo, se consideró mejorar las características del tubérculo, mejorar la precocidad, y buscar resistencia a los más importantes enemigos de la papa prevalentes en los suelos de las zonas templadas del hemisferio norte, v.gr. nematodo dorado, verruga, roña, marchitez por Verticillium, tizón temprano, PVY, etc. Como resultado de este trabajo de los últimos 25 años para mejorar las especies foráneas, se ha reducido considerablemente la distancia genética que las separaba de las formas comercialmente cultivadas. Estas poblaciones han sido ensambladas utilizando diferentes especies, y asimismo, siguiendo diferentes estrategias según las metas y necesidades de las instituciones que llevaron a cabo el trabajo.

En adición a los trabajos ya mencionados, el momento más brillante fue en 1972, cuando se tomó la decisión de realizar un trabajo serio, sistemático y de gran envergadura, para profundizar la utilización de los recursos genéticos del género Solanum en beneficio de la humanidad. En ese año fue creado el Centro Internacional de la Papa (CIP). El CIP forma parte de una red de Centros de Investigación Internacional (IARC) fundada con el Grupo Consultivo Internacional para la Investigación en Agricultura (CGIAR), el cual tiene la misión de ayudar a incrementar la producción de alimentos en el mundo. El mandato específico del CIP, incluye colaborar para el incremento de la productividad de la papa y una de las rutas más importantes para hacerlo es obteniendo y promoviendo la obtención de nuevas variedades de acuerdo con las necesidades de las naciones del tercer mundo. Estas variedades deberán tener la suficiente rusticidad para producir rendimientos adecuados en áreas geográficas donde la utilización de tecnología avanzada de producción es la excepción más bien que la regla. Estas variedades deberán asimismo, ser suficientemente productivas bajo condiciones severas de ataque de enfermedades y plagas y donde los factores climáticos adversos podrían ser limitantes. La única vía posible para obtener esta suerte de ilusión, es hacer un esfuerzo concertado para buscar dentro de los amplios recursos genéticos de Solanum, los genes de resistencia y tolerancia e introducirlos dentro de nuevas variedades de alto rendimiento.

En el presente artículo se hace una revisión de los resultados más significativos obtenidos por los diversos programas involucrados en el mejoramiento del germoplasma de papa. Es muy alentador poder decir que estos esfuerzos no están aislados. Existe una colaboración considerable y los beneficios potenciales no están concebidos para solamente servir a los países donde se lleva a cabo el trabajo, sino que van más allá de sus fronteras para servir a cualquier nación que los requiera.

DESARROLLO DE POBLACIONES DIPLOIDES DE PAPAS CULTIVADAS PRIMITIVAS

En 1966, la Universidad del Estado de Carolina del Norte, EE. UU. inició investigaciones conducentes al mejoramiento de especies diploides S. phureja y S. stenotomun (Haynes, 1972). Los objetivos iniciales de este esfuerzo fueron:

1. Aislar e identificar los clones diploides superiores para su uso directo en áreas altas y bajas de la zona tórrida.

2. Estudiar la adaptación de las especies andinas diploides de Solanum a las zonas templadas como fuentes potenciales de nuevo germoplasma para explotación comercial. Inicialmente este programa fue conformado de 25 progenies de S. phureja y 11 progenies de S. stenotomun. Anualmente se fueron añadiendo nuevas progenies. Esta población fue sometida a dos tipos de selección: selección masal y selección genealógica. Bajo el esquema de selección masal son mantenidas anualmente dos poblaciones: la primera es una población segregante de plántulas y la segunda es una población de clones seleccionados. La identificación genealógica se mantiene sea por el progenitor femenino o sobre la base de progenie, suficiente para asegurar que los clones seleccionados provengan de un amplio espectro de progenies. La selección, llevada a cabo durante el fin del verano, es hecha sobre la base de la respuesta al fotoperíodo, el tipo de follaje y sobre el comportamiento ante la infección de enfermedades del follaje. Durante la cosecha, la selección estuvo inicialmente basada en la producción, tamaño, tersura y forma del

tubérculo. Posteriormente, se añadió la calidad del tubérculo como criterio importante dentro del proceso de selección.

Bajo el esquema de selección genealógica se realizaron cruzamientos controlados entre individuos seleccionados dentro de la población clonal. Después de la evaluación de las familias segregantes que resultaron de esos cruzamientos, se realizaron selecciones y ulteriores cruzamientos controlados. Los criterios de selección fueron los mismos que se aplicaron en el esquema de selección masal.

En los pasos iniciales del desarrollo de estas poblaciones se determinó que S. phureja contenía abundante variabilidad para longitud crítica del día (Mendoza y Haynes, 1976). Los estudios sobre reposo de tubérculos mostraron un componente importante de varianza genética aditiva para el control de esta característica. Asimismo, se obtuvo un estimado para heredabilidad en el sentido restringido de $h = 0.73$. Este estimado indica que se podría esperar un progreso significativo en cambiar la media de la duración del reposo del tubérculo por la aplicación de la selección masal simple (Thompson et al., 1980). La selección para contenido elevado de materia seca fue iniciada en 1973. Se obtuvieron estimados de la heredabilidad en sentido restringido, con un valor promedio de $h = 0.428$ (Ruttencutter et al., 1979). Dentro de estas poblaciones se han identificado clones con valores de gravedad específica tan altos como 1.147 y 1.56.

También se llevaron a cabo estudios de tolerancia al calor medidos por medio de la supervivencia, tuberización y rendimiento bajo condiciones de campo. La supervivencia se incrementó 3%: de 89% en la generación no seleccionada a 92% en la generación seleccionada. La tuberización se incrementó de 17% en la no seleccionada a 32%, en la seleccionada, y el rendimiento promedio por planta se incrementó 38% (Haynes, 1980). Los estudios sobre resistencia al tizón temprano (Alternaria solani) iniciados en 1980, indicaron que dentro de la población existían genotipos con un alto nivel de resistencia de campo, aunque en frecuencias relativamente bajas. En estudios genéticos ulteriores se determinó un estimado de heredabilidad en sentido restringido de $h = 0.825$ (Herriot et al., 1986).

Es importante mencionar que se ha encontrado una alta frecuencia de genotipos que producen gametos no reducidos, lo cual facilita la transferencia de este germoplasma valioso por medio de cruzamientos 4x-2x. Asimismo, dentro de esta población han sido identificados clones con alto nivel de resistencia a Erwinia spp.

En resumen, estas poblaciones constituyen una nueva fuente de variabilidad genética para rendimiento y contenido de materia seca. Además, su valor para el mejoramiento es aún más significativo por la selección de tolerancia a factores abióticos adversos (calor) y resistencia a enfermedades, v.gr. tizón temprano y pierna negra y pudrición blanda producidas por Erwinia spp.

DESARROLLO DE POBLACIONES TETRAPLOIDES DE PAPAS CULTIVADAS PRIMITIVAS

El uso de S. tuberosum spp. andigena, en los programas de mejoramiento de los países situados en latitudes de zonas templadas o templadas, ha estado caracterizado por la producción de progenies híbridas, tuberosum-andigena, con características fenotípicas

negativas. Estas son: maduración muy tardía, gran número de tubérculos de tamaño pequeño y a menudo con colores inaceptables, y forma de tubérculo irregular, ojos profundos, susceptibilidad a tizón tardío, etc. Estas características difíciles de mejorar desalentaron a los mejoradores para la utilización de recursos genéticos valiosos contenidos en este importante grupo taxonómico.

En los últimos 25 años se ha venido realizando un gran esfuerzo que aún está vigente para adaptar la papa andígena a condiciones de día largo y utilizar su variabilidad genética en el mejoramiento varietal. Los trabajos con este propósito se iniciaron en 1959-1960 (Simmonds, 1964a) con la formación de un pool ("pool") de genes de *S. tuberosum* spp. andígena cuyo origen geográfico aproximado fue el siguiente: 45% de Bolivia, 35% del Sur del Perú, 10% del Norte del Perú y 10% de Colombia. En la primera selección se retuvieron plantas de 55 de las 249 progenies cultivadas en 1959-1960. A continuación se aplicó un esquema de selección masal durante tres generaciones y hacia 1966 el énfasis inicial para seleccionar por tuberización y rendimiento comenzó a ser cambiado por los criterios de madurez y tamaño, forma y color del tubérculo (Simmonds, 1966). Asimismo, se encontró que después de tres generaciones sexuales con respecto de sus ancestros sudamericanos, el grupo andígena o neotuberosum alcanzó un nivel aceptable de resistencia a tizón tardío y superior a aquél de *tuberosum* (Simmonds y Malcomson, 1967). Estos resultados mostraron que el germoplasma de andígena respondía alentadoramente a la selección por adaptación a fotoperíodos más largos que los de su centro de origen.

En 1965, en la Universidad de Cornell se inició un programa paralelo de selección por adaptación a días largos sobre la base de una muestra de materiales proporcionado por N. W. Simmonds e introducciones hechas de Sudamérica. En adición a la resistencia al tizón tardío se encontraron niveles promisorios de resistencia a marchitez por Verticillium y a Streptomyces scabies.

Esta población ha pasado por siete ciclos de selección y finalmente se parece más al tipo *tuberosum* que a su ancestro. En consecuencia la denominación de neotuberosum no es tan presuntuosa. Los puntos más conspicuos en el desarrollo de esta población son los siguientes:

1. El segundo, tercer y cuarto ciclos de selección estuvieron basados en semillas de polinización libre. El primero, quinto y demás ciclos posteriores fueron obtenidos por entrecruzamientos controlados utilizando mezclas de polen.

2. El tamaño efectivo de la población es probablemente entre 25 y 50.

3. El número de clones evaluados en cada ciclo aumentó de 631 en el primer ciclo a 36 000 en el séptimo.

4. En los primeros cinco ciclos la intensidad de selección estuvo cerca de 5%, pero en los dos últimos ciclos ha sido menor de 1%.

El progreso alcanzado en el porcentaje de tuberización, particularmente 75 días después del trasplante, fue sobresaliente, variando desde 8% en el ciclo 0 hasta 93% en el ciclo 6. El incremento en el rendimiento promedio por planta del ciclo 0 al ciclo 6 fue asimismo altamente significativo, más del doble, dependiendo del año en que se realizó la evaluación. El peso promedio por tubérculo también se incrementó significativamente del ciclo 0 al 6, variando desde 55% hasta 239%, dependiendo del año. Otro logro importante en esta población es la resistencia a virus, tizón tardío y verruga. En las

selecciones del séptimo ciclo, 86% de los clones fueron resistentes a PVY y 77% a PVX. Una muestra de 22 clones probados para verruga resultó resistente. Nueve clones de 59 evaluados para resistencia a tizón tardío tuvieron lecturas de 4 ó menos. Dos clones tuvieron resistencia a marchitez bacteriana, PVY, PVX, y resistencia a tizón tardío. Una nueva subpoblación combinó calidad del tubérculo, tolerancia al calor, y resistencia a marchitez bacteriana, tizón tardío, PVY, PVX, PLRV y nematodo del nudo. La resistencia a marchitez bacteriana fue introducida del material S. phureja de Wisconsin y al nematodo del nudo del material S. phureja, S. sparsipilum y S. chacoense del CIP. Se está creando otra subpoblación neotuberosum utilizando la especie diploide S. berthaultii, la cual posee tricomas glandulares que confieren resistencia a áfidos, cigarritas y ácaros.

Los híbridos entre tuberosum y neotuberosum rindieron más que los híbridos entre los progenitores tuberosum y que la variedad Katahdin. Como un éxito práctico de este desarrollo poblacional, se ha lanzado una nueva variedad en los EE. UU., a la que se ha denominado Rosa y corresponde al clon NY-61, un híbrido tbr x adg (Plaisted, 1980). Los clones LT-2 y LT-4 seleccionados por el CIP son derivados de estas poblaciones.

El programa de mejoramiento de papa de "Agricultura Canadá" ha desarrollado un programa para adaptar S. tuberosum spp. andígena a las latitudes canadienses, utilizando métodos de selección masal. Tarn y Tai (1977), reportaron resultados sobre la utilización de materiales andígena (A) y tuberosum (T). Ellos generaron cuatro poblaciones TT, AA, TA y AT. Comparaciones entre los AT vs TT y TA vs TT mostraron incrementos altamente significativos en vigor de planta, número de tubérculos, y rendimiento total para los híbridos intergrupales, pero reducción en peso promedio del tubérculo. Los contrastes AT vs AA y TA vs AA mostraron una disminución en vigor de planta y número de tubérculos y un incremento en el peso promedio de tubérculo y rendimiento total. Los híbridos intergrupales TA y AT superaron en rendimiento a la población TT por 21.4%. Estas respuestas heteróticas se comparan bien con el 52% reportado por J. Innes Institute, (1966), 13% reportado por Gedinning, 1969, y 15% por Cubillos y Plaisted (1976). Tarn y Tai (1977), postularon que la heterosis obtenida en los híbridos intergrupales fue debida a la interacción multiplicativa de dos componentes de rendimiento: número de tubérculos y peso promedio de tubérculos. Ellos asimismo, destacan que para obtener efectos heteróticos significativos, es importante utilizar materiales localmente adaptados, seleccionados del germoplasma primitivo. En estudios posteriores, Tarn y Tai (1983), reportaron un incremento de 14.4% en rendimiento de tubérculo de los híbridos TA vs TT. No obstante, las familias TA fueron de madurez tardía, estolones más persistentes y un gran número de tubérculos pequeños. Asimismo, fueron de destacar el comportamiento pobre en peso promedio del tubérculo, el rendimiento comercial y el rendimiento total de las familias TT en relación a sus progenitores.

DESARROLLO DE POBLACIONES SILVESTRES DE PAPA UTILIZANDO APAREAMIENTOS INTERPLOIDICOS Y ESPECIES SILVESTRES DE SOLANUM

Estas poblaciones están siendo desarrolladas haciendo uso de especies diploides, haploides y gametos 2n. Los componentes necesarios para desarrollar estas poblaciones son: las que proveen la fuente de diversidad genética, haploides de tuberosum y andígena que proveen un método para capturar la diversidad genética y gametos 2n que son una vía efectiva y eficiente para transmitir la diversidad genética. La diversidad genética es

utilizada para incluir características cualitativas y cuantitativas y la variación alélica necesaria para una máxima heterocigosidad (Peloquin, 1982). El mismo autor propuso tres esquemas básicos de mejoramiento que en orden de sus probabilidades de éxito en el tiempo y basados en los resultados de investigación son: 1) Poliploidización sexual unilateral, basado en los cruzamientos $4x-2x$, 2) Poliploidización sexual bilateral, cual involucra la síntesis de híbridos $4x$ de cruzamientos $2x-2x$, y 3) Poliploidización sexual unilateral basada en los cruzamientos $2x-4x$. Este es el recíproco del esquema 1. Al momento, el esquema más exitoso ha sido la utilización de cruzamientos $4x-2x$, por la alta frecuencia de formación de polen $2n$ por Restitución de la Primera División (RPD) encontrado en muchas especies diploides. Los gametos $2n$ RPD transmiten a la progenie cerca de 80% de la heterocigosidad del progenitor. Este esquema ha producido híbridos $4x$ con altos rendimientos a partir de cruzamientos de hembras *tuberosum* x (diploides *tuberosum* x *phureja*). Estos híbridos sobrepasaron significativamente a los progenitores hembras tanto como a los híbridos *tuberosum* (De Jong et al., 1981; Mendiburu y Peloquin, 1971; y Mok y Peloquin, 1975).

UTILIZACION DE LAS ESPECIES SILVESTRES MEXICANAS

Las especies silvestres mexicanas de *Solanum* forman un grupo que es alopático a las especies de Sudamérica. Este germoplasma es valioso por contener genes de resistencia a muchos enemigos de la papa tizón tardío, marchitez bacteriana, PVX y PVY, nematodos del nudo, pulgón verde del durazno, cigarritas y escarabajos. No obstante, la utilización de estas importantes fuentes de variabilidad genética es bastante difícil, especialmente los diploides, por las rígidas barreras de cruzamiento con otras especies. En consecuencia se necesita realizar un gran esfuerzo de investigación para remover o circunvalar los problemas de cruzabilidad. Todo este trabajo es conducido en la Universidad Agrícola en Wageningen, Holanda por Hermsem y su grupo (Hermsem, 1980).

Hermsem (1980), reportó la utilización de *S. acaule* y *S. phureja* como especies puente en cruzamientos entre *S. bulbocastanum* (blb) y *S. tuberosum* (tbr). Este proceso condujo a la formación de los clones ABPT que fueron retrocruzados a las variedades, produciendo progenies altamente resistentes al tizón tardío. Algunas selecciones de dichas progenies tuvieron un alto rendimiento y alta resistencia al tizón tardío en evaluaciones de campo en México, bajo condiciones de presión extrema del hongo.

El mismo autor reportó una vía alternativa más exitosa para la utilización del germoplasma mexicano. Los híbridos entre haploides de *tuberosum* *S. verrucosum* (*verrucosum* = *ver*) fueron retrocruzados a "ver" y luego sometidos a un doblamiento cromosómico usando colchicina para obtener ($4x-TV3$). Se obtuvo gran número de híbridos cruzando $4x-TV3$ x $4x$ -*bulbocastanum*, que fueron cruzados exitosamente con las siguientes especies silvestres de la serie *Longipedicellata*: *S. stoloniferum* (sto), *S. polytrichon* (plt), y *S. fendleri* (fen). Estos híbridos tienen entre sus progenitores tres especies con alto nivel de resistencia al tizón tardío (blb, ver y sto o plt). Se han encontrado dos especies con resistencia bien determinada a plagas (blb y sto) y con inmunidad a PVY (sto y plt) y genes de resistencia a PVY (blb). Estos híbridos tienen citoplasma tbr y cerca de 3% de genes de tbr. Aparte de blb, todas las otras especies cruzan bien con tbr. Por lo tanto, se espera un nivel regular de cruzabilidad del valioso complejo (($4x-TV3$ x $4x$ -blb) x ($4x$ -sto)) con diploides que produzcan polen no reducido (FDR) o con cultivares tbr.

Otra línea de investigación importante es la utilización de especies no tuberíferas de la serie Etuberosa: S. etuberosum (etb), S. brevidens (brd), y S. fernandezianum (fm), las cuales tienen resistencia a PLRV, PVY y heladas. A pesar de ser no tuberíferas, estas especies tienen un valor inapreciable y se las ha cruzado con S. pinnatisectum (pnt). Los híbridos estériles resultantes de estos cruzamientos han sido doblados cromosómicamente por cultivo de tejidos. Datos disponibles de etb x pnt (EP) doblados indican que son fértiles y se ha realizado exitosamente un gran número de cruzamientos a tbr y a otras especies híbridas. Todo lo antes expuesto indica que este germoplasma ha sido incorporado y está listo para su utilización en el trabajo aplicado de mejoramiento.

MEJORAMIENTO POBLACIONAL EN EL CENTRO INTERNACIONAL DE LA PAPA

El trabajo de mejoramiento en el CIP comenzó en 1974 sobre una base inicial de germoplasma formado por: a) una muestra de 20 especies silvestres seleccionadas por sus factores de resistencia, b) una colección de 8 200 entradas cultivadas primitivas de la colección mundial de papa, y c) una muestra de 450 clones tuberosum derivados de varios orígenes (Mendoza, 1980). Desde entonces, han tenido lugar varias adiciones de germoplasma.

El pul de genes del género Solanum podría ser considerado como un universo de genes contenido tanto en especies cultivadas primitivas como en silvestres. Se asume que este pul contiene genes valiosos para adaptación, rendimiento per se, y resistencias a plagas, enfermedades y estreses abióticos (Mendoza y Estrada, 1977). Durante la evolución, habría tenido lugar la introgresión entre especies, y existe evidencia de que tal introgresión está ocurriendo aún, aunque en ciertas ocasiones el aislamiento geográfico ha evitado el flujo génico. Se considera que las especies que habitan ciertas áreas geográficas tienen sus genes valiosos aún confinados. Como ejemplos se puede citar el caso de las especies mexicanas y sudamericanas discutidas previamente. Las incompatibilidades y otras barreras rígidas de cruzamiento, especialmente entre especies que pertenecen a diferentes series taxonómicas, han limitado indudablemente la introgresión. A pesar de la presencia de gametos no reducidos en las especies diploides, las diferencias de ploidía podrán, asimismo, haber limitado en cierta medida el flujo génico entre especies diploides y tetraploides. Por estas razones es altamente improbable que las combinaciones genéticas deseables sean encontradas en el estado nativo de la especie. Particularmente, este sería el caso de los genes que confieren resistencia a enfermedades y estreses que estarían presentes en una frecuencia extremadamente baja, y para propósitos prácticos su presencia sería insignificante. Por lo tanto, los atributos genéticos valiosos estarían aún confinados dentro de las especies o los grupos biosistemáticos estrechamente relacionados. Por esta razón, podría suponerse que la frecuencia de genes está contenida en segmentos pequeños del pul de genes de Solanum.

Se necesitan dos condiciones indispensables: una estrategia adecuada de mejoramiento; y técnicas de evaluación de plántulas para probar la resistencia o tolerancia a plagas, enfermedades y estreses, con el fin de amalgamar la variabilidad contenida en las especies cultivadas primitivas y silvestres del género Solanum, y cumplir con los tres puntos básicos en la filosofía de mejoramiento en el CIP: a) mantener una amplia diversidad genética para asegurar altos rendimientos y estabilidad de comportamiento,

b) incrementar la frecuencia de genes que controlan atributos deseables y c) estimular la recombinación de atributos deseables en las mismas poblaciones y genotipos (Mendoza, 1980).

Estrategia adecuada de mejoramiento

El objetivo final del mejoramiento en el CIP no es entregar variedades sino llevar a cabo un programa de mejoramiento de germoplasma y distribuir a países del tercer mundo materiales con resistencia a plagas y enfermedades. Los programas nacionales serán los responsables de seleccionar sus propias variedades. En función de este objetivo de mejoramiento, se consideraron varias estrategias de mejoramiento para llevar a cabo un manejo eficiente de los vastos recursos genéticos de papa y sus especies relacionadas.

Las estrategias tradicionales de mejoramiento de papa utilizadas en los programas convencionales de mejoramiento varietal tales como el método del retrocruzamiento o "nobilización", el método "genealógico" y el método de "mejoramiento columnar" fueron descartados por tres razones: a) por su lentitud, b) por su orientación hacia el desarrollo de variedades y asimismo su utilización del tipo no aditivo de acción génica, y c) porque sus métodos no son fácilmente adaptables al mejoramiento de poblaciones grandes. Se necesitaba una estrategia más dinámica que utilizara los tipos de acción génica aditiva y no aditiva (para rendimiento y otras características heredadas cuantitativamente). Al comienzo se decidió llevar a cabo un esquema de mejoramiento poblacional basado en la selección fenotípica recurrente. No obstante, conforme se fue adquiriendo información genética básica acerca de la variabilidad genética para varios atributos importantes presentes en las poblaciones de mejoramiento, se decidió modificar el esquema de mejoramiento incluyendo la selección de progenitores por pruebas de progeñe. Con este reajuste se obtuvo una respuesta significativa en la selección de varios caracteres. La prueba de progeñe permite seleccionar progenitores con efectos elevados de habilidad combinatoria general (HCG) para características de herencia poligénica o cuantitativa. La selección de tales progenitores permite lograr los siguientes objetivos:

1. Que un porcentaje alto de las progeñes enviadas a las regiones del CIP sean elegibles para seleccionar variedades.
2. Como consecuencia de 1, el número de progeñes enviadas a las regiones del CIP puede ser disminuido sin reducir la probabilidad de seleccionar variedades.
3. Poder predecir el comportamiento de los cruzamientos entre progenitores con alta HCG.
4. Es fundamental, para el programa de mejoramiento para la utilización de semilla (sexual), contar con progenitores con alta HCG para rendimiento y uniformidad de tubérculos. Sólo así se obtendrá progeñes de alto rendimiento y con uniformidad comercial en tamaño, color y forma de los tubérculos.

Técnicas de evaluación ("tamizado") de plántulas

La disponibilidad de estas técnicas es muy importante para aplicar eficazmente un esquema de mejoramiento poblacional orientado a incrementar las frecuencias génicas y los factores de resistencia. La parte sustantiva del mejoramiento poblacional es contar con la capacidad de evaluar los genotipos sobrevivientes a una selección para adaptación.

rendimiento per se, y otras características agronómicas en un fondo de resistencia. Cuando se inició el desarrollo poblacional sólo se aplicaba el "tamizado" para resistencia en forma individual. Conforme al progreso en los ciclos de selección se comenzó a evaluaciones tamizadas combinadas por resistencia o tolerancia a dos o más factores. Actualmente se cuenta con técnicas de evaluación de plántulas para las siguientes resistencias a plagas, enfermedades o estreses: tizón tardío, tizón temprano, marchitez bacteriana, nematodo del nudo, nematodo del quiste, PVY, PVX, PLRV, heladas y toxicidad por aluminio.

Metodología del mejoramiento

La magnitud de la variabilidad genética contenida en las poblaciones de mejoramiento para características como rendimiento, precocidad y resistencia a enfermedades o tolerancia a estreses, es determinada en cada ciclo de selección utilizando los diseños de apareamiento I y II de Carolina del Norte. La aplicación de estos diseños además de proveer información genética básica permite seleccionar entre los materiales incluidos en ellos, clones de buen comportamiento. Aquellos clones que continúen manteniendo sus buenos atributos en el proceso de evaluación ulterior, serán incluidos en el grupo de clones seleccionados y progenitores potenciales. A continuación estos clones serán sometidos a pruebas de progeñe para cuantificar su valor parental. Los métodos más comúnmente utilizados para la medición del valor parental son: a) polinizaciones con mezcla de polen de clones de diferente origen (este método provee información sobre la HCG de los progenitores femeninos), b) análisis línea x probador, y c) diseños dialélicos completos y parciales. Estos métodos proveen información acerca de la HCG y la habilidad combinatoria específica (HCE) de los progenitores incluidos en la muestra. Los clones finalmente seleccionados serán cruzados para generar el siguiente ciclo de selección.

La aplicación práctica de estos principios puede apreciarse en el ejemplo siguiente. Supongamos que durante la primavera se establece en el invernadero una población de 20 000 plántulas que segregan para inmunidad al PVY. Las plántulas de aproximadamente dos semanas de edad son inoculadas con una suspensión de PVY utilizando la técnica de pistola pulverizadora. Dos semanas más tarde se procede a descartar las plántulas que muestran mosaico o necrosis. Las plántulas que sobrevivan a este descarte (aproximadamente 50% de la población original) son trasplantadas al campo para realizar una evaluación agronómica durante el verano. Las plántulas se cosechan 90 días después del trasplante y se realiza selección severa para características de tubérculo, longitud de estolones y precocidad. Los clones seleccionados son reevaluados sembrándolos en San Ramón en parcelas de 10 plantas. Los clones que quedan después de la segunda evaluación son entonces inoculados mecánicamente y por injerto con PVY para confirmar su inmunidad. Los clones inmunes son cruzados con una mezcla de polen de diferentes orígenes, tales como clones resistentes al PLRV, o al tizón tardío, y luego las progeñes son evaluadas en el campo para determinar el valor parental de los clones inmunes al PVY. Debe especificarse que la evaluación del valor parental de los clones inmunes al PVY involucra la determinación del número de alelos de inmunidad y su habilidad de transmitir a sus progeñes atributos importantes como rendimiento, precocidad, calidad de tubérculos, etc. En adición a la determinación del valor parental, la prueba de progeñe permite realizar la combinación de resistencias.

Como una ilustración del beneficio de estas evaluaciones, se puede mencionar la progeñe Atzimba x 7XY.1. Atzimba tiene una buena HCG por rendimiento, uniformidad de tubérculo y resistencia al tizón tardío. Asimismo, 7XY.1 tiene una buena HCG para

rendimiento, resistencia a tizón temprano, uniformidad de tubérculo y dos alelos para inmunidad al PVY, uno de hipersensibilidad al PVX. Entonces la progenie Atzimba x 7XY.1 tiene los siguientes atributos: alto rendimiento acompañado de gran uniformidad de tubérculos, por lo cual esta progenie es muy adecuada para producir papa de semilla sexual. Además, 25 a 30% de la progenie es resistente al tizón tardío, 83% de la progenie inmune al PVY, 50% hipersensible al PVX y tiene un buen nivel de resistencia al tizón temprano.

Otra ilustración: el clon 65-ZA-5 tiene una alta HCG para rendimiento y resistencia al tizón tardío. El clon 378676.6 (seleccionado en Ruanda de una población segregante del CIP) tiene también una buena habilidad combinatoria para rendimiento, tizón tardío y tizón temprano. La progenie 65-ZA-5 x 378676.6 tiene un alto rendimiento, cerca de 50% de sus plántulas tiene alta resistencia al tizón tardío, y es altamente resistente al tizón temprano. No obstante, segrega para color y forma del tubérculo. Por lo tanto, no es adecuado para utilizarlo en la producción de papa por semilla sexual pero es excelente para selección varietal.

Progresos

En el período en el que se ha venido aplicando un mejoramiento poblacional, se ha mantenido una amplia variabilidad genética en las poblaciones de mejoramiento y se han logrado progresos consistentes en el incremento de las frecuencias génicas y la recombinación de atributos deseables.

La población para los climas calientes fue iniciada con 6 000 clones de contenido genético diverso. La frecuencia de clones seleccionados por tolerancia al calor en la población de base fue solamente de 0,06%. Después de siete ciclos de selección recurrente, la frecuencia de clones de maduración precoz y tolerantes al calor se incrementó hasta 30%, dependiendo de las progenies específicas. Como resultado del trabajo de adaptación de la papa cultivada a este tipo de ambiente adverso, se han identificado y distribuido para uso regional los clones DTO-2, DTO-28, DTO-33, N565.1, LT-1, LT-2, LT-4, LT-5, LT-6, y LT-7. Todos ellos son tolerantes al calor y maduran a los 75-90 días. En su contenido genético tienen *tuberosum*, *neotuberosum*, *phureja* y *stenotomun*. Los clones LT-8 y LT-9, híbridos *tuberosum* x *andigena*, inmunes al PVX y al PVY, precoces y tolerantes al calor, han sido sometidos al cultivo de meristemas y están disponibles para su distribución. En la población adaptada al calor se ha identificado un grupo de progenitores con efectos elevados de HCG para precocidad, rendimiento, tolerancia al calor, a los tizones temprano y tardío, e inmunidad al PVY y al PVX. Estos clones son utilizados en otros programas de mejoramiento como fuentes de precocidad, tolerancia al calor y resistencia.

En el proyecto de mejoramiento por resistencia a marchitez bacteriana se desarrolló una población diploide de amplia base genética, con la contribución de las especies silvestres *S. sparsipilum*, *S. chacoense*, y *S. microdontum* y las especies cultivadas *S. phureja* y *S. stenotomun*. La frecuencia inicial de clones resistentes fue 30% y luego de dos ciclos de selección recurrente con prueba de progenie la frecuencia se elevó a 60-65%.

Al nivel tetraploide, se han realizado progresos significativos en la selección por resistencia a marchitez bacteriana. La población tetraploide derivada de *S. phureja* como única fuente de resistencia tuvo 15 a 20% de clones resistentes. De esta población se ha nominado algunas nuevas variedades de papa. La población tetraploide derivada de la población diploide de amplia base genética mencionada anteriormente, tiene 60 a 75% de

clones resistentes. Muchos de estos clones resistentes tienen además maduración precoz y tolerancia al calor. Esto es debido a que los clones tetraploides, utilizados en las transferencias 4x-2x, fueron seleccionados por alta HCG para precocidad y tolerancia al calor.

En el mejoramiento por resistencia a *Meloidogyne* spp., la población formada por las especies de papa cultivada diploide primitivas *S. phureja* y *S. stenotomun*, y especies silvestres *S. sparsipilum*, *S. chacoense*, y en menor escala *S. microdontum* tuvo una frecuencia inicial de 3.5% de clones resistentes. Después de cuatro ciclos de selección fenotípica recurrente, la frecuencia de los clones resistentes se incrementó a 35.5% (Mendoza y Jatala, 1982). La selección fenotípica recurrente fue aplicada en este caso porque la heredabilidad en sentido estricto, para esta característica, es bastante alta $h = 0.8$. Esta resistencia ha sido ya transferida a la población de climas calientes utilizando cruzamientos 4x-2x.

Para la inmunidad al PVY, se evaluó una población precoz y tolerante al calor, constituida por 126 progenies (cada una de 150 plántulas). La evaluación se efectuó pulverizando con una suspensión de PVY, mediante la pistola pulverizadora. Este trabajo se llevó a cabo en 1985 y se obtuvieron las siguientes proporciones de segregación: 48 progenies 3R:1S (entrecruzamientos entre inmunes simplex); 26 progenies 5R:1S (inmune dúplex x susceptible); y 25 progenies 11R:1S (inmune dúplex x inmune simplex). Estos datos demuestran la alta frecuencia del gen que controla la inmunidad al PVY en la población de ambientes calurosos.

La línea de investigación en mejoramiento por resistencia al tizón temprano fue iniciada utilizando como población de base una colección de clones introducidos en varios programas de mejoramiento de los Estados de Idaho, Colorado, Nueva York, Maine y Carolina del Norte, en EE. UU. Asimismo, se incluyó un grupo de clones del CIP cuya resistencia ha sido evaluada en el Brasil. Se observó que la resistencia de la mayoría de los clones de EE. UU. (maduración tardía bajo condiciones de día largo) no se mantuvo bajo las condiciones de la Estación Experimental de San Ramón (días cortos y temperaturas calurosas). En efecto, bajo estas condiciones esos clones maduraron precozmente pero no fueron resistentes.

La población para resistencia al tizón temprano fue generada utilizando diseños de apareamiento dialélicos y línea x probador. La evaluación de estos diseños permitió identificar un grupo de progenitores con efectos elevados de HCG para resistencia a esta enfermedad. Los resultados de los análisis de correlación fenotípica indicaron que el nivel de resistencia está asociado positiva y significativamente con la maduración tardía. A pesar de esta tendencia general de asociación, se identificó cierto número de clones resistentes y de maduración precoz. Además se calculó un estimado de heredabilidad en sentido restringido de $h = 0.7$ que permite predecir un progreso significativo en el trabajo de selección por resistencia a esta enfermedad.

En el mejoramiento para resistencia al tizón tardío, el CIP tiene dos poblaciones. La primera fue ensamblada más de 10 años atrás y contiene una combinación de genes mayores que confieren resistencia vertical y poligenes responsables de la resistencia horizontal. Las especies que han contribuido a esta población son: clones mexicanos (la mayoría de los cuales son *tuberosum* o híbridos de *tuberosum* que contienen genes de *S. demissum*), derivados de *S. bulbocastanum*, andígena, *phureja*, y *stenotomun*. Esta población ha pasado por cuatro ciclos de selección recurrente que ha incrementado consistentemente la frecuencia de clones resistentes, precoces, con características adecuadas

de planta y de tubérculo tanto como la adaptación a longitudes del día más largo. La frecuencia inicial de resistencia que era baja ha sido elevada a un promedio de 20% cuando se aplica una combinación de evaluaciones de plántulas y plantas adultas en el campo. La maduración ha sido reducida de 180 a 120 días y la frecuencia de adaptación a días largos (40 S) se ha incrementado a un promedio de 30%.

Actualmente el CIP tiene un programa de evaluación utilizando nichos ecológicos caracterizados por epifitias muy severas del tizón tardío: Rionegro (Antioquia, Colombia) y Toluca (México). Cada año se evalúa en Rionegro una población de 3 000 a 4 000 genotipos generados bajo condiciones de cuarentena del CIP en la Estación Experimental Huancayo. Los genotipos seleccionados en este lugar son probados nuevamente en la siguiente estación. Los clones sobrevivientes de estas dos evaluaciones son enviados a México donde se llevan a cabo dos evaluaciones de campo por resistencia y otros atributos. Los clones seleccionados después de este intenso proceso de evaluación y selección son multiplicados en el Perú, siempre bajo condiciones de cuarentena y distribuidos a las regiones del CIP para la evaluación final y posible liberación como nuevas variedades en los países interesados.

La segunda población que está en proceso de formación no contiene genes mayores y está compuesta básicamente de andígena, phureja, stenotomun y tuberosum, libres de genes R. El principal propósito de esta segunda población es seleccionar clones con una resistencia horizontal más estable y duradera. El proceso de selección se efectúa bajo los mismos lineamientos de la primera población.

La población de mejoramiento para tolerancia al frío ha estado sujeta a cinco ciclos de selección recurrente desde el comienzo del programa de mejoramiento. Esta población fue formada con la contribución de especies silvestres y cultivadas, y la selección es conducida utilizando una técnica de evaluación de plántulas a -4°C en cámaras de crecimiento. Los sobrevivientes son evaluados en un campo localizado a 3 800 metros de altitud donde las heladas de -3 a -5°C son frecuentes durante la estación de verano. Las heladas pueden alcanzar -8 a -10°C . La frecuencia de clones tolerantes en esta población está en 30%. Además, esta población ha sido sometida a selección para adaptación a días largos, lo cual ha permitido un mejoramiento significativo en precocidad y tipo de tubérculo pero la frecuencia de clones tolerantes al frío ha disminuido a 12%.

En los últimos años se ha obtenido un progreso sostenido en la población para resistencia a *Globodera pallida*. Se ha logrado seleccionar clones con altos niveles de resistencia y buenas características agronómicas. La selección ha sido un proceso difícil pues algunas de las especies silvestres transmitían su resistencia al mismo tiempo que caracteres pobres de planta y de tubérculo. Sin embargo, se ha logrado resistencia a las razas P4A y P5A combinada con buenas características agronómicas. Estos materiales están en fase final de prueba y se espera que en los años venideros sean liberados como nuevas variedades en países de la zona andina.

También en los años próximos pasados se ha trabajado sostenidamente para mejorar al nivel diploide. El objetivo principal de esta investigación es combinar factores de resistencia o tolerancia a plagas, enfermedades y estreses y para la producción de gametos $2n$ FDR. La presencia de gametos $2n$ facilita la transferencia de estas resistencias a las poblaciones tetraploides más avanzadas, vía cruzamientos $4x-2x$. La base genética de esta población es muy amplia, conformada por dihaploides de tuberosum, los diploides cultivados primitivos phureja-stenotomun, especies silvestres tales como S. sparsipilum, S. chacoense, S. microdontum, S. vernei, y S. tarijense. Adicionalmente, se ha incluido una muestra de dihaploides extraídos de clones del CIP, resistentes a enfermedades y estreses.

Estos dihaploides han introducido dentro de la población genes de andígena y de S. demissum. Esta población está sujeta a evaluaciones rigurosas para resistencia a plagas y enfermedades, evaluación de campo para características agrónomicas y selección para producción de gametos 2n RPD.

El hecho simple de que un híbrido diploide produzca gametos 2n por RPD no significa que este clon tenga una superioridad per se como progenitor frente a los progenitores tetraploides altamente heterocigóticos. Las evaluaciones del valor parental de este grupo de clones seleccionados que producen gametos 2n RPD utilizando un análisis línea x probador han mostrado diferencias muy grandes en HCG entre los clones diploides. Estos resultados, que fueron esperados, subrayan la importancia de una selección cuidadosa de progenitores antes de llegar a ser emplearlos en programas de cruzamiento 4x-2x.

Por razones de claridad se han presentado los resultados del mejoramiento poblacional del CIP por enfermedad, plaga, o estrés individualmente. Esto podría dar la impresión de que estos diferentes esfuerzos son llevados a cabo independientemente, lo cual no es el caso, pues tienen una orientación ambiental y la concentración mayor de esfuerzos está dirigida a dos poblaciones:

1. La población para climas cálidos que incluye la combinación de los siguientes atributos: rendimiento, precocidad, tolerancia al calor, resistencias a marchitez bacteriana, tizón tardío, nematodo del nudo, PLRV, PVY y PVX.

2. La población para climas fríos, que incluye la combinación de las siguientes características: rendimiento, tolerancia al frío y resistencias al tizón tardío, nematodo del quiste, PVY y PVX.

Como resultado de la aplicación de esta estrategia de mejoramiento, la utilización de materiales avanzados enviados por el CIP a los Programas Nacionales de los países en del tercer mundo ha alcanzado varios niveles. Al momento, por lo menos 30 nuevas variedades han sido lanzadas por los diferentes países. Asimismo, hay un gran número de clones que están en las fases finales de prueba y probablemente serán lanzados en un futuro cercano. Todos estos materiales tienen como característica su alto rendimiento combinado con la resistencia a una o más plagas, enfermedades o estreses.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

CUBILLOS, A.G.; PLAISTED, R.L. 1976. Heterosis for yield in hybrids between s. tuberosum spp. tuberosum and s. tuberosum spp. andigena. Amer. Potato J. 53:143-150.

DE JONG, H.; TAI, G.C.C.; RUSSEL, W.A.; JONHSTON, G.R.; PROUDFOOT, K.G. 1981. Yield potential and genotype environment interactions of tetraploid diploid (4x-2x) hybrids. Amer. Potato J. 58:191-199.

- GLEDINNING, D.R. 1985. The gene pool of modern potato varieties. Paper presented in the joint meeting Eucarpia-EAPR. Cambridge, England. Dec. 16-20, 1985 (en prensa).
- HAYNES, F.L. 1972. The use of the cultivated diploid *Solanum* species in potato breeding. In: Prospects for the Potato in the Developing World. E.R. French (ed.) CIP. Lima-Peru. pp. 100-110.
- HAYNES, F.L. 1980. Progress and future plans for the use of Phureja-Senotomun populations. In: Report of the Planning Conference. Utilization of the Genetic Resources of the Potato III, CIP. Lima-Peru.
- HERMSEM, J.G. Th. 1980. Recent progress and future plans for utilizing Mexican wild species for pest and disease resistance. In: Report of the Planning Conference. Utilization of the Genetic Resources of the Potato III. CIP. Lima-Peru.
- HERRIOT, A.B.; HAYNES, F.L.; SHOEMAKER, P.B. 1986. The heritability of resistance to early blight in diploid potatoes (*Solanum tuberosum*, *Phureja* and *Stenotomun*). Amer. Potato J. 63:229-232.
- HORSFALL, J.R. (Committee Chairman). 1972. Genetic vulnerability of major crops. Nat. Acad. Sci. Washington, D.C. pp. 190-203.
- HOWARD, H.W. 1970. Genetics of the Potato. Logos Press Ltd. International Potato Center, 1984. Potatoes for the developing World. Lima-Peru. 150 pp.
- JOHN INNES INSTITUTE. 1966. Report for 1965. Bay Fordsbury, England. pp. 51-53.
- MENDIBURU, A.O.; PELOQUIN, S.J. 1971. High yielding tetraploids from 4x-2x and 2x-2x matings. Amer. Potato J. 48:300-301.
- MENDOZA, H.A.; HAYNES, F.L. 1974. Genetic relationship among potato cultivars grown in the United States. Hort. Science. Vol 9(4):328-330.
- MENDOZA, H.A.; HAYNES, F.L. 1976. Variability for photoperiodic reaction among diploid and tetraploid potato clones from three taxonomic groups. Amer. Potato J. 53:319-322.
- MENDOZA, H.A.; ESTRADA, N.R. 1979. Breeding potatoes for tolerance to stress: Heat and Frost. In: Stress Physiology in Crop Plants. H. Mussel and R.R. Staples Eds. pp. 227-262.
- MENDOZA, H.A. 1980. Thrust II philosophy, organization and program development. In: Report of the Planning Conference. Utilization of Genetic Resources of the Potato III. CIP. Lima-Peru.
- MENDOZA, H.A. 1985. Advances in population breeding and its potential impact on the efficiency of breeding potatoes for developing countries. Paper presented in the joint meeting Eucarpia-EAPR. Cambridge, England. Dec. 16-20, 1985 (en prensa).

- MENDOZA H.A.; JATALA, P. 1985. Breeding potatoes for resistance to the root-knot nematode *Meloidogyne* species. In: An Advance Treatise on *Meloidogyne*. J. Sasser; C.C. Carter, Eds. USDA. pp. 217-224.
- MENDOZA, H.A.; SAWYER, R.L. 1985. The breeding program at the International Potato Center (CIP). In: Progress in Plant Breeding 1. G.E. Russel Ed.
- MOK, D.W.S.; PELOQUIN, S.J. 1975. Breeding value of 2n pollen (diplandroid) in tetraploid x diploid crosses in potatoes. Theoretical and Applied Genetics 46:307-314.
- PELOQUIN, S.J. 1982. New approaches to breeding for the potato of the the year 2000. In: Research for the Potato in the Year 2000. Hooker, W.J., Ed. CIP. Lima-Peru.
- PLAISTED, R.L. 1972. Utilization of germplasm in breeding programs--Use of cultivated tetraploids. In: Prospects for the Potato in the Developing World. E.R. French, Ed. CIP. Lima-Peru.
- PLAISTED, R.L. 1980. Progress and future plans for the use of neotuberosum populations. In: Report of the Planning Conference. Utilization of Genetic Resources III. CIP. Lima-Peru.
- RUTTENCUTTER, G.E.; HAYNES, F.L.; MOLL, R.H. 1979. Estimation of narrow sense heritability for specific gravity in diploid potatoes (*S. tuberosum* subsp. *Phureja* and *Stenotomun*). Amer. Potato J. 56:447-453.
- SIMMONDS, N.W. 1964a. Studies of the tetraploid potatoes. I. The variability of the Andigena group. J. Linn. Soc. (Bot.) 58:461-474.
- SIMMONDS, N.W. 1966. Studies of the tetraploid potatoes. III. Progress in the experimental recreation of the tuberosum group. J. Linn. Soc. (Bot.) 59:279-298.
- SIMMONDS, N.W. 1969. Prospects of potato improvement. Scottish Plant Breed. Sta. 48th Annual Report. pp. 18-38.
- TARN, T.R.; TAI, G.C.C. 1977. Heterosis and variation of yield components in F₁ hybrids between group tuberosum and group andigena potatoes. Crop Science 17:517-521.
- TARN, T.R.; TAI, G.C.C. 1983. Tuberosum x Tuberosum and Tuberosum x Andigena potato hybrids: comparison of families and parents, and breeding strategies for andigena potatoes in long day temperate environments. Theoretical and Applied Genetics 66:87-91.
- THOMPSON, P.G.; HAYNES, F.L.; MOLL, R.H. 1979. Estimates of genetic variance components and heritability for tuber dormancy in diploid potatoes. Amer. Potato J. 57:39-46.

CAPITULO II

Mejoramiento Genético para Caracteres Específicos: Metodología y Resultados

Progreso en el Mejoramiento de Papa por Resistencia, en Función de la Eficiencia de los Procedimientos de Tamizado

HUMBERTO A. MENDOZA

Ph.D., Genetista Principal y Jefe del Departamento de Genética y Mejoramiento. Centro Internacional de la Papa (CIP). Lima, Perú.

INTRODUCCION

El programa de mejoramiento en el Centro Internacional de la Papa (CIP) utiliza al máximo los recursos genéticos contenidos en el género Solanum. Estos incluyen cultivares comerciales, progenitores, especies cultivadas primitivas, y un grupo de especies silvestres seleccionadas por características valiosas para resistencia o tolerancia a plagas, enfermedades y factores ambientales adversos. Toda la información genética contenida en el género Solanum y relacionada con la adaptación, rendimiento per se, y resistencias o tolerancias, está distribuida entre el grupo grande de clones que conforman el pul ("pool") de genes altamente heterocigótico y heterogéneo. Debido al tamaño grande de la población, es baja la frecuencia de genes que controlan algunos atributos específicos.

Uno de los objetivos básicos en el manejo de este amplio pul de genes es incrementar la frecuencia de aquellos que controlan los atributos deseables. Para alcanzar este objetivo la selección recurrente con prueba de progenies es aplicada sucesivamente y en forma cíclica (Mendoza, 1980, 1986a). El grado de éxito en modificar sus frecuencias génicas es una función de la precisión en identificar y aislar los individuos portadores de los atributos bajo selección. Cualquier error o "escape" durante el proceso, dependiendo de su magnitud, podría alterar la respuesta a la selección. Esto justifica el siguiente postulado: "El trabajo de mejoramiento sólo podrá ser eficiente en la medida en que el procedimiento de selección lo permita".

Considerando el mejoramiento por resistencia, si la frecuencia génica de una característica bajo selección es baja, el mejorador está forzado a trabajar sobre poblaciones grandes. En este caso, tamizar (elegir con cuidado) plántulas, es extremadamente valioso cuando la respuesta de las plántulas y plantas adultas está bien correlacionada. Por esto durante el proceso de evaluación deberán realizarse todos los esfuerzos para evitar escapes. La ausencia de una alta correlación entre los resultados de los tamizados efectuadas en plántulas y en plantas adultas conduce a la ineficiencia y aún podría ser peligrosa. Es ineficiente porque podría permitir una gran frecuencia de escapes que afectarían seriamente los resultados de la selección. Podría ser peligroso, porque dadas las condiciones fisiológicas totalmente diferentes de plántulas y plantas adultas, las condiciones ambientales y el potencial del iróculo con el cual se ejecuta el tamizado podrían eliminarse genotipos resistentes de la población.

Debería conducirse investigación sobre este tema pero no basada solamente en la comparación de promedios de progenies sino también en la respuesta de genotipos individuales. Esto puede ser logrado cultivando plántulas durante cuatro o cinco semanas, de donde se toman esquejes que luego son enraizados. Después de dos semanas las plántulas pueden ser inoculadas. Asimismo, los esquejes enraizados pueden ser trasplantados al campo e inoculados a los 35-45 días, si es necesario. La comparación de resultados sobre la base de genotipos individuales así como la comparación sobre los promedios de progenies determinaría el valor real de una técnica de tamizados de plántulas.

Como la mayor parte de la variabilidad genética contenida en la papa está presente en las especies diploides y tetraploides, en el presente trabajo se discute el efecto de la selección, en función de la eficiencia del tamizado, la frecuencia génica y el tipo de acción génica, en ambos niveles de ploidia.

TECNICAS PARA TAMIZAR PLANTULAS DISPONIBLES A FIN DE MEJORAR POR RESISTENCIA

La disponibilidad de técnicas de tamizado de plántulas es importante para un esquema de mejoramiento eficiente dirigido a acumular genes de resistencia. La eliminación de genotipos susceptibles de la población, en fases iniciales, es muy importante. La selección ulterior para adaptación, rendimiento, y otros atributos agronómicos es realizada en un fondo genético de materiales resistentes. Las técnicas de tamizado de plántulas han sido desarrolladas para seleccionar por resistencia a las siguientes plagas, enfermedades y estreses: tizón tardío, tizón temprano, marchitez bacteriana, nematodo del nódulo, virus Y de la papa (PVY), virus X de la papa (PVX), virus del enrollamiento de las hojas (PLRV), heladas y toxicidad de aluminio (Mendoza, 1986).

EQUILIBRIO DE APAREAMIENTO AL AZAR

Para realizar una discusión comprensible del efecto de la selección aplicada a una población, se debe postular una situación de equilibrio de apareamiento al azar, en la cual las frecuencias genotípicas permanecerán constantes de una generación a la siguiente en ausencia de selección, migración, y mutación. En diploides, el equilibrio es alcanzado en una sola generación de apareamiento al azar y las frecuencias genotípicas serán dadas por la expresión $(p+q)^2$ donde p y q representan las frecuencias de los alelos A y a respectivamente con la condición de que $p+q = 1$. Entonces, el arreglo genotípico en equilibrio es p^2 AA, $2pq$ Aa, Y q^2 aa (Falconer, 1981).

En tetraploides, el estado de equilibrio no se alcanza en una sola generación de apareamiento al azar como en los diploides; se logra en forma asintótica. La estructura diploide de los gametos no permite una libre recombinación de los alelos impidiendo que todas las posibles estructuras genotípicas del locus en consideración puedan estar presentes con una sola generación de apareamiento al azar. Los arreglos genotípicos en equilibrio para un locus tetraploide con los alelos A y a, con frecuencias p y q respectivamente, y donde $p+q = 1$, está dado por el desarrollo de la expresión $(p+q)^4$, v.gr. p^4A_4 ,

$4p^3qA_3a$, $6p^2q^2A_2a_2$, $4pq^3Aa_3$, q^4a_4 (Kempthorne, 1957). Para propósitos prácticos se puede considerar que el equilibrio es alcanzado después de cuatro generaciones de apareamiento al azar (Busbice et al., 1972).

SELECCION

Si en una población dada se selecciona a individuos que presentan ciertos atributos y se descartan aquellos que no los tienen, uno está intentando modificar la estructura genotípica de esa población. El grado en que la selección pueda modificar la estructura genética de la población depende entre otros factores, de la eficiencia para identificar y aislar los individuos deseables o descartar los indeseables. Cuando los individuos seleccionados son involucrados en un nuevo ciclo reproductivo, la población resultante debería tener una estructura genotípica diferente con respecto a la original. Esto es debido a cambios en la frecuencia de genes lograda por selección.

En el temario de esta reunión se ha considerado un tópico muy importante: mejoramiento por resistencia. El éxito en esta tarea, insistimos, depende de la eficiencia del procedimiento de tamizado para identificar los genotipos resistentes y descartar los susceptibles. Si el tamizado es perfecto, v.gr. no ocurren escapes, entonces el progreso realizado coincidirá con el progreso esperado. Si tiene lugar un porcentaje de escape un cierto número de individuos será integrado junto con los resistentes en un nuevo ciclo reproductivo y entonces el progreso realizado decrecerá dependiendo de la magnitud del escape. Esta es la consideración más importante en el desarrollo de un proyecto de mejoramiento por resistencia.

Entre las plagas, enfermedades y estreses que afectan el cultivo de la papa, la resistencia o inmunidad del hospedante pueden ser controladas por un gen dominante, pocos genes, o ser poligénicas. La inmunidad a los virus Y (PYY) y X (PVX) de la papa, la resistencia a la verruga Synchytrium endobioticum y resistencia vertical al tizón tardío, Phytophthora infestans son monogénicas. Las resistencias al tizón temprano, Alternaria solani, nematodo del nódulo, Meloidogyne incognita, y nematodo del quiste Globodera pallida, están controladas por unos pocos genes. La resistencia al tizón tardío (horizontal), marchitez bacteriana, Pseudomonas solanacearum y virus del enrollamiento (PLRV) son poligénicas. La tolerancia a estreses, como heladas, calor, y toxicidad de aluminio parecen ser poligénicas. Con estos patrones heterogéneos de herencia, la discusión acerca del mejoramiento por resistencia estará agrupada en función del número de genes que controlan la resistencia, así como del tipo de acción génica.

El mejoramiento de la papa puede ser ejecutado al nivel diploide y tetraploide. Por lo tanto, ambos niveles de ploidia serán considerados desde el punto de vista de selección y se hará una comparación entre ambos en función de frecuencias variables de genes y eficiencias de tamizados.

Selección en diploides: Cambios en la frecuencia génica (modelo de un locus)

Supongamos una población diploide con un locus que contiene los alelos A y a con frecuencias $f(A) = p$ donde $p+q = 1$ y siendo A completamente dominante sobre a. Además, supongamos que esta población está en equilibrio de apareamiento al azar. Una cierta presión de selección, representada por el coeficiente s , será aplicada contra AA o aa.

Genotipos	AA	Aa	aa	Total
Frecuencia genotípica	p^2	$2pq$	q^2	1
Valor selectivo	1	1	$1-s$	
Contribución gamética	p^2	$2pq$	$q^2(1-s)$	$1-sq^2$

En la población inicial, las frecuencias de equilibrio suman 1 mientras que la contribución gamética después de que la selección ha tenido lugar no suma 1, sino $1-sq^2$. Esto significa que una proporción de sq^2 individuos recesivos ha sido descartada y no contribuirá con ningún alelo para la siguiente generación. En otras palabras, la $f(a) = q$ ha disminuido.

Por lo tanto, después de la selección de la nueva frecuencia de a será q_1 .

$$q_1 = \frac{pq + (1-s)q^2}{1-sq^2}$$

Entonces, el cambio en la frecuencia del alelo a es

$$\Delta q = q_1 - q$$

$$\Delta q = \frac{pq + (1-s)q^2}{1-sq^2} - q$$

valor que después de la simplificación, se reduce a:

$$\Delta q = - \frac{sq^2(1-q)}{1-sq^2}$$

nótese que el signo (-) de la expresión indica que $q_1 < q$.

Ahora, si $s = 1$, esto significa que la presión de selección es máxima, esto es, el tamizado elimina todos los genotipos indeseables aa . En este caso la contribución gamética es $1-q^2$. Entonces las expresiones anteriores son simplificadas a:

$$q_1 = \frac{pq}{1-q^2} = \frac{q}{1+q}$$

$$\Delta q = \frac{q}{1+q} - q = - \frac{q^2}{1+q}$$

La selección aplicada contra el alelo a está disminuyendo su frecuencia pero al mismo tiempo está favoreciendo al alelo A cuya frecuencia $f(A) = p$, está incrementándose concomitantemente.

Después de que se ha aplicado un ciclo de selección contra el genotipo aa, la nueva frecuencia del alelo A será p_1 .

$$p_1 = \frac{p^2 + pq}{1 - sq^2} = \frac{p}{1 - sq^2} \quad ; y$$

$$\Delta p = \frac{p}{1 - sq^2} - p = \frac{spq^2}{1 - sq^2}$$

Cuando $s = 1$, estas expresiones se simplifican a:

$$p_1 = \frac{p}{1 - q^2} \quad ; \quad \Delta p = \frac{p}{1 - q^2} - p = \frac{pq^2}{1 - q^2}$$

Δp es positivo en tanto $f(A)$ se incrementa en cada ciclo de selección. Nótese que Δp y Δq tienen la misma magnitud, pero Δp es positivo y Δq es negativo.

La Figura 1 muestra la respuesta a una generación de selección para un gen dominante A, bajo varias frecuencias génicas y varios niveles de eficiencia de procedimientos de tamizado.

Es perceptible que cuando la eficiencia de la selección es máxima, $s = 1$ (no hay escapes en el tamizado), la respuesta de selección en términos de incremento de la frecuencia génica, Δp es máxima. Cuando s decrece gradualmente a los valores de 0.9, 0.7, 0.5, 0.3, lo cual indica que respectivamente 10%, 30%, 50% y 70% de las plantas susceptibles están escapando al tamizado, la respuesta a la selección disminuye dramáticamente. Con las tasas de incremento de escape, el trabajo de mejoramiento va perdiendo eficiencia hasta el punto en que su mérito podría ser seriamente cuestionado. Asimismo, es importante notar que cuando la frecuencia génica del alelo A es muy baja, pero al mismo tiempo $s = 1$, el cambio en la frecuencia génica Δp , es muy alto, si $f(A) = p = 0.01$ y la selección es para A, $\Delta p = 0.49$, lo cual significa que la baja frecuencia inicial ha sido rápidamente incrementada a 0.5. Más allá de esta frecuencia, los nuevos ciclos de selección incrementarán aún la frecuencia de A pero a un paso más lento. Del mismo modo, es importante considerar que cuando la frecuencia de A es muy pequeña, los escapes del tamizado reducirán considerablemente la respuesta a la selección. Con valores de $s = 0.9, 0.7, 0.5$ y 0.3 correspondientes de Δp , serán 0,0748; 0,0218, 0,0096 y 0,0041. La razón de esto es muy simple. A $f(A) = 0,01$, la frecuencia de genotipos resistentes AA y Aa será 1,99% y la frecuencia de genotipos susceptibles aa será 98,01%. Si el tamizado es hecho con $s = 0,5$, ello significa que 49% de los individuos susceptibles escapan y entrarán en el nuevo ciclo de selección como si fueran resistentes, bajando por lo tanto la respuesta de selección. Con una baja frecuencia del alelo que es seleccionado el tamaño de la población debería ser grande.

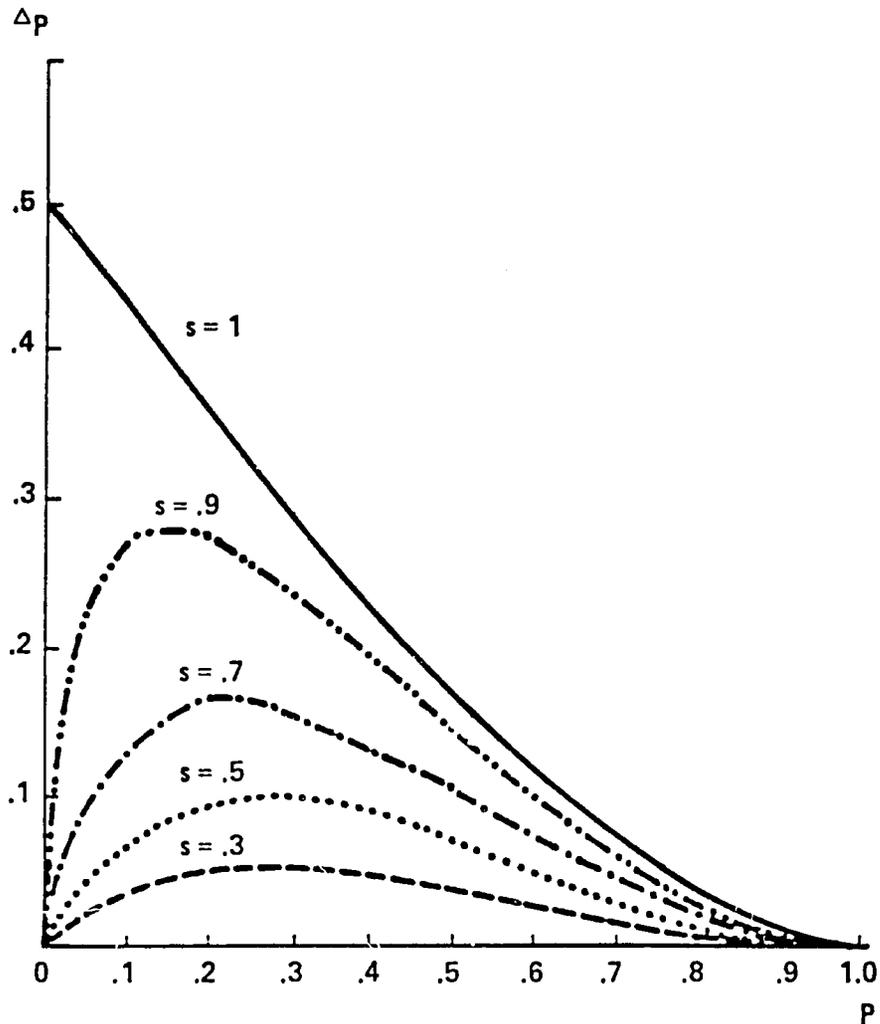


Figura 1. Cambio en la frecuencia génica, Δp , por selección de fenotipos dominantes a diferentes niveles de eficiencia de selección, s , y de frecuencia génica, p .

Selección en tetraploides: Cambios en la frecuencia génica (modelo de un gen)

Supongamos una población tetraploide con un locus que contiene alelos A y a con frecuencias: $f(A) = p$ y $f(a) = q$, donde $p+q = 1$. Asimismo, supongamos que la población está en equilibrio de apareamiento al azar. Se aplicará cierta presión de selección, representada por s , contra los genotipos recesivos $aaaa$ y ninguna selección contra los genotipos remanentes.

Genotipos	A ₄	A ₃ a	A ₂ a ₂	Aa ₃	a ₄	Total
Frecuencia genotípica	p ⁴	4p ³ p	6p ² q ²	Apq ³	q ⁴	1
Valor selectivo	1	1	1	1	1-s	
Contribución gamética	p ⁴	4p ³ q	6p ² q ²	4pq ³	q(1-s) ⁴	1-sq ⁴

La contribución genética total es $1-sq^4$ donde sq representa la proporción de individuos recesivos $aaaa$ ó a , que han sido eliminados y no contribuirán con alelos a^4 en la siguiente generación.

Después de la selección y suponiendo que $s = 1$, la nueva frecuencia de "a" será q_1 .

$$q_1 = \frac{p^3q + 3p^2q^2 + 3pq^3}{1 - q^4} = \frac{p^3q + 3p^2q^2 + 3pq^3 + q^4 - q^4}{1 - q^4} = \frac{q - q^4}{1 - q^4}$$

$$\Delta q = \frac{q - q^4}{1 - q^4} = - \frac{(1-q)q^4}{1 - q^4}$$

Nótese nuevamente que Δq es negativo lo cual indica que ha disminuido la frecuencia de a .

Cuando la selección no es completa, por ejemplo, $s < 1$, entonces:

$$q_1 = \frac{p^3q + 2p^2q^2 + p^2q^2 + pq^3 + 3pq^3 + q^4(1-s)}{1 - sq^4} = \frac{q - sq^4}{1 - sq^4}$$

$$\Delta q = \frac{q - sq^4}{1 - sq^4} - q = - \frac{sq^4(1-q)}{1 - sq^4}$$

Como la selección contra el alelo a disminuirá su frecuencia q , al mismo tiempo producirá un incremento en la frecuencia p del alelo A .

Cuando $s = 1$, la frecuencia de A después de un ciclo de selección será P_1 .

$$P_1 = \frac{p^4 + 2p^3q + p^3q + p^2q^2 + 2p^2q^2 + pq^3}{1 - q^4} = \frac{p}{1 - q^4}, \text{ y}$$

$$\Delta p = \frac{p}{1 - q^4} - p = \frac{pq^4}{1 - q^4}$$

En este caso p tiene un valor positivo lo cual indica que la frecuencia del alelo A se ha incrementado después de una generación de selección.

Cuando $s < 1$, el valor p es el siguiente:

$$p_1 = \frac{p^4 + 3p^3q + 3p^2q^2 + pq^3}{1 - sp^4} = \frac{p}{1 - sp^4}$$

$$\Delta p = \frac{p}{1 - sq^4} - p = \frac{s(1-q)q^4}{1 - sq^4}$$

Como en el caso de los diploides Δp y Δq y tienen la misma magnitud, siendo Δp positivo y Δq negativo.

La Figura 2 muestra la respuesta a una generación de selección para un gen dominante A bajo varias frecuencias génicas y varios niveles de eficiencia en los procedimientos de tamizado.

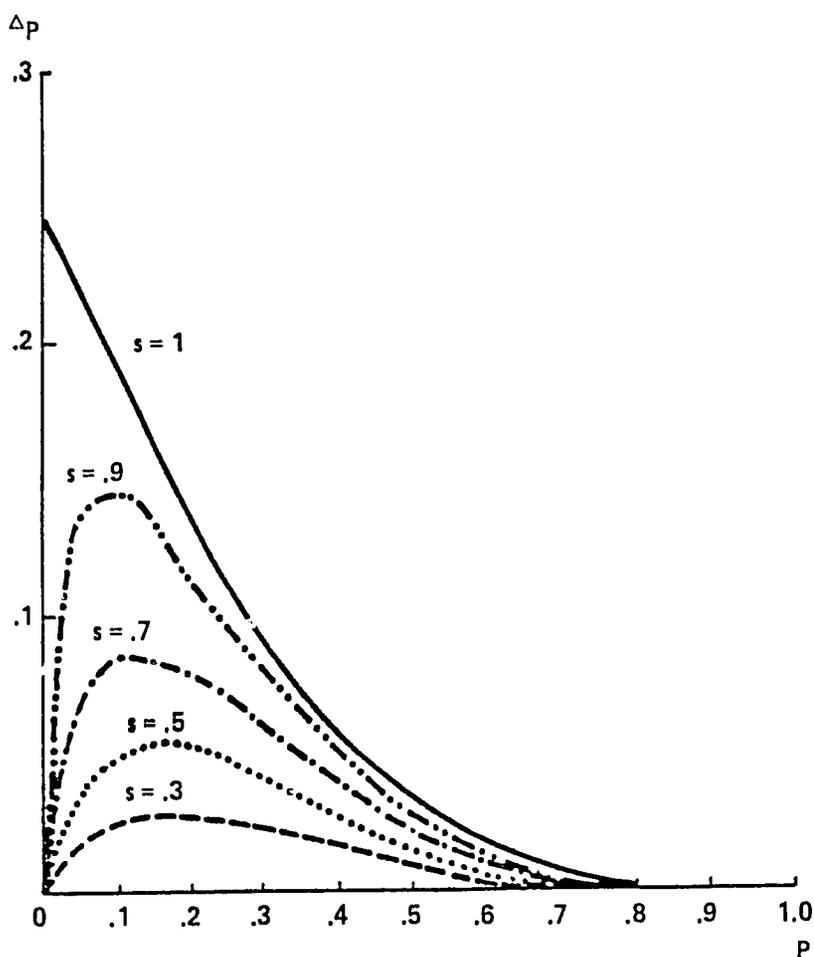


Figura 2. Cambio en la frecuencia génica, Δp , en autotetraploides por selección de fenotipos dominantes a diferentes niveles de eficiencia de selección, s y frecuencia génica, p .

Se puede percibir que al nivel tetraploide el efecto de s es similar al discutido para diploides, mientras s viene a ser más pequeño, la respuesta de selección disminuye. Más allá de la frecuencia génica $f(A) = p = 0,4$ la respuesta de selección disminuye rápidamente, en tanto que la frecuencia de los genotipos susceptibles $aaaa$, q^4 , viene a ser pequeña, por ejemplo 12.96%. Otra diferencia es que cuando $f(A) = p$ alcanza el valor 0,8, la respuesta a la selección es prácticamente nula.

Comparación de las respuestas de selección a los niveles de ploidia diploide y tetraploide (modelo de un gen)

En la Figura 3 se hace una comparación entre la respuesta a la selección a los niveles diploide y tetraploide. Se puede apreciar que el cambio en la frecuencia génica es más rápido al nivel diploide. Esto es comprensible si uno compara los arreglos genotípicos a ambos niveles de ploidia, y.gr., p^2AA , $2pqAa$, y qaa^2 para diploides y p^4A_4 , $4p^3qA_3a$, $6p^2q^2A_2a_2$, $4pq^3Aa_3$, y q^4a_4 , para tetraploides. Esto está mostrando que en diploides el alelo recesivo está encubierto por el alelo dominante A en tres genotipos A_3a , A_2a_2 , y Aa_3 .

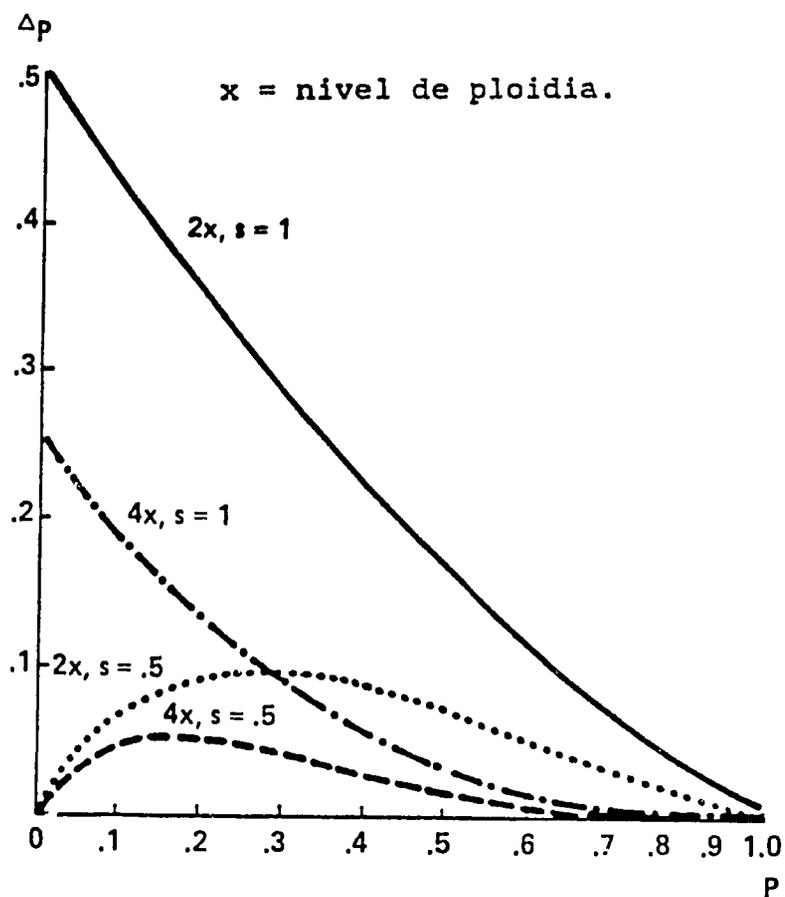


Figura 3. Comparación de cambio de la frecuencia génica, Δp , por selección de fenotipos dominantes en poblaciones diploides y tetraploides a diferentes niveles de eficiencia de selección, s , y frecuencia génica, p .

La consecuencia es que para cualquier frecuencia génica, la frecuencia del genotipo recesivo aa ó $aaaa$, sujeto a selección sea a favor o en contra, será más grande al nivel diploide q^2 en diploides vs q^4 en tetraploides, v.gr., cuando la frecuencia génica es $q = 0.5$, la frecuencia de aa será 25% de la población mientras la frecuencia de $aaaa$ será solamente 6.75%. Bajo estas condiciones y con $s = 1$, el valor p para diploides será cinco veces más grande que para tetraploides.

Suponiendo que las frecuencias de los alelos A y a son las mismas a ambos niveles de ploidía así como s , se puede establecer la siguiente comparación:

$$\frac{\Delta q(2x)}{\Delta q(4x)} = \frac{\frac{sp^2}{1 - sq^2}}{\frac{s(1-q)q^4}{1 - sq^4}} = \frac{1 - sq^4}{(1-sq^2)q^2} > 1$$

Esta proporción siempre será más grande que 1 para todas las frecuencias de q , excepto para valores de 0 y 1.

En la investigación para mejoramiento por resistencia el modelo de un locus se ajusta bien en el trabajo de inmunidades a PVY y PVX, pues cada una de las inmunidades para estos dos virus está bajo el control de un gen dominante. Se estima que la eficiencia de la selección en el tamizado de plántulas para inmunidad a PVY es $s = 0.9$, v.gr. hay una probabilidad de 10% de que las plántulas escapen al tamizado. Sin embargo, durante la primera generación clonal, la población es reducida a cerca de 10% del total de plántulas sobrevivientes (inmunes + escapes). Por lo tanto, el escape es reducido a 1% (Mendoza, 1987). Cuando las plántulas reciben un inóculo con una mezcla de PVY y PVX, la expresión de síntomas llega a ser más severa y la frecuencia de escapes es reducida. Hooker (1980) llevó a cabo el análisis serológico de 800 plántulas que no presentaron síntomas después de la inoculación, encontrando que solamente 2 a 2.5%, según las progenies, estaban infectadas: los escapes susceptibles. El mejoramiento por resistencia a estos dos virus no presenta mayores dificultades y ha sido alcanzado en el CIP un incremento consistente de frecuencias génicas, como resultado de la selección apropiada de progenitores y una técnica eficiente de tamizado de plántulas (Fernández et al., 1986; Mendoza, 1987).

INCREMENTO DE FRECUENCIAS GENICAS EN RESISTENCIAS BAJO EL CONTROL DE POCOS GENES

En este caso, ya no se puede recurrir a una situación simple de selección como es el modelo de un locus discutido previamente. Para considerar los efectos de la selección se tendrán que utilizar algunas medidas biométricas como medias, variancias, covariancias y heredabilidades obtenidas de diseños de apareamientos adecuados. Las resistencias al nematodo del nódulo, nematodo del quiste de la papa y al tizón temprano, parecen ajustarse bien a esta categoría.

Incremento en la frecuencia de genes por resistencia al nematodo del nódulo, *M. incognita*

Los genes para resistencia a *M. incognita* de las especies silvestres *S. sparsipilum* y *S. chacoense* fueron transferidas a una población diploide de papa compuesta de *S. phureja* y *S. stenotomun*. En la población de base, la frecuencia de individuos resistentes fue 3,5%. Después de la aplicación sucesiva de ciclos de selección recurrente en esta población la frecuencia de resistencia fue incrementada a 4,5%, 27,2% y 35,5% (Mendoza y Jatala, 1982). El tamizado fue hecho en plántulas aplicando una técnica desarrollada en el CIP (Jatala, 1982). Se ha considerado que la eficiencia de esta técnica está sobre 90%, o sea que un máximo de 10% de plántulas susceptibles escaparía al tamizado. Este problema se resuelve al realizar, inmediatamente después de la prueba de plántulas, un segundo tamizado de esquejes de los genotipos resistentes, lo que permite identificar los escapes y eliminarlos (Jatala, comunicación personal). Se ha propuesto un modelo de tres genes dominantes responsables del control de la resistencia al nematodo del nódulo (Mendoza y Jatala, 1985) y esto explicaría el rápido progreso alcanzado bajo selección. De otra parte, en un análisis dialélico, se determinó que la mayor parte de la variabilidad genética para resistencia a *M. incognita* es aditiva con un alto valor estimado para heredabilidad en sentido restringido de $h^2 = 0,78$ (Gutiérrez et al., 1987). En conclusión, el alto estimado de heredabilidad para este tratamiento unido a un eficiente tamizado ha permitido un rápido progreso en la selección para resistencia.

Incremento en la frecuencia de genes por resistencia al nematodo del quiste de la papa (NQP), *Globodera pallida*

Los genes para resistencia parcial a la raza P5A del NQP provienen de unos pocos cultivares de *S. tuberosum* spp. *andigena*. La resistencia a la raza P4A de NQP proviene de dos fuentes: a) clones de *S. vernei-S. tuberosum* spp. *tuberosum* mejorados en Holanda después de repetidos retrocruzamientos, y b) dos cultivares primitivos de *S. tuberosum* spp. *andigena* (Scurrah y Franco, 1985).

Técnicas de tamizado: Durante un período de cinco años se utilizaron pruebas de plántulas que fueron abandonadas en 1981 por un alto porcentaje de escape (Gonzales y Scurrah, 1982). Actualmente se utiliza una prueba cultivando en macetas e inoculando plantas provenientes de tubérculos-semillas. Hay una tasa de escape variable de año a año, de cerca de 15%, debido a un comportamiento variable del inóculo y a factores ambientales que afectan la invasión del nematodo y su desarrollo. Para reducir este escape, la evaluación de macetas es realizada dos veces (Scurrah y Franco, 1985). Una prueba más refinada realizada en platos de Petri (Mugniery y Pearson, 1976) mejora la exactitud y permite cuantificar la capacidad del sistema radicular para bloquear el desarrollo del nematodo. El costo del tiempo de este incremento en exactitud es una campaña extra de prueba que lleva el proceso de selección a tres años por ciclo, en vez de dos, de evaluación clonal. Estas técnicas han mejorado significativamente la eficiencia del tamizado, lo que se refleja en una selección más eficiente de progenitores, así como un incremento en la frecuencia de resistencia en las progenies.

Dentro de la estrategia de mejoramiento del CIP se considera la selección recurrente para resistencia a la raza P4A y P5A de *G. pallida*. En el primer ciclo de selección sólo 6% de la progenie exhibió resistencia a P5A, pero con un mayor nivel de resistencia. En

el caso de P4A. 15 a 20% fueron calificados resistentes, lo cual sugiere que en S. vernei el control de la resistencia depende de pocos genes. Para el siguiente ciclo los clones con resistencia tanto a P4A como a P5A fueron entrecruzados para combinar las dos resistencias. Después de tamizar las progenies sólo 3 a 5% combinaban las dos resistencias. La selección recurrente continuó añadiendo énfasis en atributos agronómicos. El cuarto ciclo de selección mostró un incremento significativo de resistencia: 65% a P4A, 53% a P5A y 35% combinando resistencia a ambas razas. El comportamiento agronómico de esta población ha mejorado significativamente (Scurrah y Franco, 1985). En 1987 se liberó y nominó en el Perú la nueva variedad María Huanca, que se caracteriza por tener alto rendimiento, resistencia parcial a P4A, alta resistencia a P5A e inmunidad a PVX.¹

Incremento en la frecuencia de genes por resistencia al tizón temprano, Alternaria solani

En los últimos años el CIP ha estado involucrado en el mejoramiento al nivel tetraploide, para resistencia al tizón temprano. En 1985 se desarrolló una prueba para tamizar plántulas por resistencia. Dos conjuntos idénticos de 26 progenies de plántulas fueron inoculados con una suspensión de 1500 a 2000 esporas/cm³ en el invernadero del CIP-Lima, y bajo condiciones de campo en San Ramón con una suspensión de 2000 esporas/cm³ a los 45 días después del trasplante de las plántulas. Las diferencias para resistencia entre las progenies fueron sustanciales en ambas pruebas y la correlación entre los resultados fue significativa al nivel de probabilidad 0.5, $r = 0.45$ (Martin et al., 1985). A pesar de la significación en la correlación, computada sobre promedios de progenies, es necesario contar con una prueba de plántulas cuyos resultados tengan un nivel más alto de concomitancia con los resultados de plantas evaluadas en el campo. El trabajo para mejorar la prueba de plántulas reconsiderando los factores de inoculación y las condiciones ambientales está en curso.

La información genética obtenida de tres experimentos dialélicos llevados a cabo en San Ramón sugiere que una gran proporción de la variabilidad genética para resistencia a A. solani en papa tetraploide es aditiva. La heredabilidad estimada promedio en sentido restringido obtenida en estos experimentos fue $h^2 = 0.70$ (Mendoza et al., 1986b). En papa diploide, S. phureja y S. stenotum, un estimado de heredabilidad en sentido restringido de $h^2 = 0.81$ fue obtenido por Herriot y Haynes (1984). Estos altos estimados de heredabilidad indican que el control de la resistencia al tizón temprano en papa, depende de unos pocos genes que actúan aditivamente. Asimismo, indican que bajo selección se puede alcanzar un progreso mensurable. Los resultados del proyecto de mejoramiento para tizón temprano a través de dos ciclos de selección recurrente no son comparables porque en el segundo ciclo se introdujeron nuevas fuentes de resistencia. Los tamizados de campo llevados a cabo en San Ramón, en plántulas trasplantadas e inoculadas artificialmente, produjeron una epifitotia intensa y uniformemente distribuida. Aunque un gran número de clones resistentes seleccionados son aún tardíos en madurez, de 5 a 10% son de madurez intermedia. Por lo tanto un éxito importante de la selección, ha sido romper la correlación aparentemente muy estrecha de la resistencia con la madurez tardía.

¹Scurrah. María: resultados inéditos.

INCREMENTO DE LAS FRECUENCIAS GENICAS EN RESISTENCIAS CONTROLADAS POLIGENICAMENTE

Las resistencias a tres de las más importantes enfermedades de la papa están involucradas en este grupo: tizón tardío (resistencia horizontal), marchitez bacteriana, y virus del enrollamiento (PLRV). La herencia de la resistencia a estas tres enfermedades, en un grado variable, no es entendida completamente debido a las complejidades inherentes y a que los métodos de tamizado necesitan ser mejorados. Estas dificultades han originado que los resultados de investigaciones genéticas sean insuficientes o contradictorios y que la eficiencia de selección en por lo menos dos de estas enfermedades no ha sido tan efectiva como se necesitaba.

Incremento en la frecuencia de genes por resistencia al tizón tardío, *Phytophthora infestans*

La mayoría de los reportes de investigación disponibles indican que el control de la resistencia horizontal al tizón tardío es poligénica. Sin embargo, cuando se consideró el tipo de acción génica en el control de la resistencia los resultados de la investigación fueron conflictivos. La habilidad combinatoria general para resistencia al tizón tardío es importante (Tai y Hodgson, 1975; Malcomsom y Killick, 1980). Sin embargo, otros autores reportaron que la acción génica no aditiva es más importante (Killick y Malcomsom, 1973; Vázquez, 1984). Posteriormente, Landeo y Calúa (1986), usando un diseño línea x probador en una población de plántulas tetraploides evaluadas bajo condiciones de campo, encontraron un estimado de heredabilidad en sentido restringido para la resistencia de $h^2 = 0.65$. Contrariamente, Vázquez (1984), en un diseño de apareamiento progenitor-progenie usando papas diploides, encontró de la heredabilidad para la resistencia en plántulas bajo condiciones de cámara de crecimiento fue $h^2 = 0.13$. En una evaluación de campo utilizando la misma población el estimado es aún más pequeño, $h^2 = 0.03$.

Se ha experimentado con varios procedimientos de tamizado en invernadero y cámaras de crecimiento para seleccionar individuos resistentes de poblaciones de tamaño grande. Estos procedimientos han incluido plantas enteras, discos de hojas, hojuelas separadas, y plántulas. Como el mayor interés del CIP es el tamizado de plántulas para grandes poblaciones segregantes, la discusión está concentrada en este tópico. Guzmán et al. (1986) reportaron una alta correlación entre tamizados de plántulas y de campo, pero solamente sobre dos progenies. Hooker (1980) reporta resultados de investigación de resistencia de una prueba de plántulas de 20 progenies de progenitores resistentes al tizón, comparados con la resistencia de plantas adultas obtenidas de las mismas progenies en el campo, en Rionegro (Antioquia), Colombia. Este autor indica que la correlación positiva a un nivel de probabilidad del 95%, entre la resistencia a estos dos estadios sugirió el valor de la prueba de plántulas. Vázquez (1984) reportó una correlación positiva y significativa al 95% de probabilidades, $r = 0.385$ entre la prueba de plántulas y la prueba de plantas adultas en el mismo grupo de 42 progenies. Nuevamente, como en el caso del tipo de acción génica los resultados son contradictorios. Como se discutió previamente en este artículo, a pesar de que los coeficientes de correlación de 0.4 ó 0.5 podrían ser estadísticamente significativos, indican que no hay suficiente grado de asociación lineal entre la respuesta de plántula y la planta adulta a la enfermedad y entonces uno no puede depender en un alto grado del tamizado de plántulas. Esto indica que es necesario realizar más investigación sobre el mejoramiento del tamizado de plántulas para seleccionar para resistencia al tizón tardío.

En el CIP la selección para resistencia al tizón tardío ha combinado el tamizado de plántulas con exposiciones posteriores de los individuos seleccionados a infecciones severas de *P. infestans* en Rionegro (Colombia) y Toluca (México). Hasta el momento los resultados son satisfactorios, pero podrían ser mejorados en la medida en que mejore la selección inicial, en el estado de plántulas.

Incremento en la frecuencia de genes por resistencia a la marchitez bacteriana, *Pseudomonas solanacearum*

La papa es atacada por las razas 1 y 3 de *P. solanacearum*. Estas razas difieren en su ecología y rango de hospedantes: la raza 1 ataca una amplia gama de especies y está presente en áreas bajas de la zona tórrida y en zonas templadas cálidas, mientras que la raza 3 está restringida a la papa y a unos pocos hospedantes alternativos. La temperatura óptima de crecimiento para la raza 3 es más baja y está presente en muchas de las áreas de producción de papa en áreas de clima tropical y subtropical y asimismo, tiene linajes adaptados a ambientes más frescos (French, 1985).

La información sobre aspectos genéticos de la resistencia encontrada en *S. phureja* es escasa. Parece que la resistencia depende de genes múltiples dominantes. Aunque la resistencia a cualquier aislamiento de *P. solanacearum*, sea conferida por pocos genes dominantes, es evidente que son necesarios muchos genes para conferir un amplio espectro de resistencia (Sequeira, 1979). Por esto, el mejoramiento por resistencia a esta bacteria es complejo y si están involucrados varios linajes, la resistencia puede ser considerada como una característica heredada poligénicamente.

La naturaleza de la resistencia a *P. solanacearum* en la población MBN (marchitez bacteriana, nematodo del nódulo) no ha sido investigada. Esta población fue creada por Mendoza y Jatala y tamizada para resistencia al nematodo del nódulo en 1976-1977. Luego fue denominada MBN y tamizada para resistencia a marchitez bacteriana por Martin en 1978. Para crear esta nueva población de amplia base genética las entradas diploides resistentes a Marchitez bacteriana y nematodo del nódulo de *S. phureja*, *S. stenotomum*, *S. sparsipilum*, *S. charoense* y en menor extensión *S. microdontum* fueron utilizadas. La razón para generar esta población fue que los genes para resistencia provenientes de estas especies divergentes podrían ser diferentes y al ser combinadas podrían proveer genotipos con resistencia estable a varios linajes de la bacteria.

La naturaleza compleja de la resistencia a *P. solanacearum* es posteriormente complicada por los efectos ambientales, v.gr., temperatura, humedad, intensidad luminosa, etc. y la interacción con el nematodo del nódulo, *M. incognita*.

Los procedimientos de tamizado también representan un problema en la selección para resistencia a la marchitez bacteriana. Sequeira (1979) indicó que la inoculación del tallo que fue utilizada al principio, era un método engorroso e inadecuado para tamizar poblaciones grandes. El mismo autor mencionó que en 1973 se desarrolló una técnica para tamizado rápido de progenies contra una mezcla de diferentes linajes de la bacteria. En 1977, el procedimiento fue abandonado, porque algunas plántulas resistentes sobrevivientes a la inoculación podrían llevar una infección latente. Además no había suficiente información acerca del grado de correlación entre la respuesta a la infección de un genotipo en el estado de plántula y la de la planta adulta. Si la correlación fuese alta, a pesar de la infección latente, el tamizado de plántulas podría ser útil para evaluar el valor como padres de progenitores promisorios. Sin embargo, en 1978, Mendoza, Martin y

Alvarez (resultados no publicados) evaluaron una población de cruzamientos 4x-2x compuesta por 7500 plántulas de las cuales el 10% sobrevivió. Una muestra aleatoria de plántulas sobrevivientes fue cultivada hasta la madurez. Las plantas obtenidas de tubérculos producidos de estas plántulas resistentes fueron inoculadas nuevamente con *P. solanacearum* y solamente algunas mostraron algún nivel de resistencia. En 1978, Martín (resultados no publicados) probó 13 181 plántulas de la población MBN y seleccionó 1 655 (12.56%) plantas resistentes sobrevivientes a la inoculación con *P. solanacearum* aislamientos 013 y 03. Más tarde, plantas de tubérculos producidos de las plántulas sobrevivientes fueron inoculadas con los aislamientos 4 y 5 de la bacteria y solamente 81 clones fueron resistentes (4.9%). La repetibilidad de la resistencia es baja, por lo tanto, hay lugar para una pregunta: ¿Cuántos de los clones resistentes en invernadero se mantendrían resistentes bajo condiciones de campos infestados con *P. solanacearum*? La respuesta parece ser obvia: hay una urgente necesidad de mejorar las técnicas de tamizado para mejorar los resultados de selección por resistencia. Esto fue ya recomendado por Sequeira (1979) durante la Conferencia de Planificación sobre el Desarrollo en el Control de Planificación sobre el Desarrollo en el Control de Enfermedades Bacterianas, celebrada en el CIP en ese año.

Hasta el momento se han identificado y liberado algunas variedades con resistencia a marchitez bacteriana, resultantes de los trabajos iniciales de Rowe, Sequeira y French. La resistencia se derivó de *S. phureja* y estos clones están bien adaptados a climas templados de la zona tórrida.

De otro lado, parece necesario reconsiderar la estrategia de mejoramiento para poder responder a las necesidades de los agricultores de los climas cálidos tropicales donde la marchitez bacteriana es un factor limitante muy serio para la producción de papa.

Incremento en la frecuencia de genes para la resistencia al virus del enrollamiento de la papa (PLRV)

La selección por resistencia al PLRV es un problema del mejoramiento el cual comparte muchas de las complejidades de la selección por resistencia a marchitez bacteriana. La información genética es extremadamente escasa y las técnicas de tamizado no han sido estudiadas suficientemente para encontrar correlaciones entre los tamizados de plántulas y las plantas adultas en el invernadero, y el comportamiento de las mismas plantas bajo condiciones de infección natural de campo. Hooker (1980) describió brevemente las técnicas de tamizado de plántulas utilizadas en el CIP para resistencia al PLRV así como el número de plántulas sujetas a esta prueba. Asimismo, estableció que la eficiencia y utilidad de la inoculación de plántulas estuvo siendo evaluada por comparación con las progenies expuestas y no expuestas a la infección de plántulas. Al presente, no hay una respuesta clara a la inquietud de Hooker acerca de la eficiencia de la prueba de plántulas. Un factor de complicación adicional en la selección para resistencia al PLRV es la interacción de este virus con otros importantes virus de la papa, v.gr., el PVY y el PVX. Esta interacción significa que si un clon de papa resistente al PLRV llega a ser infectado sea con el PVY o el PVX o ambos, su grado de resistencia original al PLRV disminuirá significativamente. El efecto de esta interacción ha sido demostrado en el CIP y ha producido un cambio en la estrategia de mejoramiento y los procedimientos de selección en el programa de mejoramiento de esta institución (Mendoza, 1987).

Todas las dificultades mencionadas anteriormente podrán explicar la razón por la cual han sido obtenidos muy pocos éxitos a pesar de que el PLRV es la enfermedad virótica más importante de la papa y muchos programas en el mundo han intentado seleccionar variedades resistentes.

VALOR AGRONÓMICO DE LA SELECCIÓN EN EL MEJORAMIENTO POR RESISTENCIA

La resistencia per se tiene un importante interés académico, pero para llegar a ser valiosa agronómicamente tiene que ser combinada con otros atributos económicamente importantes tales como rendimiento, calidad y período vegetativo con duración razonable.

Mendoza y Rowe (1977), propusieron una estrategia para mejoramiento poblacional de papa basada en el concepto que el valor comercial de un clon (x) podría ser expresado como una función de: $x = f(A+Y+R)$, donde A, Y y R representan respectivamente los efectos de los grupos de genes para adaptación, rendimiento per se, y resistencia.

Esta estrategia está dirigida a situaciones donde la papa es cultivada bajo condiciones severas de clima, plagas y enfermedades y donde las medidas de control no genéticas son insuficientes, o no aplicables. Los rendimientos de tubérculo y calidad son normalmente considerados para medir la adaptación de un genotipo dado, cultivado en condiciones ambientales dadas. No obstante, una vía más objetiva para medir la adaptación es el rendimiento por unidad de área, para ajustarlo dentro de las características de la estación de cultivo.

La resistencia, particularmente cuando está controlada poligénicamente, y la adaptación están estrechamente relacionadas. Los genes para resistencia expresarán sus efectos dentro del crecimiento vigoroso de un cultivar bien adaptado. A la inversa, los factores de resistencia contenidos en un cultivar desadaptado se expresarán a un bajo nivel. Ejemplos claros de esta asociación han sido observados en casos de resistencia al tizón tardío, marchitez bacteriana, insectos, etc.

En los procesos de selección por resistencia, por lo tanto, la resistencia per se tiene que ser siempre combinada con la adaptación a las condiciones ambientales donde se utilizará el material genético. Este concepto puntualiza la importancia de contar con técnicas eficientes de tamizado de plántulas para una eliminación temprana de genotipos susceptibles, seguida por una evaluación de campo, cuidadosamente planeada y conducida para confirmar la resistencia, pero ligada a la adaptación y buenas características comerciales.

CONCLUSIONES

El postulado "el trabajo de mejoramiento sólo podrá ser eficiente en la medida que el procedimiento de selección lo permita", ha llegado a ser claramente demostrado a través de la discusión de las varias resistencias. La inmunidad al PVY y al PVX que está controlada por alelos dominantes monogénicos ha sido introducida a varios clones, por ejemplo, LT-8,

LT-9, los cuales además de ser inmunes a ambos virus, son también tolerantes al calor, y tienen altos rendimientos y madurez precoz. Estos progresos han sido posibles debido a un control genético simple y un eficiente tamizado de plántulas el cual admite muy pocos escapes. Estas inmunidades están en proceso de ser combinadas con otras resistencias, por ejemplo al tizón tardío, al tizón temprano, al nematodo del quiste, etc.

En la selección para resistencia a los nematodos del nódulo y del quiste, pese a que la resistencia fue transferida de especies silvestres y cultivares primitivos, se ha obtenido un progreso significativo. En el caso de estas dos plagas del suelo la disponibilidad de procedimientos de tamizado en invernadero tuvo una importancia fundamental. Si no fuera por estos métodos habría sido necesario depender de pruebas de campo y es bien conocido que la infestación de campo es desuniforme, lo cual habría llevado a la ineficiencia debido a una gran proporción de escapes.

En el caso de los tizones producidos por *P. infestans* y *A. solani*, aunque las técnicas de tamizado de plántulas necesitan ser mejoradas, los progresos alcanzados en la selección de campo para las resistencias han sido satisfactorios. La selección de lugares adecuados de prueba donde se presentan naturalmente epifitias severas, o son inducidas por inoculación artificial, ha permitido incrementar la frecuencia de los genes que controlan estas resistencias. Asimismo, ha permitido seleccionar progenitores que transmiten sus resistencias a una alta proporción de sus progenies.

La selección por resistencia a la marchitez bacteriana y al PLRV aún constituye un serio reto al fitomejorador. Las complejidades involucradas en estas resistencias, sus interacciones con otros parásitos, la especificidad de la resistencia a *P. solanacearum* son problemas por superar. Un mejoramiento significativo de las técnicas de tamizado, así como una reconsideración de las estrategias de mejoramiento son indispensables para alcanzar el éxito. En el caso particular de la marchitez bacteriana parece necesario promover un trabajo de selección más específico en las regiones del CIP o en los programas nacionales, pues los clones resistentes seleccionados en otra parte podrán fallar totalmente en la presencia de diferentes linajes de *P. solanacearum*. En la selección por resistencia al PLRV ya han sido tomadas medidas para corregir la estrategia de mejoramiento.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- BUSBICE, T.H.; HILL, R.R.; CARNAHAN, H.L. 1972. Genetics and Breeding Procedures. In: Alfalfa Science and Technology. C.H. Hanson, Ed. American Soc. of Agron. Madison, Wisconsin, U.S.A.
- FALCONER, D.S. 1981. Introduction to Quantitative Genetics. 2nd ed. Longman, Londres.
- FERNANDEZ-NORTHCOTE, E.N.; MENDOZA, H.A.; GALVEZ, R. 1986. Breeding for Potato Virus Y (PVY) Immunity combined with earliness and tolerance to heat. Amer. Potato J. 63:422-423 (Abst.)

- FRENCH, E.R. 1985. Interaction between strains of Pseudomonas solanacearum, its hosts and environments. In Bacterial Wilt Disease in Asia and the South Pacific. Perseley G.J. Australian Center for International Agricultural Research (ACIAR), Canberra. 145 pp.
- GONZALEZ A.; M. SCURRAH. 1982. Discrepancy between seedlings and tubers for resistance to Potato Cyst Nematode, Globodera pallida. In: Proc. Int. Cong. on Research for the Potato in the Year 2000. International Potato Center. Lima-Peru, 199 p.
- GUTIERREZ, L.I.; MENDOZA, H.A.; JATALA, P. 1987. Genetic variability for resistance to the root-knot nematode Meloidogyne incognita and its implication in potato breeding.
- GUZMAN, J.; THURSTON, H.D.; HEIDRICK, L.E. 1966. Métodos de selección por resistencia parcial a Phytophthora infestans en el invernadero. Amer. Potato J. 43:35-42.
- HERRIOT, A.B.; HAYNES, F.L. 1984. The heritability of resistance to early blight disease in diploid potato (S. tuberosum subssp. phureja and stenotomun). Amer. potato J. 61:524 (abst.)
- HOOKE, W.J. 1980. Disease Resistance Evaluations. In: Report of the Planning Conference Utilization of the Genetic Resources of the Potato III. International Potato Center. Lima-Peru. 235 pp.
- JATALA, P. 1982. An efficient method for screening large number of potato seedlings for resistance to Meloidogyne species. In: Proc. Int. Cong. on Research for the Potato in the Year 2000. International Potato Center. Lima- Peru. 199 pp.
- KEMPTHORNE, O. 1957. An introduction to Genetic Statistics. John Wiley, New York, U.S.A.
- KILLICK, R.J.; MALCOMSON, J.F. 1973. Inheritance in potatoes of field resistance to late blight (Phytophthora infestans Mont de Bary). Physiol. Pl. Path. 3:121-123.
- LANDEO, J.A.; CALUA, L. 1986. Combining Ability Analysis for Field Resistance to Late Blight in Potato Seedlings. Amer. potato J. 63:438 (abst.)
- MALCOMSON, J.F.; KILLICK, R.J. 1980. The breeding values of potato parents for field resistance to late blight measured by whole seedlings. Euphytica 29:489-495.
- MARTIN, C; TORRES, H.; MENDOZA, H.A. 1986. Development of an Early Blight Seedling screening test in potatoes. American Potato J. 63:444.
- MENDOZA, H.A.; ROWE, P.R. 1977. Strategy for Potato population breeding for adaptation to the lowland tropics. Amer. potato J. 54:488.
- MENDOZA, H.A. 1980. Thrust II Philosophy, Organization, and Program Development. In: Report of the Planning Conference Utilization of the Genetic Resources of the Potato III. International Potato Center. Lima-Peru. 235 pp.

- MENDOZA, H.A.; JATALA, P. 1982. Breeding for resistance to Root-knot nematodes. In: Proc. Int. Congr. on Research for the Potato in the Year 2000. International Potato Center. Lima-Peru. 199 pp.
- MENDOZA, H.A.; JATALA, P. 1985. Breeding potatoes for resistance to the Root-knot nematode Meloidogyne species. In: Advanced Treatise on Meloidogyne. Vol. I Biology and Control. Sasser J. N. y C. C. Cartes, Eds. North Carolina State Univ. 422 pp.
- MENDOZA, H.A. 1986. Advances in Population Breeding and its potential impact on the efficiency of Breeding Potatoes for Developing Countries. In: The production of New potatoes varieties: Technological advances. Jellis G.J. and D.E., Richardson, Eds. Cambridge University Press. England. 370 pp.
- MENDOZA, H.A.; MARTIN, C.; VALLEJO, R.; ESPINOZA, J. 1986. Breeding for resistance to early blight (Alternaria solani). Amer. potato J. 63:444-445. (Abst.)
- MENDOZA, H.A. 1987. Breeding for resistance to Potato Virus Y, X and Leafroll: Research Strategy and Selection Procedures. (manuscript sent for publication).
- MUGNIERY, D.; PEARSON, F. 1976. Méthode d'Elegage de Quelques Nematodes a Kystes du Genre Heterodera. Science Agronomiques Rennes. 217-220.
- SCURRAH, M.; FRANCO, J. 1985. Breeding for Resistance to Globodera pallida at CIP. EPPO Bulletin No. 15:167-173.
- SEQUEIRA, L. 1979. Development of resistance to Bacterial Wilt Derived from Solanum phureja. In: Report of Planning Conference on Developments in Control of Potato Bacterial Diseases. International Potato Center. 137 pp.
- TAI, G.C.C.; HODGSON, W.A. 1975. Estimating General Combining Ability of Potato Parents for field resistance to late blight. Euphytica 24:285-289.
- VAZQUEZ, V. 1984. Estudio de resistencia horizontal a Phytophthora infestans Mont de Bary en papas cultivadas solanum stenotomun Juz. et Buk. Tesis M. Sc. Universidad Nacional Agraria, La Molina, Lima-Perú. 63 pp.

Mejoramiento para Resistencia a Virus en el Programa Argentino de Papa

MARCELO A. HUARTE, IVAN P. BUTZONITCH y AMERICO O. MENDIBURU

Responsable de Mejoramiento Genético, Laboratorio de Análisis de Semilla de Papa y Coordinador del Programa Papa, respectivamente. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Buenos Aires, Argentina.

INTRODUCCION

La degeneración de los tubérculos-semillas de papa por efecto de la virosis ha sido un problema limitante de la producción de papa en la Argentina. El problema se agrava aún más en las áreas semilleras como el Sudeste de la Provincia de Buenos Aires (SEPBA), en la cual la presencia de áfidos durante gran parte del cultivo aumenta las posibilidades de transmisión de las enfermedades degenerativas. La importancia del problema tiene una perspectiva histórica y tecnológica. La ausencia de técnicas adecuadas de producción de tubérculos-semillas y la susceptibilidad de los cultivares extranjeros utilizados a comienzos de siglo dieron origen a una severa crisis de producción en la temporada 1936/37 que hizo desaparecer todos los cultivares. Poco después de la crisis se iniciaron trabajos de mejoramiento que llevaron a la liberación del cultivar Huinkul MAG en 1948. Este cultivar adaptado localmente, de buena conservación en el campo, moderada resistencia al virus del enrollamiento de las hojas de la papa (PLRV) y resistencia en el campo al virus Y de la papa (PVY), alcanzó rápidamente 80% del área bajo cultivo en el país, despiazando a Katahdin. Hasta 1973/74 la producción de tubérculos-semillas de los cultivares nacionales se podía realizar en el SEPBA sin grandes inconvenientes mientras que los tubérculos-semillas de los cultivares extranjeros se importaba con frecuencias y cantidades variables. Las epifitias de estos años diezmaron a Huinkul MAG y otros cultivares nacionales. Por esta razón, el programa de mejoramiento genético tomó el problema como prioritario, poniéndose énfasis en la resistencia a PLRV y CVY.

En la actualidad, si bien el objetivo de resistencia a virosis sigue vigente, la importancia relativa de los esfuerzos en ese sentido ha disminuido ante el desarrollo de técnicas de avanzada en la producción de tubérculos-semillas.

LA UTILIZACION DE PROGENITORES INTRODUCIDOS

La introducción directa y los cruzamientos entre materiales extranjeros resistentes y nacionales adaptados han sido los dos métodos tradicionales utilizados en el programa argentino. Mientras los productos seleccionados de las introducciones directas nunca fueron utilizados como cultivares de uso comercial en el país, los obtenidos en los programas de cruzamientos y selección han tenido éxito y aceptación por parte de los productores.

Los cultivares de origen alemán Apta, Hessenkrone y Wanda y once clones del Max Plank Institute (MPI) introducidos en 1967 han sido descritos como resistentes al PLRV por Huarte y Mendiburu (1979) y en algunos de ellos también se citan resistencias al PVY, al virus X de la Papa (PVX) y a Phytophthora infestans.

En la Tabla 1 se resumen algunas de las características de los materiales introducidos del MPI y su utilización en el programa argentino (serie 1969).

Los clones MPI 58229/360, MPI 601237/192, MPI 601237/324, MPI 61375/23 y los cultivares Hessenkrone y Wanda aún se encuentran en la colección de la EEA Balcarce luego de 20 multiplicaciones en el campo y se utilizan en cruzamientos de rutina.

En cuanto a la utilización de estos materiales, tres de ellos han producido cultivares de uso comercial en cruzamientos con clones adaptados del programa:

Serrana INTA = MPI 59.703/21 x B 2.63
 Achirana INTA = MPI 61375/23 x B 25.65
 Chacay INTA = MPI 61375/23 x Huinkul MAG
 Pampeana INTA = MPI 59789/12 x Huinkul MAG

Los clones MPI 58229/360, MPI 59546/8, MPI 59789/12, MPI 61513/43 y MPI 61563/8 han sido utilizados como hembras y como machos mientras que MPI 544129/288 no pudo ser utilizado por su esterilidad femenina y masculina.

Tabla 1. Algunas de las características de los materiales introducidos del MPI y su utilización en el programa argentino (serie 1969)

Clon o cultivar	Características de resistencias ^a	Serie 1969		
		Nº Cruz.	Nº Clon 1er año	Frac. Sel. 1er año (%)
MPI 59703/21	PLRV, PVX, Phyt.	5	1 048	0,3
MPI 58229/360	PLRV, PVY, PVA	3	569	0,7
MPI 544129/288	PLRV, PVY, PVA	-	---	-
MPI 51175/110	PLRV, PVY, PVA	1	120	0
MPI 601237/192	PLRV, PVY, PVA	-	---	-
MPI 601237/324	PLRV, PVY, PVA, PVX	4	953	0,4
MPI 61368/1	PVY, PVA, Phyt.	3	480	0
MPI 59546/8	Phyt.	12	3 017	0,3
MPI 59789/12	PLRV, Phyt.	9	2 586	0,4
MPI 61375/23	PLRV, PVX, Phyt.	10	4 229	0,3
MPI 62220/9	PLRV, Phyt.	-	---	-
MPI 601237/389	PLRV, Phyt.	-	---	-
MPI 61513/43	PVY, PVA, PVX, Phyt.	6	1 300	0,6
MPI 61563/8	PLRV, PVY, PVA	8	2 173	0,7

^aInformación producida por el MPI y la EEA, Balcarce.

Se observa la baja fracción seleccionada obtenida en la serie 1969, debida principalmente a PLRV. En la serie 1969 se obtuvieron clones resistentes pero no reunieron otras características favorables por lo que no se obtuvieron clones avanzados o cultivares. Se ha observado una gran variación anual en las fracciones seleccionadas, por ejemplo para el clon MPI 61513/43 los promedios de las fracciones seleccionadas en las series 1969 y 1971 fueron 0.6 y 10.7 respectivamente, y para el clon MPI 61375/23; fueron 3.5, 0.5 y 10.4 para las series 1968, 1969 y 1971, respectivamente.

Las referencias respecto a la utilización de estos clones y su relación con la resistencia a virus se realizan empíricamente, y sólo hacen relación a los años en que el manejo del material de cría favorecería infestaciones elevadas que eran la principal causa de eliminación de material (1969 en adelante). Por lo tanto, éste resulta un dato valioso en la evaluación de la aptitud de transmitir las características de resistencia. No obstante, se deben considerar variaciones debidas a las condiciones del año y a las características dispares de los diferentes progenitores cruzados con estos materiales.

La confirmación de resistencia de los materiales obtenidos sólo se realiza luego de varios años de exposición y siguiendo otras metodologías (Butzonitch, 1971). En esa etapa no se observan diferencias entre progenitores respecto a la capacidad de producir un mayor número de progenies resistentes ya que sólo quedan dos o tres clones entre las decenas de miles que fueron sometidos a selección en la primera generación clonal.

LA UTILIZACION DE MATERIALES ARGENTINOS CON RESISTENCIA A VIROSIS

Los materiales argentinos que han demostrado resistencia al PLRV también se han caracterizado por su gran adaptación a condiciones adversas (altas temperaturas, exceso y falta de agua, enfermedades criptogámicas, etc.), alta capacidad de rendimiento, buenas características culinarias y de aspecto externo del tubérculo.

La utilización de Serrana INTA (870.178.2 = CIP 720087), Achirana INTA (B 71.240.2 = CIP 720088), Primicia INTA (B 70.215.6 = CIP 720140) y Sureña INTA (B 70.294.8 = CIP 720141) ha sido muy amplia tanto en el programa argentino como fuera de él, en especial los dos primeros cultivares. Una descripción detallada de estos cultivares ha sido realizada por Huarte y Mendiburu (1979) y por Huarte et al. (1986a y 1986b).

Aún no se dispone de información completa sobre el valor genético reproductivo de todos los materiales producidos. La Tabla 2 muestra un análisis similar al efectuado con los clones alemanes para Serrana INTA, Primicia INTA y Sureña INTA, comparadas con Huinkul MAG y Pentland Crown en los cruzamientos de la serie 1984. Aún no se ha completado el procesamiento estadístico de esta información y ni de otros datos disponibles de series anuales de familias de medios hermanos. La información de la primera generación clonal indica que no existen diferencias notables en el comportamiento como progenitores de estos cultivares en relación con Huinkul MAG, que ha sido el progenitor más utilizado en el programa.

Tabla 2. Fracción seleccionada (% y No. de clones) en la primera y en la segunda generación clonal en las familias de tubérculos de cinco progenitores en combinaciones diferentes con clones y cultivares de la colección del Programa Argentino (serie 1984)

Progenitores	No. de cruzam.	Primera generación clonal				Segunda generación clonal			
		Fracción de selección (%)			No. clones seleccionados	Fracción de selección (%)			No. clones seleccionados
		General ^a	Promedio ^b	Rango		General	Promedio	Rango	
Huinkul MAG	25	12,4	17,2	2,4-44,4	723	20,0	24,0	0,0-65,0	139
Serrana INTA	8	9,6	20,6	5,1-58,0	107	15,8	12,1	0,0-40,0	15
Primicia INTA	12	11,3	19,2	5,6-77,7	245	21,0	28,7	6,6-66,6	45
Sureña INTA	17	11,0	11,9	5,0-26,6	112	28,7	33,7	0,0-100	31
Pentland Crown	17	13,0	18,3	0,7-44,4	277	19,0	27,8	0,0-100	46

^aFracción de selección general: No. total de clones seleccionados/No. total de clones en esa serie.

^bFracción de selección promedio: Promedio de fracciones de selección por familia en esa serie.

Cuando sólo se consideran progenitores comunes Sureña INTA, Primicia INTA, Serrana INTA y Pentland Crown, éstos superan a Huinkul MAG en el porcentaje de clones seleccionados en la primera generación clonal (Tabla 3), hecho que indicaría un mejor resultado respecto a las virosis en esos materiales. El tipo de manejo en la segunda generación clonal (cinco plantas por clon) hace que la información que ésta suministra se relacione además de resistencia a virosis con otras características importantes (rendimiento, aspecto del tubérculo, y susceptibilidad a fusariosis principalmente). Si bien estos cultivares con una aparente mayor resistencia a PLRV que la de Huinkul MAG no superan los porcentajes de selección de éste en la segunda generación clonal, los clones seleccionados en las familias de los cultivares resistentes sobrevivieron a la selección en las generaciones clonales avanzadas y dieron lugar a un mayor número de clones avanzados (de más de siete años de multiplicación) y cultivares (Araucana INTA = Serrana INTA x Huinkul MAG). Se interpreta este hecho por la presencia de una mayor resistencia a virus en los materiales obtenidos de los progenitores resistentes (Tabla 4).

SELECCION DE PROGENITORES POR APTITUD COMBINATORIA PARA LA RESISTENCIA A VIROSIS

A partir de 1983 se comienza un manejo del material de cría que favorece la selección de clones con mejores características de precocidad, aspecto del tubérculo y calidad culinaria, caracteres que han sido mencionados como negativamente correlacionados con la resistencia a PLRV. Por lo tanto, se diseña un proyecto específico de búsqueda de resistencia a virosis que sigue con el manejo de material que favorece la alta infestación: siembra tardía, siembra de plantas enfermas para elevar el nivel de inóculo, sin aplicación de insecticidas y sin eliminación del follaje. Asimismo, se intenta conocer la aptitud de los progenitores para transmitir la resistencia utilizando diseños genéticos.

En la serie 1984 se diseñó un dialelo parcial en el que intervinieron Achirana INTA, Serrana INTA, Primicia INTA, Sureña INTA, Huinkul MAG y Pentland Crown. Se utilizó un diseño estadístico de bloques completamente al azar con seis repeticiones. La unidad experimental estaba formada por 20 plantas provenientes de tubérculos de primer año. Se sembró un surco de inóculo por cada surco de ensayo. Al año siguiente de la estación de inoculación se sembró todo el material cosechado pero no se pudo obtener datos concluyentes por diversas causas: estrés hídrico y exceso de agua alternativos y una fuerte interacción con la susceptibilidad a PVY y PVX. No obstante, el material fue sembrado un tercer año (1987) donde se pudieron observar 28 clones con resistencia aparente al PLRV. La distribución de los mismos según los progenitores utilizados se observa en la Tabla 5.

La información preliminar obtenida con este experimento concuerda en buena medida con los análisis de las fracciones de selección en la primera generación clonal utilizando progenitores comunes.

Los progenitores resistentes como Serrana INTA, Pentland Crown y Achirana INTA, demuestran su capacidad de producir mayor número de progenies resistentes. Resulta evidente que la información de las fracciones de selección en la primera generación clonal no es muy útil para discriminar entre progenitores de aptitud combinatoria intermedia y baja como podrían ser Primicia INTA y Sureña INTA.

Tabla 3. Fracción seleccionada (%) en la primera generación clonal en familias de tubérculos de cuatro progenitores en combinaciones con clones y cultivares comunes con Huinkul (serie 1984)

	Sureña INTA	Huinkul MAG		Pentland Crown	Huinkul MAG
B 71.63	9,4	7,7	Sahel	10,4	5,0
B 71.74.49.12	15,3	10,2	Kennebec	13,7	2,4
			Lola	12,5	6,7
			Monza	19,1	22,9
			B 77.861.4	16,5	13,6
			B 78.501.97	13,9	12,5
Promedio	12,4	8,9	Promedio	14,4	10,5
No. de clones seleccionados	49	100	No. de clones seleccionados	143	187
	Primicia INTA	Huinkul MAG		Serrana INTA	Huinkul MAG
B 71.63	12,6	7,7	Rideau	12,0	10,0
B 70.207.2	13,6	11,7	Manna	19,3	22,9
B 78.501.97	17,3	12,5	B 71.63	25,0	7,7
B 78.502.45	37,7	12,4	Pool Calidad	58,0	44,4
B 77.861.4	11,9	13,6			
Pool Calidad	77,7	44,4			
Promedio	28,5	17,1	Promedio	25,6	21,3
No. de clones seleccionados	141	169	No. de clones seleccionados	34	93

Tabla 4. Fracción seleccionada (%) en la segunda generación clonal en familias de clones (cinco plantas por clon) de cuatro progenitores de combinaciones con clones y cultivares comunes con Huinkul MAG

	Sureña INTA	Huinkul MAG		Pentland Crown	Huinkul MAG
B 71.63	0,0	11,5	Sahel	28,6	6,3
B 71.74.49.12	20,9	14,3	Kennebec	3,5	10,0
			Lola	21,0	0,0
			Monza	14,3	23,0
			B 77.861.4	20,0	25,7
			B 78.501.97	35,7	53,0
Promedio	10,5	12,9	Promedio	20,5	19,6
No. de clones seleccionados	9	11	No. de clones seleccionados	22	40
	Primicia INTA	Huinkul MAG		Serrana INTA	Huinkul MAG
B 71.63	22,7	11,5	Rideau	0,0	8,3
B 70.207.2	33,3	10,0	Manna	0,0	9,5
B 78.501.97	18,8	53,3	B 71.63	16,0	11,5
B 78.502.45	6,6	30,8	Pool Calidad	0,0	50,0
B 77.861.4	11,1	25,7			
Pool Calidad	50,0	50,0			
Promedio	23,8	30,2	Promedio	4,1	19,8
No. de clones seleccionados	24	34	No. de clones seleccionados	1	18

Tabla 5. Número de clones con resistencia aparente al PLRV obtenidos de un dialelo entre seis progenitores después de tres ciclos de exposición a campo

Progenitores	Serrana INTA	Pentland Crown	Achirana INTA	Huinkul MAG	Sureña INTA	Primicia INTA
Primicia INTA	0	0	0	0	0	-
Sureña INTA	7	0	0	0	-	
Huinkul MAG	4	1	5	-		
Achirana INTA	2	5	-			
Pentland Crown	9	-				
Serrana INTA	-					
Total x progenitor	22	15	12	10	7	0

CONCLUSIONES

El manejo del material de reproducción en condiciones que favorecen la alta infestación con virosis ha permitido la selección de materiales con resistencia a las mismas. La fracción de selección en la primera generación clonal en promedio de familias de medios hermanos sería un dato útil para la selección de progenitores con buena aptitud combinatoria para la resistencia a virosis. En la actualidad el programa argentino tiene un proyecto específico para la búsqueda de resistencia a fin de evitar la competencia entre objetivos de selección, en especial con el programa de obtención de cultivares de uso comercial. Se considera de gran importancia para efectuar el tamizado para PVY y PVX previo a la realización de estudios genéticos con PLRV, aunque han subsistido algunos inconvenientes de índole práctica en su ejecución (importancia del PVY^N). Asimismo, se están comenzado trabajos de obtención de isolíneas susceptibles y resistentes de especies silvestres con el objeto de incorporar resistencia a cultivares susceptibles por medio de la utilización de técnicas no convencionales (ingeniería genética).

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

BUTZONITCH, I.P. 1971. Plan de Trabajo 29:1960: Investigación de los virus de la papa en el Sudeste de la Prov. de Bs. As. INTA-EEAB.

HUARTE, M.A.; MENDIBURU, A O. 1979. Resistencia genética al enrollado de la hoja en papa. III Reunión Latinoamericana de Coordinación de Actividades de Investigación y Producción de Papa y Primer Congreso de ALAP. Poços de Caldas, M.G. Brasil, Marzo 1979.

HUARTE. M.A.; MENDIBURU A.O.; MONTI. M.C.; BUTZONITCH. I.P. 1986a Serrana INTA widely-adapted virus-resistant variety from Argentina. Amer. Potato J. 63:695-699.

HUARTE, M.A.; MENDIBURU, A.O.; MONTI, M.C.; BUTZONITCH, I.P. 1986b. Catálogo de Variedades de Papa del INTA Balcarce. EEA INTA Balcarce. Departamento de Comunicaciones.

Melhoramento para Resistencia a Virozes em Batata no Brasil: Metodologia de Avaliação e Resultados

JOSE AMAURI BUSO¹, ANTONIO C. DE AVILA¹, MARTINUS A. BEEK², FERMIN DE LA PUENTE² y FRANCISCO J.B. REI-SCHNEIDER¹

¹Pesquisadores, Centro Nacional de Pesquisa de Hortaliças (CNPB) - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). Brasil. ²Ex-Consultores do Instituto Interamericano de Cooperación para a Agricultura (IICA), no CNPB-EMBRAPA.

INTRODUÇÃO

A batata é a hortaliça de maior importância econômica no Brasil. Uma área de 161 000 ha é cultivada anualmente, com uma produção aproximada de 1 900 000 t. A rápida degenerescência da batata semente causada por diversas viroses é um dos principais problemas da cultura. Isto obriga aos agricultores a renovarem seus estoques de batata semente com novas aquisições a cada dois ou três ciclos de produção. Vários outros fatores estão relacionados à rápida degenerescência da batata semente.

1. Utilização de cultivares, em sua grande maioria, com susceptibilidade ou baixo nível de resistencia a viroses.
2. Presença de formas aiadas de M. persicae durante todo o ano.
3. Presença de outras solanáceas cultivadas (tomate, beringela, jiló, pimentão) nas proximidades de campos de produção de batata consumo.
4. Plantio de batata em diferentes épocas do ano.
5. Existência de ervas daninha, e plantas voluntárias de batata como reservatório de virus.

A participação da batata semente no custo final de produção chega em alguns casos a 50%. Medidas que possam estender o período de utilização econômica da batata semente, antes da renovação dos estoques, poderiam reduzir os custos de produção.

Os dois virus de maior importância econômica no Brasil são o virus do enrolamento das folhas da batata (PLRV), e o virus Y da batata (PVY). O uso de cultivares com maiores níveis de resistência à infecção ao PLRV e PVY, poderia estender o período de utilização de batata semente pelos produtores.

PROGRAMAS INICIAIS - PERÍODO DE 1947 A 1981

Programas de melhoramento conduzidos entre 1947 e 1981 obtiveram cultivares com bons níveis de resistência às duas viroses (Tabela 1). Porém, devido às características dos tubérculos e falta de batata semente, essas cultivares não competem comercialmente com as cultivares européias atualmente plantadas no Brasil, à exceção da cultivar Baronesa no Estado do Rio Grande do Sul.

CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE HORTALICAS (CNPV)

Período 1981 a 1985

Neste período, 6 953 clones originários do CIP e 59 clones do IAC foram selecionados para caracteres hortícolas e avaliados com exposições em gerações sucessivas à infecção natural em campo para PLRV e PVY no CNPV. A avaliação de PLRV foi feita visualmente ao 40 e 60 dias do plantio.

Após cinco gerações de exposição à infecção natural, foram selecionados 13 clones como resistentes a PLRV e/ou PVY (Tabela 2).

Tabela 1. Cultivares liberadas no período 1947-1981 com resistência a PLRV e/ou PVY

Cultivar	Pedigri	Origem	Resistência		Ano lançamento
			PLRV	PVY	
Aracy	Katahdin x Profyt	IAC	R	R	1952 (?)
Baronesa	Loman OP	DNPEA ^a	RI	RI	1952
Chiquita	Delta x Pamir	EPAMIG	R	R	1981
Mantiqueira	Cosima x Hydra	EPAMIG	R	R	1981
Santo Amor	Konsuragis x Baronesa	DNPEA ^a	RI	R	

R = resistente

RI = resistente intermediária

^aAntecessor da EMBRAPA

Período 1984 - 1987

Em 1948, iniciou-se no CNPV, um projeto específico para seleção de clones com resistência a PLRV e PVY. Este programa foi estruturado e vem sendo conduzido como segue:

Tabela 2. Clones seleccionados após 5 gerações de exposição à infecção natural, (%) PLRV e (%) PVY, e caracteres de tubérculo

Clone	Pedigree	Origem	(%) PLRV	(%) PVY	Formato	Película	Corolho película	Profundidade olho	Corolho interno
1-1	Aracy x Abnaki	IAC	0	28	redondo	lisa	amarela clara	superficial	amarela clara
14-1	Southeast x MPI 49.540-2	IAC	70	25	redondo	áspera	amarela oscura	superficial	amarela
19-01	Aracy x 644-98	IAC	19	86	ovalado	lisa	amarela clara	superficial	branca
21-1	Aracy x 652-64	IAC	64	32	oval arredondado	lisa	amarela clara	mediana profundidade	branca
23-1	Aracy x 654-57(4)	IAC	2	19	redondo	lisa	amarela	superficial	amarela clara
29-2	Jacy x 652-64(1)	IAC	32	21	ovalado	lisa	amarela clara	superficial	amarela
31-1	Jacy x 656-70	IAC	62	18	oval arredondado	lisa	amarela	superficial	amarela clara
102-1	G4561 X MPI 62.472	IAC	0	19	oval alongado	lisa	amarela clara	superficial	amarela
310369	Serrana x 14XY-4	CIP	4	21	oval arredondado	lisa	amarela	superficial	amarela
310396	Serrana x 14XY-4	CIP	9	0	oval arredondado	lisa	amarela clara	mediana profundidade	branca
310405	B71240-2 x 14XY-4	CIP	44	61	oval alongado	lisa	amarela clara	superficial	branca
379331-4	(4312 x M12.1) x B 522.33	CIP	12	0	ovalado	lisa	amarela clara	superficial	amarela
381014-47	B71.240.2 x XY2.9	CIP	0	25					

1. Avaliação de prováveis progenitores.
2. Cruzamentos.
3. Inoculação com PVY e seleção em fase de plântula.
4. Avaliações de clones para caracteres hortícolas.
5. Recombinação entre clones resistentes.

O seguinte esquema está sendo utilizado na condução das famílias segregantes: 1: 4: 10: 20: 40: 100 plantas por genótipo, nos sucessivos ciclos de seleção. Ao final será feita avaliação para PLRV e PVY utilizando-se de delineamento específico.

RESULTADOS

1. Avaliação de prováveis progenitores. Cincoenta e cinco cultivares de origem européia, canadense e brasileira foram avaliadas em 1984 e 1985 para resistência a PLRV e PVY. As cultivares consideradas promissoras na primeira avaliação (primeira exposição) foram mantidas em teste. A maioria das 12 melhores cultivares são de origem alemã (Tabela 3).

Tabela 3. Porcentagem de PLRV e PVY das 12 melhores cultivares de batata, e duas testemunhas, avaliadas após exposições à infecção natural a campo, CNPH, 1984 e 1985

Cultivar	Origem	(%) PLRV Exposição		(%) PVY Exposição	
Achat	Alemanha	2	16	35	36
Aracy	Brasil	5	32	8	12
Eba	Holanda	2	28	22	30
Erna	Alemanha	3	0	2	22
Escort	Holanda	0	0	5	4
Eureka	Fraça	8	24	55	89
Isna	Alemanha	0	03	09	03
Jasmin	Polonia	2	39	12	5
Judica	-----	0	4	0	15
Puntila	Alemanha	0	12	20	16
Roxy	Alemanha	4	23	3	0
Tella	Alemanha	8	18	47	42
Bintje	Holanda	28	52	65	100
Chiquita	Brasil	30	52	20	36

Observou-se uma boa associação entre os resultados das avaliações feitas em Brasília com os das avaliações feitas nos países de origem.

Posteriormente, 28 clones, a maioria deles provenientes do CIP, foram avaliados sob duas diferentes pressões de fonte de inóculo: (1) alta pressão, no CNPH, com utilização de bordaduras de plantas infectadas com PLRV e sem uso de inseticidas, e (2) baixa pressão, em campo de produtor, cercado por cultivo comercial de batata plantado com semente certificada (5% de PLRV), e com uso intensivo de inseticidas. Após dois ciclos de exposição, observou-se que nas condições de alta pressão de fonte de inóculo (CNPH), houve pouca discriminação entre os clones. Apenas dois deles obtiveram menos de 60% de plantas infectadas nas duas gerações de exposição, i.e., CFS 69-1 (CIP) e a cultivar Contenda (IAPAR/CNPH). As avaliações feitas em baixa pressão de fonte de inóculo foram melhores para separar as cultivares com diferentes níveis de resistência. Os clones ou cultivares que apresentaram até 28% de PLRV nas condições de baixa pressão de fonte de inóculo foram: Serrana, BR 63.65, LT-1, BR 63.65 x Atlantic, BL-2.9, BR 63.77, CFS-69.1, BR 63.74 x Anita, MS IC-6, B 71240-2 e Santé. Os dois melhores clones foram Serrana e B 71.240-2, originários do programa argentino, respectivamente com 0 e 9% de PLRV. Como comparação, a cultivar Aracy apresentou 54%.

2. Inoculação com PVY, seleção em fase de plântula e seleção para caracteres hortícolas.

Aproximadamente 100 000 plântulas provenientes de 150 famílias originárias de cruzamentos e polinização aberta, foram inoculadas com PVY, utilizando-se de pistola com pressão constante. Aproximadamente 1,5% da população foi selecionada na fase de plântula e planta adulta, produzidas em telados. Após dois ciclos de seleção para caracteres hortícolas, 0,52% da população original está sendo mantida para avaliação na fase de 20 plantas por clone.

METODOLOGIA UTILIZADA PARA AVALIACAO DA RESISTENCIA A INFECCAO DO PLRV

A metodologia utilizada no CNPH tem sido a exposta em WIERSEMA (1972), com modificações. Os clones em avaliação são plantados em delineamento específico, contando de 10 a 20 repetições ao acaso de duas plantas por genótipo. São utilizadas bordaduras de infecção com *Datura stramonium* ou tubérculos infectados com PLRV. A disposição das parcelas dos experimentos é a mesma nas duas exposições. Tubérculos dos clones em testes são produzidos em telados à prova de afídeos.

Após cada colheita são amostrados 3 a 5 tubérculos por planta e feita a avaliação da porcentagem de plantas com sintomas secundários de PLRV, por sintomas visuais e/ou ELISA. Como testemunha tem-se utilizado as cultivares Aracy e Bintje. São selecionados clones com níveis de (%) PLRV iguais ou abaixo ao apresentado pela cultivar Aracy.

REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

WIERSEMA, H.T. 1972. Breeding for Resistance. In: J.A. de Bokx, Viruses of potatoes and seed-potato production, Wageningen, PUDOC, p. 174-187.

Evaluación de Resistencia a la Infección de Campo con el Virus del Enrollamiento de las Hojas de la Papa (PLRV)

JOSE SANTOS-ROJAS y JULIO KALAZICH

Ing. Agr., y Ph.D., Líder y Fitomejorador del Programa de Papa, respectivamente. Estación Experimental Remehue; Instituto de Investigación Agropecuaria (INIA), Osorno, Chile.

INTRODUCCION

El virus del enrollamiento de las hojas de la papa (PLRV) es una de las enfermedades más serias de este cultivo y es responsable de grandes pérdidas de rendimiento, en todo el mundo. En América Latina es la enfermedad virótica más importante que afecta a la papa.

En Chile, el PLRV está presente en todas las zonas productoras y es uno de los principales causantes del fenómeno "degenerativo" de las variedades. Produce pérdidas de rendimiento y económicas considerables y creó serias dificultades al programa de certificación de tubérculos-semillas del país.

El control del PLRV se está encarando principalmente en "forma indirecta" mediante la producción y uso de tubérculos-semillas de categoría certificada, que ha resultado ser un método efectivo y satisfactorio. No obstante, en las áreas más templadas y más calurosas (Zona Central) y en las estaciones secas y calientes, el PLRV se disemina e incrementa con rapidez, dado que la mayoría de las variedades cultivadas son susceptibles al virus. De ahí que el Programa de Fitomejoramiento de Papa del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) esté tratando de incorporar resistencia al virus en los nuevos genotipos.

Tanto para determinar buenos progenitores como para evaluar resistencia al PLRV en líneas avanzadas es importante contar con una técnica sencilla que permita discriminar entre materiales que tienen diferente grado de resistencia a la enfermedad. Una de estas técnicas es exponer materiales en el campo a la infección natural del PLRV mediante la acción de áfidos vectores. El Programa Papa del INIA viene empleando este método desde la temporada 1977/1978.

Previous Page Blank

METODOLOGIA

El procedimiento es simple y consiste en poner una fuente de infección del PLRV "ex profeso" entre los materiales para evaluar bajo condiciones normales de campo (Figura 1).

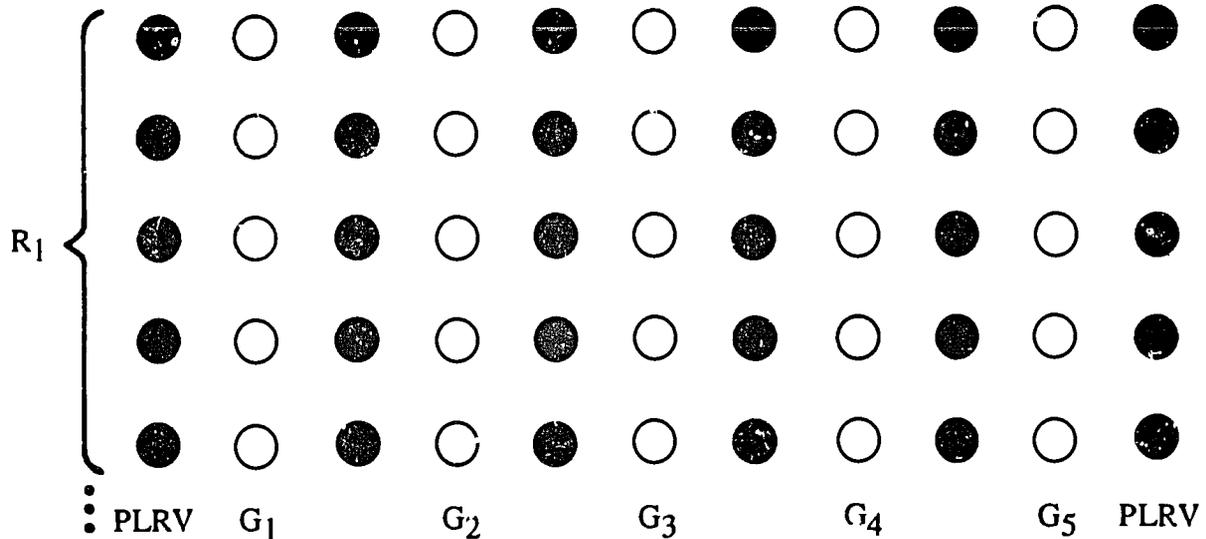


Figura 1. Esquema que representa la forma de evaluar resistencia a la infección de campo con el PLRV.

El diseño experimental empleado es de bloque al azar con cuatro repeticiones. Cada variedad o genotipo es sembrado en una parcela de cinco tubérculos en cada una de las cuatro repeticiones. Cada parcela experimental es rodeada de dos parcelas sembradas con material enfermo con PLRV, que constituye el inóculo para la infección natural con PLRV, ocurrida por acción de áfidos vectores.

Al cosechar se guardan cinco tubérculos medianos (80 gramos c/u) por planta de cada genotipo y repetición, los cuales son sembrados en la campaña siguiente. La lectura se hace por síntomas secundarios visuales; basta encontrar una planta enferma para considerar que todos los tubérculos que tenían el mismo origen procedían de una planta infectada con el PLRV.

RESULTADOS

A continuación presentamos algunos resultados de una serie de trabajos realizados en la Estación Experimental Remehue, de Osorno, en la Zona Sur de Chile.

Tabla 1. Nivel de infección secundaria con PLRV lograda en diferentes variedades comerciales de papa^a

Variedad	Infección secundaria con PLRV ^b (%)
1. Corahila mejorada	96,0 a
2. Pimpernel	88,0 a
3. Arka	88,0 a
4. Bintje	88,0 a
5. Sevara	84,0 a
6. Ultimus	80,0 a
7. Desirée	80,0 a
8. Spartaan	76,0 ab
9. Grata	56,0 b
10. Urgenta	24,0 c
C.V. (%)	25,65

^aTemporada 1977-78, Estación Experimental Remehue, INIA, Osorno, Chile.

^bCifras seguidas de letras iguales no son diferentes al 0,05.

Dado el alto nivel de infección logrado, se supone que es factible utilizar la prueba también en los programas de mejoramiento genético para buscar resistencia al PLRV en genotipos de papa.

Se seleccionaron tres líneas experimentales (No. 76, 21 y 83) por su alta resistencia a la infección por el PLRV. Estas líneas, después de estar expuestas en el campo, bajo presión de inóculo, tuvieron un 14,0; 14,4 y 20,8% de plantas enfermas, en tanto que Urgenta (testigo resistente), alcanzó 73% de plantas infectadas.

Durante la temporada 1982/83 se expusieron a la infección de campo con el PLRV 324 clones del pul de germoplasma chileno de papa. A estos 324 clones se agregaron como testigos resistentes los genotipos: Clon 76, seleccionado en Remehue (actualmente Selecta Remehue 7); la variedad argentina Serrana-INTA, indicada en la literatura como una de las variedades más resistentes en la actualidad; Pentland Crown, variedad escocesa, citada en la literatura como resistente y la variedad Urgenta, la cual según ensayos realizados en la Estación experimental Remehue del INIA, es la más resistente entre las variedades introducidas al país hasta la década del 70. Como testigo susceptible se empleó la variedad Spartaan.

Tabla 2. Porcentaje (%) de plantas enfermas en 20 clones evaluados a la infección natural de campo con el PLRV^a

No. clon	No. de plantas evaluadas	(%) Plantas enfermas
1. 76	93	14,0
2. 21	97	14,4
3. 83	72	20,8
4. 34	85	37,6
5. 94	100	40,0
6. 151	70	41,4
7. 148	70	42,9
8. 60	75	45,3
9. 51	74	52,7
10. 115	99	59,6
11. 60	70	61,4
12. 52	72	62,5
13. 85	61	67,2
14. 64	77	68,8
15. Urgenta (Testigo)	100	73,0
16. 35	90	76,7
17. 72	74	77,0
18. 149	87	85,1
19. 152	86	86,0
20. 24	75	89,3
21. 38	83	90,4

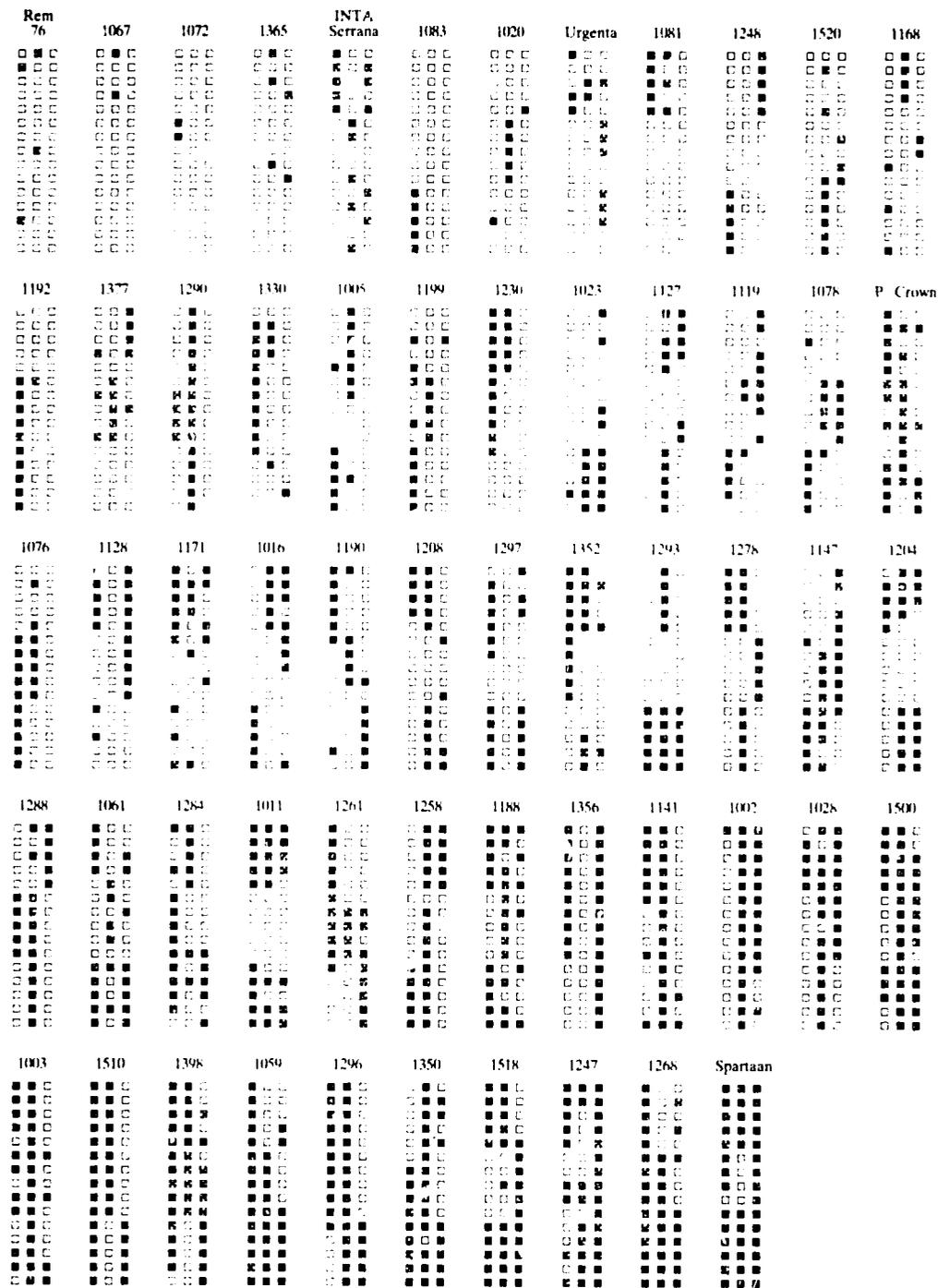
^aTemporada 1979-80. Estación Experimental Remehue, INIA, Osorno, Chile.

Durante la temporada 1982-1983 sólo 53 clones de los 324 no presentaron síntomas de infección secundaria con PLRV. De cada uno de ellos se guardaron cinco tubérculos por cada planta y repetición con el objeto de plantarlos durante la temporada 1983-1984, cuando los 53 clones chilenos más los testigos fueron llevados al campo para observar síntomas secundarios. Se encontró que sólo cuatro clones: UACH 1365, UACH 1020, 1520 y UACH 1168, presentaron infecciones inferiores a 20% con el PLRV (Tabla 3 y Figura 2).

Durante las temporadas siguientes se han realizado evaluaciones similares para una serie de variedades y genotipos introducidos del CIP, junto con materiales existentes en el Programa de Fitomejoramiento de Papa del INIA (Tablas 4, 5 y 6).

Tabla 3. Ordenamiento por resistencia a la infección con el PLRV en el campo de 53 clones chilenos de papa

Clon o línea	(%) PLRV	Clon o línea	(%) PLRV
1. Rem-76 (Testigo)	0,0	30. UACH 1208 (Sedafén?)	40,0
2. UACH 1067 (Urgenta?)	4,4	31. UACH 1297 (Sedafén?)	42,2
3. UACH 1072 (Urgenta?)	4,4	32. UACH 1352	44,2
4. UACH 1365	7,0	33. UACH 1293 (Pimpernel?)	44,4
5. Serrana INTA (Testigo)	9,4	34. UACH 1278	44,4
6. UACH 1083 (Sedafén?)	11,1	35. UACH 1147	44,7
7. UACH 1020	15,6	36. UACH 1204	46,7
8. Urgenta (Testigo)	15,8	37. UACH 1288 (Sedafén?)	48,9
9. UACH 1081 (Urgenta?)	15,9	38. UACH 1061	50,0
10. UACH 1248 (Sedafén?)	18,6	39. UACH 1284	51,1
11. UACH 1520	19,0	40. UACH 1011	51,2
12. UACH 1168	20,0	41. UACH 1261	51,7
13. UACH 1192 (Sedafén?)	22,7	42. UACH 1258	52,3
14. UACH 1377 (Sedafén?)	25,7	43. UACH 1188	55,0
15. UACH 1290 (Sedafén?)	29,7	44. UACH 1356	55,6
16. UACH 1330	30,2	45. UACH 1141	55,6
17. UACH 1005	31,1	46. UACH 1002	56,8
18. UACH 1199	31,8	47. UACH 1028	60,0
19. UACH 1230 (Sedafén?)	31,8	48. UACH 1500	62,5
20. UACH 1023	33,3	49. UACH 1003	64,4
21. UACH 1127	33,3	50. UACH 1510	66,7
22. UACH 1119 (Sedafén?)	33,3	51. UACH 1398 (Ultimus?)	67,6
23. UACH 1078	34,1	52. UACH 1059	68,2
24. P. Crown (Testigo)	34,5	53. UACH 1296 (Sedafén?)	68,9
25. UACH 1076 (Arka?)	37,8	54. UACH 1350 (Pimpernel?)	69,0
26. UACH 1128 (Pimpernel?)	37,8	55. UACH 1518	70,5
27. UACH 1171	39,5	56. UACH 1247	71,0
28. UACH 1016	40,0	57. UACH 1268	73,2
29. UACH 1190 (Sedafén?)	40,0	58. Spartaan (Testigo)	86,5



- □ □ Plantas sanas
- ■ ■ Plantas enfermas
- ■ ■ Plantas no emergidas

Figura 2. Evaluación de resistencia a la infección de campo con el PLRV en 53 clones chilenos

Tabla 4. Infección secundaria con el plv lograda en genotipos de papa expuestos a infección de campo en campaña 1985/1986^a

Genotipo	Repeticiones				Promedio
	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	
1. Línea 76	----	----	----+	----	5,0
2. Línea 21	+---+	----	-+---	--+-	20,0
3. ME 536	---+-	+---+	---+-	----	20,0
4. Serrana INTA	++---	+---+	----+	----	25,0
5. ME 607	----	-+-++	----	--+-	25,0
6. Fuegoña INIA	-+ +--	----	--+-	-+ +--	25,0
7. UACH 1365	---+-	++---	----	--+-	25,0
8. ME 444	++---	---++	-+---	----+	30,0
9. Yagana INIA	+--+	--+-	-+---	---+-	30,0
10. ME 146	+---+	---++	-+---	-+---	35,0
11. Urgenta	+--+ +	----+	-+ +--	-+---	35,0
12. Línea 94	--+ + +	----+	---+-	-+ +-- +	40,0
13. Línea 83	--+-	+--+ +-	-+ +-- +	--+- +	45,0
14. P. Crown	--+-	+ + +--	---+ +	--+ + +	45,0
15. B. 71240-2	----+	+ + --+	--+-	+ + - + +	45,0
16. UACH 1020	+ - + + -	+ + +--	--+ + +	----	45,0
17. 78181.3	--+-	-+---+	+ + + + +	----+	45,0
18. ME 57	+--+ +	+ - + + +	+---+	---+ +	55,0
19. Línea 34	+ + + + -	-+ - + -	--+-	+ + + + -	55,0
20. UACH 1520	+ + +--	+ - + + -	-+ +-- +	--+ + +	60,0
21. Spartaan	+ + --+	+ -- + -	+ + - + -	+ + + + +	65,0
22. UACH 1168	+ + + + +	+ + + + -	+ + + + +	--+- +	80,0
Promedio:	40,9	41,8	36,4	36,4	38,9

^aLectura temporada 1986/1987, INIA, Osorno, Chile.

Tabla 5. Infección secundaria con PLRV lograda en genotipos de papa expuestos a infección de campo en campaña 1985/1986^a

Genotipo/variedad	No. de plantas					Promedio
	1	2	3	4	5	
1. Línea 76	-	-	-	-	-	0.0
2. 379654.5	-	-	-	-	-	0.0
3. 380587.1	-	-	-	-	-	0.0
4. 380587.2	+	-	-	-	-	20.0
5. 379655.2	+	-	-	-	-	20.0
6. 380501.2	-	+	-	-	-	20.0
7. 380032.2	+	-	-	-	+	40.0
8. Serrana INTA	+	+	-	-	-	40.0
9. 380507	-	+	-	-	+	40.0
10. Pentland Crown	-	-	-	+	+	40.0
11. Urgenta	+	-	-	+	+	60.0
12. 379657.5	+	+	+	-	-	60.0
13. 380581.1	-	-	+	+	+	60.0
14. 378711.2	-	-	+	+	+	60.0
15. 380562.2	-	+	+	+	-	60.0
16. 379657.2	+	-	-	+	+	60.0
17. 379657.1	+	+	-	-	+	60.0
18. Desirée	-	+	+	-	+	60.0
19. Spartaan	+	+	+	+	-	80.0
20. 380562.1	+	+	+	-	+	80.0
Promedio	45.0	40.0	30.0	35.0	45.0	39.0

^aLectura temporada 1986/1987: INIA, Osorno, Chile.

Tabla 6. Porcentaje de infección natural con PLRV, logrado en variedades y genotipos de papa expuestos por más de dos temporadas en el campo^a

Variedad/genotipo	(%) PLRV	Número de años en evaluación
1. Serrana INTA	4,4	4,0
2. Línea 76	4,6	6,0
3. Línea 536 (ME)	6,0	2,0
4. Línea 21	7,2	2,0
5. Línea 607 (ME)	10,6	2,0
6. Línea 83	14,1	3,0
7. Yagana--INIA	15,4	2,0
8. Línea 34	20,1	3,0
9. Fueguina--INIA	33,8	2,0
10. Urgenta (Testigo resistente)	33,8	7,0
11. Pentland Crown (Testigo resistente)	48,6	3,0
12. Spartaan (Testigo susceptible)	72,4	4,0
Promedio	22,6	3,3

^aINIA Remehue: Promedio temporadas 1977/1978: 1985/1986.

CONCLUSIONES

El procedimiento de campo para evaluar resistencia a la infección natural con PLRV por vectores parece un método eficiente para seleccionar variedades o genotipos que puedan ser utilizados como variedades comerciales o como progenitores. Si se comparan los resultados de la evaluación de la temporada 1985/1986 con el promedio de las evaluaciones de las temporadas pasadas, para los mismos genotipos o variedades, se ve que existe consistencia en ellos. Es decir, los genotipos más resistentes se mantienen como tales a través del tiempo, y ocurre un fenómeno parecido en el caso de los genotipos más susceptibles.

Se ha identificado una serie de cultivares o genotipos resistentes a la infección de campo del virus del enrollamiento de la hoja de la papa (PLRV), entre ellos: Serrana INTA, Línea 76, Línea 536 (ME), Línea 21 y otros. Estos materiales están siendo utilizados como progenitores en el programa de cruzamientos para generar nuevos genotipos de papa.

Las familias de plántulas o de tubérculos--semillas que ingresen al programa como resistentes a virus, deben ser evaluados primero por características de tubérculos y rendimiento antes de ser sometidos a la evaluación de campo para resistencia al PLRV, debido a que este tipo de experimentos exige mucha área de suelo y tiempo.

Las lecturas de infección secundaria del PLRV debieran ser complementadas con pruebas de serología, mediante el método de ELISA, a fin de descartar las posibilidades de infecciones latentes.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- HOOKER, W. 1981. Potato Leaf Roll Virus. In: Compendium of Potato Diseases. W. Hooker (ed.). American Phytopathological Society, St. Paul, USA. p. 68-70.
- JONES, R.A. 1975. Los Virus de Papa en América Latina y Recomendaciones para su control, CIP, Lima. 23 p.
- INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS, Chile. 1986. Evaluación de Resistencia a la Infección de campo con PLRV. Informe Técnico, Proyecto de Fitomejoramiento.
- INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS, Chile. 1984. Evaluación de Resistencia a la Infección de campo con PLRV. Informe Técnico Proyecto de Fitomejoramiento.
- INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS/Centro Internacional de la Papa, Chile. 1987. Evaluación de Resistencia a la Infección de campo con PLRV. Informe Técnico de Proyectos Cooperativos INIA/CIP.
- SANTOS ROJAS, J. 1984. Evaluación de Resistencia a la Infección de campo con PLRV en 324 clones del Jardín de Germoplasma Chileno de Papa. Actas, V Reunión Nacional de la Papa, ACHIPA.

Selección de Material Genético de Papa para Resistencia al PLRV y al PVY en el Uruguay

CARLOS CRISCI, FRANCISCO VILARO y DANIEL FERNANDEZ

Ings. Agrs. Investigadores del Programa Nacional de Papa, Centro de Investigaciones Agrícolas "Alberto Boerger" (CIAAB).

INTRODUCCION

En el Uruguay, alrededor de 95% de la superficie sembrada anualmente con papa (20 300 ha en promedio) se planta con las variedades Kennebec (85%) y Red Pontiac (15%). Uno de los problemas varietales más importantes es la susceptibilidad a virus: Kennebec al PLRV y Red Pontiac al PLRV y al PVY. Crisci y Vilaró (1983) estimaron que para la zona sur de producción (70% del área), en el cultivo de primavera hecho con tubérculo-semilla proveniente de "semilla" certificada importada, se alcanzaban valores promedios de 60% de plantas infectadas con el PLRV (infección secundaria), pudiendo llegar en algunos cultivos a más de 90% de infección. En cuanto al PVY, los mismos autores señalan que su presencia está fundamentalmente asociada a la variedad Red Pontiac, que llega en primavera hasta un 80% de infección. Crisci et al. (1986) determinaron durante dos años las pérdidas ocasionadas por el PLRV (infección secundaria) en la variedad Kennebec, en condiciones del agricultor de nivel tecnológico medio, para la gran zona de concentración de cultivos para consumo del sur del país, y establecieron que las plantas infectadas ubicadas entre plantas sanas reducen los rendimientos total y comercial en 65% (promedio de los dos años). De otro lado, las plantas sanas adyacentes a la infectada tienen 16% de incremento en rendimiento, por efecto compensatorio (por competencia). Estudios en ejecución sobre las pérdidas causadas por el PLRV en la variedad Red Pontiac, sugieren resultados similares a los obtenidos con el PLRV en Kennebec. Por las altas presiones de infestación de áfidos vectores (especialmente *Myzus persicae*) y de infección de virus, la zona sur del país es muy apta para la conducción de pruebas de resistencia a los virus PLRV y PVY.

SELECCION PARA RESISTENCIA A VIRUS

Conjuntamente con la situación planteada anteriormente, se presenta la dificultad de detectar nuevas variedades partiendo de las comerciales extranjeras que, en los distintos esquemas de producción posibles, pudieran competir con éxito frente a las tradicionalmente importadas, tanto en rendimiento como especialmente en mayor precocidad de tuberización y de reposo, y presentan resistencia a las patologías de mayor prevalencia e importancia económica, entre las que se encuentran las virosis por PLRV y PVY.

En 1982 se inició una fluida y comprensiva relación con la Representación del CIP en la Región II - Latinoamérica no Andina, que plasmó la aspiración del Programa Nacional de Papa al consolidarse los Proyectos Colaborativos CIAAB-CIP que atendieran las necesidades de comenzar la selección de genotipos adaptados, partiendo de progenies de cruzamientos orientados hacia la resistencia al PLRV y al PVY, conjuntamente con precocidad de tuberización y de reposo corto.

Metodología

El material de mejoramiento que se recibe hasta el presente del CIP viene en la forma de familias de tubérculos (ver la Figura 1).

Con el primer envío, en 1983, las familias de tubérculos se exponían directamente a la infección de virus, en la Estación Experimental Las Brujas, en surcos de 50 m, alternando dos surcos de material en prueba con un surco de material infectado con PLRV y PVY. La infestación de áfidos no se controlaba con aficidas. Los clones testigo susceptibles y resistentes se ubicaban adecuadamente, con cuatro repeticiones de tres a cinco plantas por clon. Durante el cultivo se practicaban lecturas, planta por planta, de síntomas de virus y de tipo de planta. A la cosecha se pesaban todos los clones de las familias y se seleccionaban por ausencia de síntomas en follaje y en forma rápida por rendimiento y calidad de los tubérculos. La segunda exposición a virus, planteada como la primera, estaba integrada por las familias reconstituídas (sin los clones seleccionados) y por los clones seleccionados, estos en parcelas de tres plantas por clon. A la cosecha se volvían a seleccionar los clones por la asintomatología de virus presentada en por lo menos dos de las tres plantas durante el cultivo y por rendimiento y calidad de los tubérculos. Las familias se pesaban globalmente y se acompañaban del porcentaje de infección. Los clones seleccionados se multiplicaban por dos o tres generaciones, en zonas aisladas, para obtener volumen y completar las observaciones agronómicas. Los clones promisorios se integran a la red de ensayos regionales de variedades comerciales, en distintos esquemas de producción según fueran precoces y de reposo corto (cuatro cultivos en dos años) o semiprecoces y de reposo medio (tres cultivos en dos años).

Esta metodología presentaba las siguientes desventajas:

1. Frente a un equipo humano reducido, el material para evaluar en las dos exposiciones se hacía, progresivamente en el tiempo, excesivo.
2. Las evaluaciones iniciales, planta por planta de todos los genotipos, resultaban elevadas: tipo de planta, sintomatología de virus, peso total y comercial de los tubérculos, número de tubérculos y calidad de los mismos.
3. La selección comenzaba prácticamente luego de la segunda exposición, al evaluar los clones sobre tres plantas.
4. La exposición a virus, sin control de áfidos, en las condiciones del sur del país, determinaba que las elevadas poblaciones alcanzadas por los vectores originaran una presión de infección de virus demasiado alta, fuera de la realidad de las condiciones de producción comercial de papa. La presencia de áfidos desde las fases tempranas de desarrollo de las plantas daba lugar a que en la primera exposición de las familias, cierto número de genotipos infectados primariamente con PLRV exhibieran los síntomas

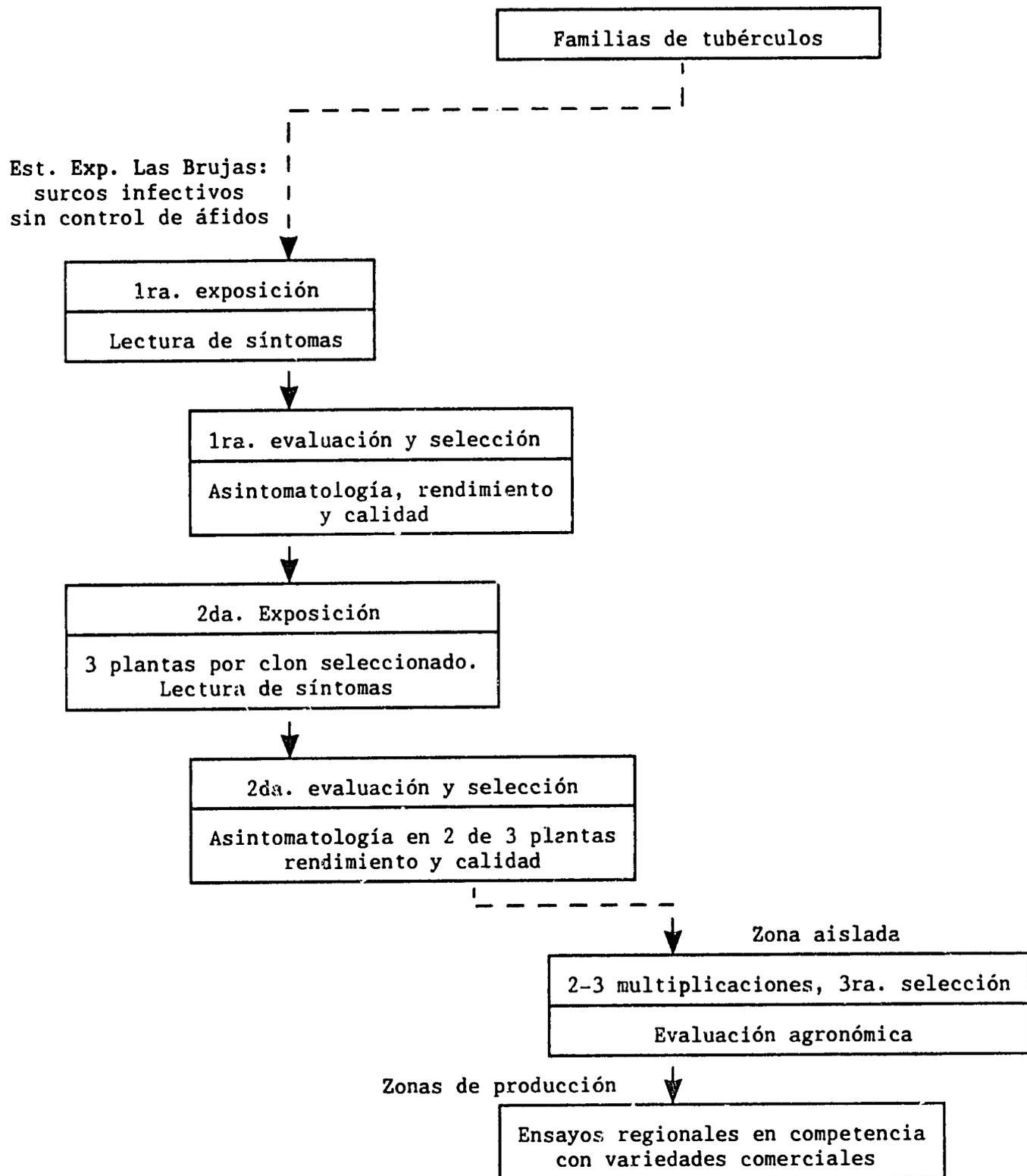


Figura 1. METODO I: Dos exposiciones y evaluaciones selección-multiplicación.

característicos de la infección secundaria (enrollamiento de los folíolos de las hojas más bajas) y no presentaran síntomas en la parte superior de la planta. Bajo esas condiciones, los clones testigo probadamente resistentes al PLRV en otras situaciones, como Serrana y B-71.240.2 presentaron porcentajes de infección de 63% y 11% respectivamente, en la primera exposición y de 95% y 63% respectivamente, en la segunda.

5. La exposición inicial de las familias torna imposible evaluar el potencial productivo, particularmente de aquellos genotipos que sin presentar resistencia tienen excelente calidad de tubérculos. Ellos podrían constituir un material valioso de mejoramiento.

Ante la situación planteada, con el segundo envío del CIP se cambia la metodología de evaluación y selección (Figura 2).

El material de mejoramiento recibido se multiplica primero en zona aislada, en el cultivo de verano (siembra de diciembre) que permite una buena aproximación al tipo de maduración, temprana o tardía, para una primera selección visual de clones con características deseables. Durante el cultivo se hace sólo un juicio de la familia y se anotan las plantas excelentes y las no deseables ya sea por tipo o por ser demasiado tardías. En la cosecha se seleccionan aquellos clones que presenten buen aspecto y productividad comercial, y se registra su rendimiento. Se reconstituye la familia y se pesa globalmente, se acompaña del número de clones que tubericizaron y de un juicio de los tubérculos.

Para el siguiente cultivo, en la Estación Experimental Las Brujas, se hace la primera exposición a los virus, con tres plantas por clon seleccionado y con las familias reconstituidas (para suministrar al CIP información acerca del comportamiento de los cruzamientos en relación a la infección con PLRV y PVY). Cada dos surcos de material en prueba se intercala un surco de material infectado por PLRV y PVY, a fin de darle a todos los genotipos igualdad de oportunidad de infección. Como novedad, se maneja el nivel de áfidos bajando la población cuando se estima que sobrepasa lo que se presenta normalmente en los campos de los agricultores comerciales y cortándola totalmente cuando se alcanza la floración. Durante el cultivo se hacen lecturas de síntomas de virus planta por planta. Se cosechan los clones previamente seleccionados que no hayan mostrado síntomas de virus en por lo menos dos de las tres plantas; se cuentan y pesan los tubérculos en el rendimiento total y comercial. La familia reconstituida se pesa globalmente.

La segunda exposición a los virus se hace sólo con los clones seleccionados, a razón de seis plantas por clon. En la cosecha se hace una nueva selección por rendimiento y calidad comercial y por asintomatología en cuatro de las seis plantas. Luego se practica un análisis serológico (PLRV y PVY) de un tubérculo por planta de aquellas que no mostraron síntomas durante el cultivo, para determinar la sanidad real de cada clon seleccionado. Posteriormente se procede a la multiplicación de ellos como se explicó en el método anterior.

A partir de 1988, dado el volumen de material alcanzado en las distintas etapas de evaluación y selección, no se estima posible incluir las familias reconstituidas en la primera exposición a virus, salvo que pueda ser reforzado el equipo humano y se realice dicha exposición en la zona de producción (en lugar de hacerlo en la Estación Experimental).

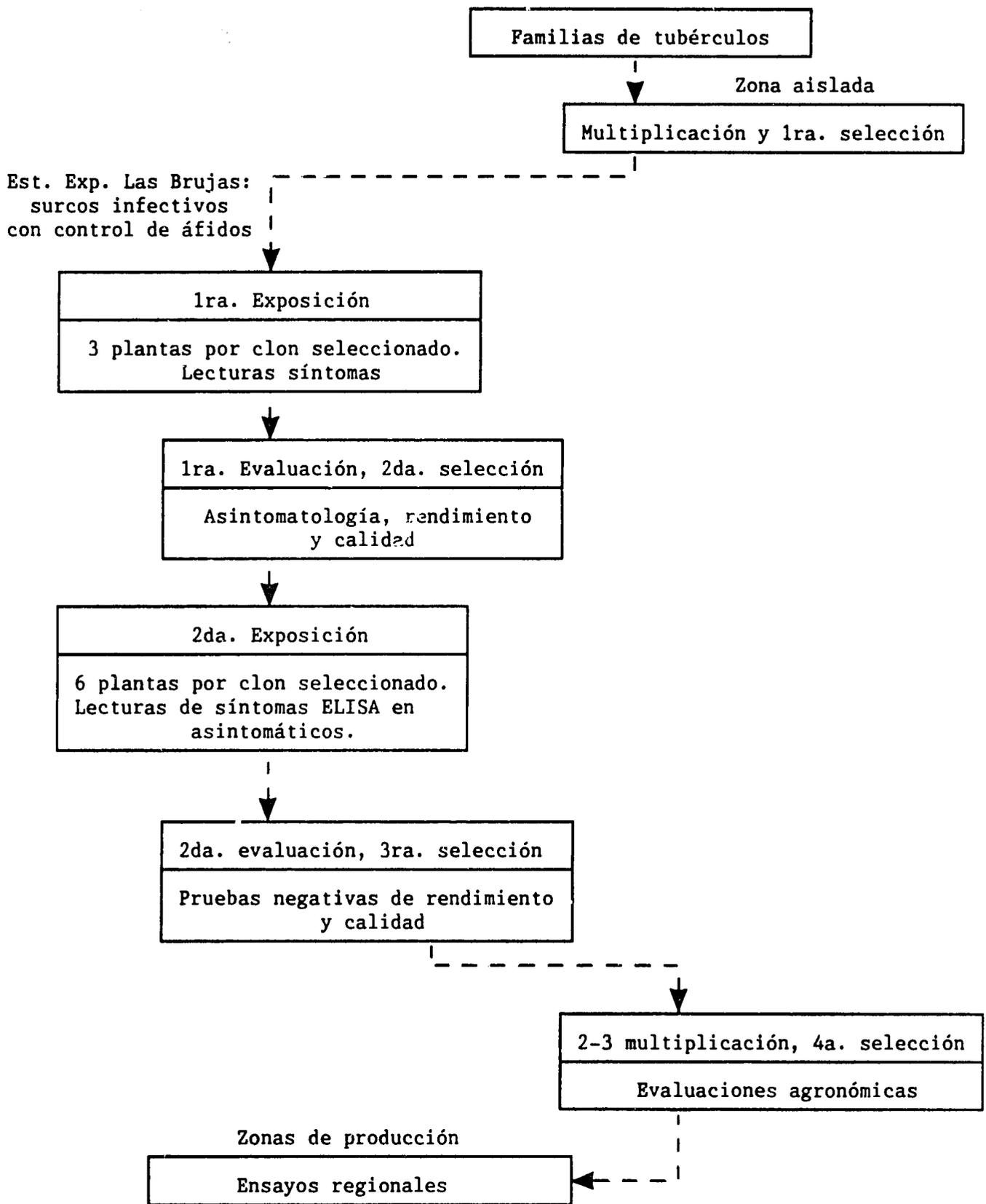


Figura 2. METODO II: Multiplicación y selección. Dos exposiciones y evaluaciones de selección-multiplicación.

Avances y Perspectivas

En la Tabla 1 se expone el proceso de selección seguido desde 1983 hasta 1987, y se indican las distintas introducciones, el número de familias y genotipos de cada una, la resistencia esperada, el número de exposiciones a virus, y multiplicaciones completas realizadas, el número de clones seleccionados en la cosecha de la segunda exposición a virus (o en la etapa actual de evaluación cuando la cosecha no ha ocurrido aún) y los clones en etapa avanzada de selección.

En la Tabla 2 se presentan los avances en las introducciones que no habían finalizado el cultivo en la primavera de 1987.

La selección para resistencia al PLRV y al PVY, unida a precocidad de producción y de reposo, iniciada en 1983, ha permitido al presente contar con dos clones en etapa avanzada de selección, y con dos estaciones de cultivo que integran ensayos regionales en competencia con variedades comerciales. Esta información, más su rendimiento comercial (fracciones de consumo y de tubérculos-semillas) y su caracterización agronómica, se exponen en la Tabla 3, junto con las variedades comerciales testigo.

Las introducciones realizadas desde el CIP, con excepción de algunas familias de la del 2/86, contenían genotipos demasiado tardíos, con tubérculos toscos y estolón persistente. Las dos primeras introducciones tenían familias altamente segregantes en forma de tubérculos, color de piel y de pulpa y profundidad de los ojos.

En la introducción del 2/86 integrada por familias precoces, con uniformidad e inmunidad al PVY, actualmente en proceso de segunda exposición a virus, de los 192 clones seleccionados después de la primera exposición han resultado demasiado tardíos para las necesidades del país. Aun con reservas, podría exceptuarse la familia 384514 (7XY.1 x Atlantic). Contrariamente a las demás introducciones probadas, ésta muestra una alta proporción de genotipos con tubérculos atractivos.

Considerando sólo la resistencia a virus de las seis introducciones que hasta el presente han pasado por alguna etapa de selección, puede señalarse que bajo las condiciones de prueba ha surgido un buen número de materiales con alta resistencia. Pero al tener que considerar conjuntamente con la resistencia a los virus otras características como precocidad de ciclo vegetativo y especialmente de tuberización, reposo corto (alrededor de 60 días) o medio (alrededor de 80 días) y calidad de tubérculos para un mercado consumidor acostumbrado a papa de variedades norteamericanas atractivas (Kennebec), el grado de selección hasta el presente resulta bajo. Se tiene alguna esperanza de elevarlo con algunos clones de la introducción del 2/86 y con lo que puede resultar de la última recibida el 11/87; asimismo, de las nuevas introducciones que pueda proporcionar el CIP, ajustando más los aspectos señalados de precocidad.

Tabla 1. Proceso de selección para resistencia a virus (PLRV y PVY). 1983-1987

Introducción	Material probado			Número de exposiciones y multiplicaciones	Clones seleccionados en 2da. exposición o en etapa actual de evaluación ^a		
	Familias	Genotipos	Resistencias		No.	(%)	Avanzada
1/83	23	928		2E-4M-2ER ^b	4	0,4	381371.81
	11	361	LR (R)		2	0,5	
	9	405	Y + X (R)		2	0,5	
	3	162	Y (R)		0	0,0	
10/83	23	1 268		1M-2E-1M-2ER	5	0,4	382284.16
	1	20	X + Y (R)		0	0,0	
	1	9	LR + Y + X (R)		0	0,0	
	1	12	X		5	0,4	
1/85	33	569	No especificado	1M-1E	34	6,0	
2/86	16	1 457	Y(I) (Precoc.)	1M-1E	192	13,2	
8/86	29	732		1M	40	5,5	
	9	307	Varias		15	4,9	
	18	398	Y (R)		23	5,8	
	2	27	Y + LR (R)		2	7,4	
11/87	36	2 334	No especificado				

^aPara el caso de que se hayan cumplido las dos exposiciones a virus.

^bE = exposición, M = multiplicación, ER = ensayo regional.

Tabla 2. Introducciones en exposición a virus en el cultivo de primavera de 1987

Introducción	Cultivo actual	Seleccionados expuestos	Clones sin síntomas ^a		Familias y cruzamientos destacados por resistencia
			66% PLS	100% PLS	
1/85	2da. Exp.	34	1	0	383251 (Serrana x 80JA32.7)
2/86	2da. Exp.	192	26	18	382196 (B.71.240.2 x 7XY.1) 383021 (Serrana x 7XY.1) 384514 (7XY.1 x Atlantic) 384517 (7XY.1 x 378015.3) 384524 (Y-2 x C83.551)
8/86	1ra. Exp.	40	10	7	385086 (B.71.240.2 x CEX69.1) 385123 (Y84.050 x Atlantic)

^aLecturas concluidas para el cultivo de primavera; resta la cosecha y selección.

Tabla 3. Ensayos regionales 1986-87

Material	Rend. Comercial (t/ha)			Caracterización agronómica
	Otoño		Primavera	
	Sur	Norte	Norte	
381371.81	11.8	18.7	24.3	381371.81: Ciclo precoz a semiprecoz, tuberización precoz. Reposo corto (60 días). Planta erecta. Tubérculo algo tosco, redondo-oval, piel amarilla clara, pulpa blanca, presencia de estolón persistente. Alta resistencia al PLRV y al PVY, moderada a sarna común.
382284.16	---	19.6	18.8	
Kennebec	8.8	26.6	17.5	382284.16: Ciclo semiprecoz. Reposo medio (80 días). Planta erecta. Tubérculo atractivo, redondo-oval, piel amarilla, pulpa crema. Alta resistencia al PLRV y al PVY, moderada a sarna común.
Norland	15.7	20.0	23.3	

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- CRISCI, C.; VILARO, F. 1983. Virus y agentes relacionados en cultivos de papa del Uruguay. Centro de Investigaciones Agrícolas "Alberto Boerger", Montevideo, Uruguay. Investigaciones Agronómicas 4(1):59-61.
- CRISCI, C.; HIDALGO, O.; VILARO, F. 1986. Yield reduction due to PLRV secondary infection in cv. Kennebec. in Uruguay. Amer. Potato J. 63:431-32 (Abst.).

Resistencia a los Virus de la Papa con Especial Enfoque en el Virus del Enrollamiento de las Hojas (PLRV)

UPALI JAYASINGHE

Ph.D., Virólogo, Centro Internacional de la Papa (CIP)

Al presente, cerca de 25 virus diferentes han sido reportados infectando y causando enfermedades en papa. Entre ellos, los virus que causan daño considerable y están presentes en todo el mundo donde crece la papa son el virus del enrollamiento de las hojas de la papa (PLRV), el virus Y (PVY) y el virus X de la papa (PVX). Entre estos tres, el PLRV es el que causa el daño más grande en un cultivo de papa, reduciendo el rendimiento entre 80 y 90% en cultivares susceptibles. Los otros dos causan individualmente pérdidas en el rendimiento, pero su mayor importancia se encuentra cuando ocurren como infecciones mixtas o en sus efectos adversos en la resistencia a PLRV.

El uso de variedades resistentes es una de las medidas más importantes para el control de estas virosis. La importancia de variedades resistentes llega a ser aún más grande cuando se considera que siempre están incrementándose los costos de los insecticidas usados para controlar los vectores del PLRV y el PVY.

RESISTENCIA AL PVX Y AL PVY

El mejoramiento para resistencia al PVX y al PVY es facilitado por la presencia de genes dominantes (Tablas 1 y 2). La inmunidad al PVX es controlada por un sólo gen dominante R_x que confiere resistencia a una amplia gama de cepas del PVX excepto a la cepa del PVX_{HB}. Este gen está presente en *Solanum acaule* y en ciertos genotipos de *S. tuberosum* subsp. *andigena* (Fernández-Northcote, 1983; Moreira et al., 1978; Muñoz et al., 1975). Para la inmunidad de campo, los genes N_x y N_b son también simples, dominantes, pero no se utilizan en el Programa de mejoramiento del CIP por ser específicos para las cepas correspondientes y por su dependencia a la alta temperatura (Tabla 1).

La inmunidad al PVY es gobernada por el gen dominante R_y y las fuentes de este gen, utilizado en el CIP, son *S. tuberosum* subsp. *andigena* y *S. stoloniferum*. Este gen confiere resistencia a un amplio espectro de cepas del PVY que infecta a la papa (Tabla 2) (Fernández-Northcote, 1983; Moreira, et al., 1978; Ross, 1952; Ross, 1958).

Previous Page Blank

Tabla 1. Niveles de resistencia al PVX y algunas características de estos niveles

Nivel	Gen de resistencia	Origen	ts/tr ^a	Cepas ^b	Utilización en el CIP
I	Rx	<u>S. tuberosum</u> (Villaroela USDA 41956)	tr	HB	Atlantic
	Rx _{adg}	<u>S. andigena</u> (CPC 1673)	tr	HB	no
	Rx _{adg}	<u>S. andigena</u> (CIP)	tr	HB	VZ, XY
	Rx _{acl}	<u>S. acaule</u>	tr	HB	V3, Bzura
	Rx _{vrn}	<u>S. vernei?</u>			62-33-3 Ma. Huanca
H	Nx _{tbr}	<u>S. tuberosum</u>	ts	Gp 2,4, HB	no
	Nx _{tbr} ^{spl}	<u>S. sparsipilum</u>		Gp 2,4, HB	no
	Nb _{tbr}	<u>S. tuberosum</u>	ts	Gp 3,4, HB	no
	Nx _{chc?}	<u>S. chacoense</u>		Gp 2	DTO-28
R	Polygenes		ts		DTO-33
	Polygenes		ts		Atlantic
	Polygenes		ts		Bzura

Nivel: I = inmunidad; H = hipersensibilidad; R = resistencia (según Fernández-Northcote, 1987, datos sin publicar).

^a ts = sensible a temperatura; tr = resistente a temperatura. ^b Existencia de cepas virulentas de PVX.

Tabla 2. Niveles de resistencia a PVY y algunas características de estos niveles

Nivel	Gen de resistencia	Origen	ts/tr ^a	Cepas ^b	Utilización en el CIP
I	Ry _{adg}	<u>S. andigena</u>	tr	no	Y, XY
	Ry _{hou}	<u>S. hougasi?</u>	tr		no
	Ry _{sto}	<u>S. stoloniferum</u>	tr	no	Bzura, Pirola V-3, I-1039
H	Ny _{chc}	<u>S. chacoense</u>	ts	sí	no
	Ny _{chc}	<u>S. microdontum</u>	ts	sí	no
	Ny _{dms}	<u>S. demissum</u>	ts	sí	no
	Ny _{adg}	<u>S. andigena</u>	ts	sí	no
	Ny _{phu}	<u>S. phureja</u>	ts	sí	no
R	Polygenes	<u>S. phureja</u>	ts		no

Nivel: I = inmunidad; H = hipersensibilidad; R = resistencia (según Fernández-Northcote, 1987, datos sin publicar).

^a ts = sensible a temperatura; tr = resistente a temperatura. ^b Existencia de strains virulentos de PVY.

Tabla 3. El efecto de la infección con el PLRV sobre la resistencia al PVX en genotipos seleccionados de papa

Cultivar	Tratamiento	Método de inoculación para el PVX	Detección por ELISA		Confirmación de infección, PVX	Nivel de resistencia al PVX
			PLRV	PVX		
AJU-69.1	PVX	M ^a	-	-	-	H ^a
	PVX	G	-	-	-	H
	PLRV + PVX	M	+	-	-	I
	PLRV + PVX	G	+	-	-	I
BL 1.5	PVX	M	-	-	-	H
	PVX	G	-	-	-	H
	PLRV + PVX	M	+	-	-	I
	PLRV + PVX	G	+	-	+	I
KTT-60-21.19	PVX	M	-	-	-	H
	PVX	G	-	-	-	H
	PLRV + PVX	M	+	-	-	I
	PLRV + PVX	G	+	-	-	I
PG 295	PVX	G	-	-	-	I
	PLRV + PVX	G	+	-	-	I

^aG = injerto; M = mecánico; H = hipersensibilidad; I = inmunidad

Tabla 4. Efecto de la infección con PLRV en la resistencia al PVY en genotipos de papa

Cultivar	Tratamiento	Método de inoculación para el PVX	Detección por ELISA		Confirmación de infección, PVX	Nivel de resistencia al PVX
			PLRV	PVX		
I-853	PVY	M ^a	-	-	-	H ^a
	PVY	G	-	-	-	H
	PLRV + PVY	M	+	-	-	I
	PLRV + PVY	G	+	-	-	I
CFQ.69.1	PVY	M	-	-	-	H
	PVY	G	-	-	-	H
	PLRV + PVY	M	+	-	-	I
	PLRV + PVY	G	+	-	-	I
BR63.76	PVY	M	-	-	-	H
	PLRV + PVY	M	+	-	-	I
SANTO AMOR	PVY	G	-	-	-	H
	PLRV + PVY	G	+	-	-	I

^aG = injerto; M = mecánico; H = hipersensibilidad; I = inmunidad

Fueron conducidos experimentos para determinar el efecto de la infección con otros virus en la resistencia al PVX y al PVY en algunos genotipos seleccionados de papa. La infección con el PLRV en clones que tienen hipersensibilidad al PVX y al PVY, cambia el nivel de resistencia de hipersensibilidad a "inmunidad" a estos virus (Tablas 3 y 4). Por lo tanto, durante el tamizado, los padres y las progenies de plantas resistentes al PVX y al PVY deben estar libres de PLRV, ya que la infección con este virus induce reacción de inmunidad en clones que son hipersensibles al PVX y al PVY lo cual puede conducir a selecciones erróneas.

VIRUS DEL ENROLLAMIENTO DE LAS HOJAS DE LA PAPA (PLRV)

El mejoramiento para resistencia al PLRV no es tan fácil como para PVX y PVY. El mayor obstáculo en la obtención de variedades resistentes al PLRV es la carencia de genes mayores de resistencia o inmunidad en especies de *Solanum* cultivadas o silvestres. Sin embargo, está reportado que la resistencia para el PLRV es poligénicamente controlada (Ross, 1953). Muchas especies de *Solanum*, cultivadas o silvestres, han sido reportadas como resistentes a este virus (Mackinnon, 1969). El carácter de resistencia para el PLRV es relativo, y sólo puede ser establecido después de un ensayo de exposición en el campo y de comparar el porcentaje de infección con el de testigos susceptibles. Los resultados de la exposición en el campo dependen de la población natural de áfidos. Los ensayos deben ser repetidos frecuentemente para obtener resultados confiables.

La necesidad de tener ensayos de exposición en el campo, para determinar resistencia al PLRV, prolonga por algunos años la escala de tiempo de un programa de mejoramiento para resistencia al PLRV.

Tanto en especies del género *Solanum* silvestres como cultivadas, varios componentes intervienen en la resistencia al PLRV. Ellos son:

1. Resistencia a la infección.
2. Resistencia a la multiplicación y tolerancia.
3. Hipersensibilidad/intolerancia.
4. Resistencia a la translocación del virus.
5. Antibiosis y antixenosis.

Resistencia a la infección por el PLRV

Los genotipos de papa que tienen este componente de resistencia no se infectan fácilmente cuando se inoculan con un número estándar de áfidos virulíferos. Normalmente, para obtener esta información se realizan ensayos de exposición en el campo. Considerando el tiempo, el costo y la labor del ensayo de exposición en el campo, en el CIP hemos desarrollado un método de invernadero para tamizar clones o variedades para este componente de resistencia. El método consiste en inocular dos grupos de cinco plantas cada uno de los clones para ser probados, con 25 ó 50 áfidos virulíferos por planta durante tres días. Dos o tres semanas después, en plantas inoculadas se evalúa la infección por el PLRV mediante serología con ELISA.

Los clones resistentes a la infección con el PLRV no se infectaron cuando se inocularon con 25 ó 50 áfidos virulíferos por planta. Los clones con resistencia moderada a la infección con el PLRV se infectaron con 50 áfidos virulíferos por planta, pero no con 25 áfidos. Los resultados obtenidos por el método de invernadero son comparables con los resultados obtenidos en un ensayo de exposición en el campo (Tabla 5). Sin embargo, la ventaja del método de invernadero es que los resultados pueden ser obtenidos en menos de 30 días.

En otro experimento conducido para buscar la interacción con otros virus de papa en relación con la resistencia a la infección con el PLRV, pudo ser confirmado el nivel de resistencia a la infección en los cultivares Mariva, Polith y Pentland Crown, puesto que no se infectan con la dosis más alta del virus (50 áfidos virulíferos por planta) (Tabla 6). Sin embargo, el resultado obtenido indica que en las plantas de Mariva infectadas con el PVX sólo son necesarios 50 áfidos virulíferos para infectar este clon con el PLRV. Esta preinfección del cultivar Mariva con el PVX reduce su resistencia a la infección con el PLRV. El mismo fenómeno fue encontrado en el cultivar Edith y en el Pentland Crown, puesto que un porcentaje más alto de plantas son susceptibles a la infección por el PLRV aun en la dosis de inóculo del PLRV más baja (25 áfidos por planta).

El efecto de la preinfección con el PVY es más dramático que con el PVX. Una gran parte de los clones resistentes al PLRV preinfectados con el PVY, llegan a infectarse con la dosis más baja de inóculo. Sin embargo, la preinfección con el PVS no tiene ningún efecto sobre la resistencia al PLRV. Pentland Crown es resistente al PVY y por eso el efecto del PVY en este clon no fue probado (Tabla 6).

Resistencia a la multiplicación y tolerancia

Usando serología con el método de ELISA, podemos determinar la concentración del PLRV en tejidos infectados, algún tiempo después de la infección. Los experimentos conducidos muestran que en el clon DTO-28, la concentración más alta del PLRV por gramo de tejido es alcanzada tres semanas después de la infección y luego comienza a disminuir hasta que se estabiliza (Figura 1).

En el caso de B-71-240.2 la concentración máxima es alcanzada aproximadamente cuatro semanas después de la infección, y la concentración máxima es cinco veces menor que la de DTO-28 (Figura 1). Esto es debido a la resistencia a la multiplicación en el clon B-71-240.2. Los clones de papa infectados con el PLRV que tienen este componente de resistencia no muestran síntomas de enrollamiento de la hoja bajo condiciones de campo. Por eso, estos clones se comportan como si fueran tolerantes al PLRV.

Es importante anotar que el clon B-71-240.2 solamente tiene resistencia a la multiplicación del PLRV; pero sólo resistencia moderada a la infección por PLRV (Tabla 5).

Como en el caso de la resistencia a la infección por el PLRV, la interacción con otros virus también modifica la resistencia para la multiplicación del PLRV en clones de papa. En el clon B-71-240.2 infectado con un nuevo virus denominado SB-22, la concentración máxima alcanzada del PLRV es mucho mayor que cuando el clon es infectado sólo con el PLRV. Similarmente, la infección con el PVY reduce la resistencia a la multiplicación del PLRV (Figura 2).

Tabla 5. Nivel de resistencia a la infección por el PLRV en algunos genotipos seleccionados de papa con 25 y 50 áfidos inoculados por planta

Hospedante	Áfidos		Nivel	
	25	50	Observado	Reportado ^a
Mariva	-	-	R	R?
Serrana	-	-	R	R
Pentland Crown	-	-	R	R
BR.63.15	-	-	R	R
B-71-240.2	-	+	MR	R
DTO-2	+	+	S	S
Ultimus	+	+	S	S

^aSegún "CIP pathogen tested list": R = resistente; MR = resistencia moderada; S = susceptible

Tabla 6. Efecto del PVX, del PVY y del PVS en el nivel de resistencia a la infección por el PLRV en algunos cultivares seleccionados de papa, con 25 y 50 áfidos por planta

Cultivar	Tratamiento	Áfidos		Nivel de resistencia
		25	50	
Mariva	Ninguno	0,0 ^a	0,0	R ^b
	PVX	0,0	42,5	RM
	PVY	52,5	65,0	S
	PVS	0,0	0,0	R
P. Crown	Ninguno	0,0	0,0	R
	PVX	45,0	60,0	S
	PVS	0,0	0,0	R
Edith	Ninguno	0,0	0,0	R
	PVX	0,0	42,5	RM
	PVY	20,0	65,0	S
	PVS	0,0	0,0	R

^aPorcentaje de plantas infectadas; ^bR = resistente; MR = resistencia moderada; S = susceptible

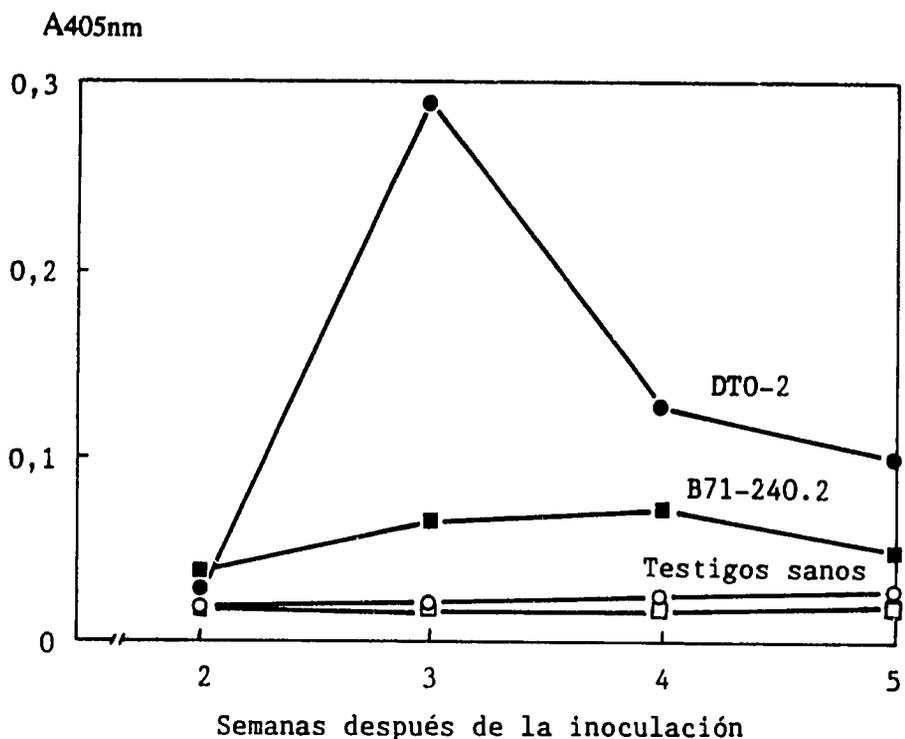


Figura 1. Concentración relativa en valores de absorbancia (A405nm) del virus del enrollamiento de las hojas de la papa (PLRV) en plantas de DTO-2 (susceptible) y B71-240.2 (resistente) inoculadas por injerto, a intervalos semanales.

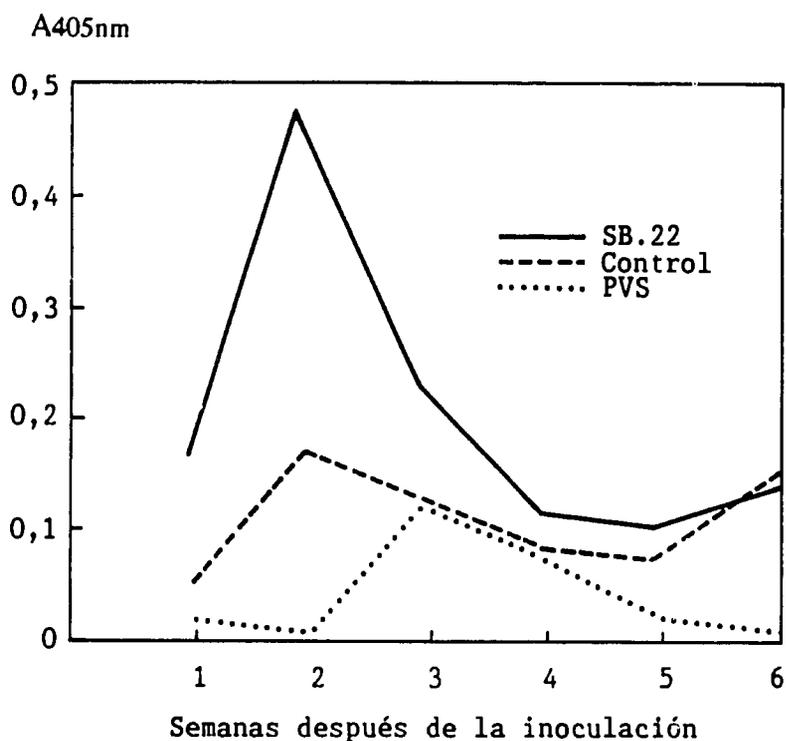


Figura 2. Concentración relativa en valores de absorbancia (A405nm) del virus del enrollamiento de las hojas de la papa (PLRV) en el clon B71-240.2 infectado con el virus SB-22 y PVS. PLRV se detectó por ELISA a intervalos semanales después de la inoculación.

Se ha reportado que los clones que tienen valores de absorbancia baja para el PLRV en el método de ELISA son también fuentes pobres de virus para el vector M. persicae (Barker y Harrison, 1986). La razón es que en estos clones sólo algunas células acompañantes son infectadas y el virus está presente en cantidades pequeñas en el floema. Usando microscopía de fluorescencia se ha demostrado que cuando estos clones resistentes son infectados con el PVX, llega a infectarse un número mayor de células acompañantes que cuando es infectado solamente con el PLRV.

Hipersensibilidad/intolerancia

Ciertos cultivares de papa de Polonia y Alemania, tales como Apta y Carla, cuando se infectan con el PLRV se producen síntomas primarios o secundarios, como necrosis de tallo, muerte prematura de plantas, carencia de formación de tubérculos, escasez o ausencia de germinación, y marchitamiento. Los síntomas microscópicos normales de la infección con el PLRV son la formación de tejido calloso y la necrosis del floema. Sin embargo, en esos cultivares Apta y Carla, la hipersensibilidad es también caracterizada por necrosis del tallo, pero el efecto es severo e inmediato. Esta necrosis severa del tejido del floema causa marchitamiento rápido de las plantas infectadas. Estos clones son también considerados como "autoeliminantes" de la infección con el PLRV debido a la necrosis severa y ausencia de germinación de los tubérculos. Se ha reportado que la hipersensibilidad para el PLRV está gobernada por un sólo gen dominante, el cual es modificado por genes menores (Butkiewicz, 1978; Zadina y Novak, 1983).

Resistencia a la translocación del virus del enrollamiento de la hoja de la papa

Cuando una célula de la hoja de la papa se llega a infectar con un virus, éste no se mueve inmediatamente a otros tejidos. Primero infecta esa célula, se multiplica y luego infecta las células adyacentes pasando a través de los plasmodesmos. Cuando la concentración del virus alcanza un cierto nivel, recién comienza a moverse a otras partes de la planta. El PLRV infecta la célula acompañante del floema pero su transporte a larga distancia ocurre por la vía de los tubos cribosos. La velocidad de translocación del virus depende, por lo tanto, al comienzo, de la rapidez de multiplicación del virus en las células acompañantes del floema. Por eso en clones con resistencia a la multiplicación del PLRV, el grado de translocación sería más lento.

Experimentos llevados a cabo en el CIP, indican que la dirección de movimiento del PLRV en una planta de papa después de la infección es hacia el ápice de la planta y luego comienza a moverse hacia abajo a las partes subterráneas de la planta. Este fenómeno es similar en plantas jóvenes y en plantas en etapa de iniciación de los tubérculos. No se pudo encontrar diferencia en el grado de translocación del PLRV en los clones de papa estudiados. Sin embargo, en Solanum acaule donde ocurre una fuerte resistencia a la multiplicación del PLRV, también ocurre una fuerte resistencia a la translocación del mismo. Esto indica que el nivel de resistencia a la multiplicación es mayor en S. acaule que en los clones de papa cultivada. Sin embargo, recientemente ha sido reportado de Inglaterra un clon con una fuerte resistencia a la translocación del PLRV. La resistencia a la translocación también indica la rapidez con la cual las plantas responden a la infección, produciendo tejido calloso en el floema para prevenir la translocación del virus (Barker, 1987).

Antibiosis y antixenosis

Estos dos temas son muy semejantes a la resistencia a insectos en plantas, por eso son una aproximación indirecta pero importante a la resistencia al PLRV. Algún factor que afecta al vector puede contribuir a la resistencia al PLRV. La antibiosis incluye todos los efectos adversos ejercidos por una planta en la biología de los insectos. Ello puede ser un factor que reduzca la tasa de crecimiento, la oviposición, el número de ninfas, o hasta la mortalidad del áfido. La ventaja de este componente es su efecto en la población de áfidos formados dentro de un campo y en la prevención de la diseminación del PLRV. Los pelos glandulares en las hojas pertenecen a esta categoría.

Antixenosis o no preferencia, es el evitamiento de plantas como hospedantes para áfidos. Esta falta de preferencia puede ser debida a toxinas en la planta, a la presencia de repelentes volátiles producidos por la planta, o a la presencia de pelos de tipo no glandular. El cultivar Tomasa Condemayta exhibe muy frecuentemente este componente de resistencia al PLRV. Los áfidos inoculados sobre Tomasa Condemayta se mueven fuera de las plantas sin inocular el PLRV. Sin embargo, hemos visto, bajo condiciones de campo, plantas de Tomasa Condemayta infectadas con el PVY. El hecho de que los áfidos que prueban en estas plantas no transmitan el PLRV se debe a la falta de preferencia por parte de los áfidos dado que el estilete no penetra en el floema.

DISCUSION

En ausencia de genes dominantes de resistencia y de inmunidad al PLRV, el mejoramiento para resistencia no es un procedimiento directo como en el caso del PVX y el PVY. Por consiguiente, para obtener resistencia al PLRV debe ser utilizado otro camino.

Nuestros resultados indican que el cultivar Mariva tiene un nivel más alto de resistencia a la infección por el PLRV que el cultivar Serrana. Sin embargo, bajo condiciones de campo, el cultivar Mariva degenera rápidamente debido a la infección por el PLRV mientras Serrana mantiene su nivel de resistencia a la infección. Los análisis de hojas del cultivar Mariva infectadas con el PLRV mostraron también la presencia del PVX o del PVY, mientras que el cultivar Serrana es conocido por mostrar un nivel alto de hipersensibilidad al PVX y al PVY bajo condiciones de campo¹. Por tal razón, un programa de mejoramiento por resistencia al PLRV se debe iniciar con una población alta de progenitores resistentes al PVX y al PVY, ya que estos virus disminuyen el efecto de los diferentes componentes de resistencia al PLRV.

La diseminación del PLRV sólo ocurre debido a la actividad del vector. Así, la estrategia para controlar la enfermedad debe ser planificada considerando la presión de áfidos virulíferos en una región. Generalmente podemos dividir las regiones en áreas con presión de áfidos alta y baja (Figura 3). En regiones donde la presión del vector es baja, un control adecuado puede ser alcanzado usando el gen de la hipersensibilidad en combinación con la resistencia a áfidos (antibiosis o antixenosis). El componente de

¹Fernández-Northcote, datos sin publicar.

antibiosis con mortalidad del áfido daría una mejor resistencia. El peligro de usar el gen de hipersensibilidad en esas áreas con baja población depende de la formación de una población de áfidos virulíferos dentro del cultivo y la diseminación de la enfermedad a plantas vecinas. El efecto adverso del gen de la hipersensibilidad, la necrosis sistémica, puede ser modificado usando genes menores para inducir tolerancia.

Para regiones donde la presión de áfidos es alta, tiene que ser usado un camino completamente diferente, ya que el uso de la hipersensibilidad en estas localidades pueden destruir completamente el cultivo debido a la necrosis. Los niveles de resistencia a la infección y multiplicación son algo bajos. Integrando estas dos componentes de resistencia, se pueden obtener niveles más altos de resistencia a la infección y a la multiplicación. El mayor uso de los componentes de resistencia a áfidos en estas regiones es la no-preferencia o antixenosis y si ésta se integra dentro de un clon que ya tiene resistencia a la infección y a la multiplicación (Figura 3) puede obtenerse una resistencia estable adecuada.

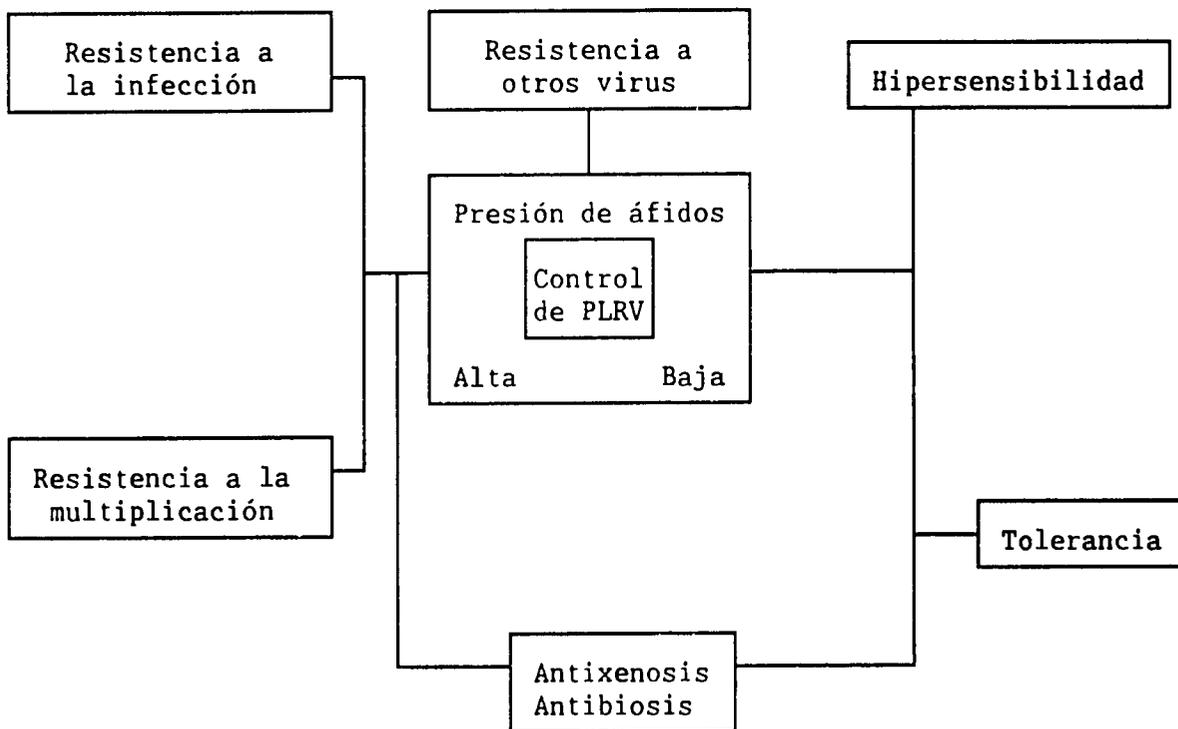


Figura 3. Interacción entre los componentes de la resistencia al PLRV

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- BARKER, H. 1987. Multiple components of the resistance of potato to potato leafroll virus. *Ann. Appl. Biol.*
- BARKER, H.; B.D. HARRISON. 1986. Restricted distribution of potato leafroll virus antigene in resistant potato genotypes and its effect on transmission of the virus by aphids. *Ann. Appl. Biol.* 109:595-604.
- BUTKIEWICZ, H. 1978. Intolerance to potato leafroll virus (PLRV) occurring potato plants. *Ziemniak, Bonin.* 70:5-38.
- COCKERHAM, G. 1970. Genetical studies on resistance to potato virus X and Y. *Heredity* 25:309-348.
- FERNANDEZ-NORTHCOTE, E.N. 1983. Prospects for stability of resistance to potato virus Y. In: Hooker, W.J. (ed.) *Research for the potato in the year 2000.* CIP, Lima. p. 82.
- MACKINNON, J.P. 1969. High level of resistance to potato leafroll virus in greenhouse test. *Am. Potato J.* 46:54-56.
- MOREIRA, A; JONES, R.A.C.; FRIBOURG, C.E. 1978. Un strain de virus X de papas de Bolivia que no produce lesiones locales en Gomphrena globosa. *Fitopatología* (abstr.) 13(1):27-28.
- MUÑOZ, F.J.; PLAISTED, R.L.; THURSTON, H.D. 1975. Resistance to potato virus Y in Solanum tuberosum spp. andigena. *Am. Potato J.* 52:107-115.
- ROSS, H. 1952. Studies on mosaic resistance in the potato. In: *Proc. of the Conf. on Potato Virus Diseases.* Lisse, Wageningen. 40-47.
- ROSS, H. 1958. Inheritance of extreme resistance to virus Y in Solanum tuberosum. In: *Proc. for the 3rd. Conf. on Potato Virus Diseases.* Lisse, Wageningen. 204-211.
- ROSS, H. 1958. Viirusresistenzuchtung an der kartoffel. *Eur. Potato J.* 1:1-19.
- ZADINA, J.; NOVAK, F. 1983. The inheritance of extreme intolerance to potato leafroll virus. *Sbornik Úvtiz, Genetica a slechteni,* 19:189-194.

Mejoramiento de Papa para Resistencia a los Virus Y, X, así como al Enrollamiento de las Hojas: Estrategia de Investigación para Procedimientos de Selección

HUMBERTO A. MENDOZA

Ph. D., Genetista Principal y Jefe Departamento de Genética y Mejoramiento, Centro Internacional de la Papa (CIP), Lima-Perú.

INTRODUCCION

El cultivo de la papa *Solanum tuberosum* L. es vulnerable al ataque de un gran número de plagas y enfermedades. Un compendio de enfermedades de la papa (Hooker, 1981) enumera 23 virus, 38 hongos, 6 bacterias, 2 micoplasmas y 1 viroide que infectan a este cultivo. Entre estos patógenos, los cuatro de mayor distribución mundial son el tizón tardío (*Phytophthora infestans*), el virus del enrollamiento de las hojas (PLRV), el virus Y (PVY) y el virus X (PVX). Además, existen otros parásitos importantes para la papa, pero se encuentran geográficamente circunscritos a ciertas áreas (Mendoza y Sawyer, 1984).

Los virus de la papa, en general, y el PLRV, el PVY y el PVX en particular, son los agentes más importantes de la degeneración del cultivo. Los tubérculos-semillas infectados transmitirán los virus de una generación a la siguiente reduciendo, en una magnitud variable, su rendimiento potencial.

En la mayoría de países desarrollados, los programas de "semilla" producen tubérculos-semillas de excelente condición sanitaria cuyo uso permite evitar las consecuencias de las infecciones viróticas. Contrariamente, en la mayoría de los demás países, los programas de "semilla" no existen o no producen suficiente cantidad de tubérculos-semillas de alta calidad para abastecer la demanda de los agricultores. Como consecuencia, los agricultores se ven obligados a comprar "semilla" importada muy costosa o a utilizar el tubérculo-semilla local que haya disponible. Es muy probable que éste puede tener ya un alto grado de virosis y un potencial reducido de rendimiento.

Frecuentemente, en los países del tercer mundo, el establecimiento de programas de producción de tubérculo-semilla tiene serias limitaciones económicas y ambientales y en muchos casos la producción total no puede cubrir la demanda, ni cuantitativa ni cualitativamente. Bajo estas condiciones, la disponibilidad de variedades con resistencia a los tres principales virus de la papa (PLRV, PVY y PVX) es la vía más lógica para mejorar la calidad y rendimiento del cultivo, en cantidad, calidad y estabilidad.

Previous Page Link

El Centro Internacional de la Papa (CIP) ha desarrollado una estrategia de mejoramiento poblacional orientada a combinar la resistencia o tolerancia a las principales plagas, enfermedades y otros factores ambientales adversos. En los últimos cinco años la resistencia a virus es un acompañante muy importante de este esfuerzo.

ESTRATEGIA GENERAL DE MEJORAMIENTO

La estrategia de mejoramiento en el Centro Internacional de la Papa (CIP) maximiza la utilización de las fuentes genéticas contenidas en el género *Solanum*. Estas incluyen cultivares comerciales y clones parentales, especies cultivadas primitivas y un grupo de especies silvestres selectas que contienen características valiosas para resistencia o tolerancia a factores ambientales adversos, plagas y enfermedades.

Para utilizar estas fuentes genéticas, se desarrolló una estrategia de mejoramiento poblacional basada en la aplicación de ciclos de selección recurrente con pruebas de progeñe. Esta estrategia dirigida al mejoramiento del germoplasma tiene como objetivo el mantenimiento de una amplia variabilidad genética el incremento en la frecuencia de genes que controlan atributos valiosos y la recombinación de ellos. Estas consideraciones conceptuales son la base sobre la que el CIP está desarrollando poblaciones avanzadas a partir de las cuales algunos Programas Nacionales de Papa han identificado y entregado nuevas variedades comerciales o están en el proceso final de evaluación de clones avanzados, caracterizados por un alto rendimiento y resistencia a dos o más plagas, enfermedades o factores ambientales adversos.

La estrategia de mejoramiento poblacional de la papa, además de su enfoque biométrico, contrasta con las estrategias tradicionales de mejoramiento de la papa en un concepto básico: su principal esfuerzo es concentrar tolerancia o resistencia a factores adversos sean estos bióticos o abióticos. Estos criterios de selección son aplicados a lo largo del desarrollo de la población. Además, la selección para rendimiento, precocidad y atributos de calidad de tubérculo es realizado en un trasfondo genético de resistencia, o tolerancia, o ambos casos.

En este contexto, la eficiencia de las técnicas de tamizado para resistencia a virus juega un papel importante en los resultados del proceso de mejoramiento. La selección modificará las frecuencias génicas cambiando así la estructura genotípica de la población. La magnitud del cambio dependerá de la precisión en la identificación y aislamiento de los individuos portadores de los atributos bajo selección. Cualquier error o "escape" durante el proceso de selección para resistencia a virus, dependiendo de su magnitud, podría alterar la respuesta a la selección. Esto justifica el siguiente postulado "el trabajo de mejoramiento sólo podrá ser eficiente en la medida que el procedimiento de selección lo permita" (Mendoza, 1987). El presente trabajo sobre mejoramiento para resistencia a los virus Y, X y del enrollamiento de la hoja de la papa presenta un ejemplo específico de selección recurrente para ilustrar la estrategia de mejoramiento poblacional en el CIP.

CONSIDERACIONES GENÉTICAS

La papa cultivada Solanum tuberosum L. es un autotetraploide con $2n = 4x = 48$ cromosomas. En consecuencia, la transmisión de atributos de los progenitores a la descendencia involucra una herencia tetrasómica. En el contexto de este trabajo y para la herencia de la inmunidad a los virus Y y X de la papa, se asume una segregación de cromosomas al azar ($\alpha = 0$) y la presencia de sólo dos formas alélicas en un locus.

Es conocido que las inmunidades a los virus Y y X de la papa son controlados cada una por un gene dominante, v.g., "Y" controla la inmunidad al PVY y el gen "y" la susceptibilidad. Asimismo, el gen X controla la inmunidad al PVX y el gen "x" controla la susceptibilidad. Además estos dos loci segregan independientemente. En cada locus hay cinco genotipos posibles, pero sólo dos fenotipos posibles (Tabla 1).

Tabla 1. Estructuras genóticas y fenóticas en un locus autotetraploide

Estructura	Genotipos		Fenotipos
	Locus PVY	Locus PVX	
Cuadruplex	YYYY (Y ₄)	XXXX (X ₄)	Inmune
Triplex	YYyY (Y ₃ y)	XXXx (X ₃ x)	Inmune
Duplex	YYyy (Y ₂ y ₂)	XXxx (X ₂ x ₂)	Inmune
Simplex	Yyyy (Yy ₃)	Xxxx (Xx ₃)	Inmune
Nulplex	yyyy (y ₄)	xxxx (x ₄)	Susceptible

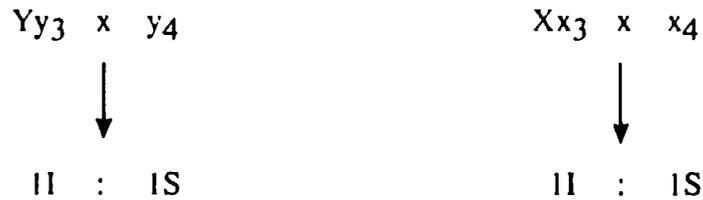
En el caso de resistencia al virus del enrollamiento (PLRV) hay menos información sobre la naturaleza genética de su control. La información disponible que es escasa, sugiere que su herencia es poligénica, estando involucrados efectos génicos aditivos y no aditivos.

Las fuentes genéticas utilizadas en el CIP en el mejoramiento para resistencia o inmunidad a virus son las siguientes:

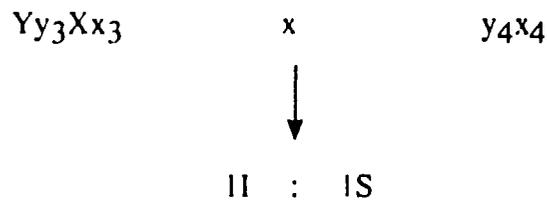
1. Los genes para resistencia al PLRV están en baja frecuencia en algunos cultivares de S. tuberosum derivados de S. demissum o S. phureja, o ambos, y también algunos clones de S. tuberosum sp. andigena.

2. Los genes para inmunidad al PVY y al PVX están dispersos en S. tuberosum sp. andigena y en cultivares de S. tuberosum sp. tuberosum derivados de S. stoloniferum para el PVY, y S. tuberosum sp. andigena y en cultivares de S. tuberosum sp. tuberosum derivados de S. acaule. En ambos casos los genes para inmunidad están principalmente en

estado simplex, v.g., Yy_3 , Xx_3 . Esto significa que la transmisión de estas inmunidades de los progenitores inmunes de los progenitores inmunes a la descendencia sólo alcanza una frecuencia media, esto es, 50%.



Si las inmunidades al PVY, y al PVX se consideran conjuntamente, la frecuencia de transmisión es aún más reducida: 25%.



En un programa de mejoramiento orientado a la selección de variedades, estas frecuencias génicas son aceptables, pues lo que se busca es la identificación de un sólo genotipo portador de esos atributos. Sin embargo, cuando se realiza un mejoramiento de germoplasma esta frecuencia es de media a baja y necesita ser incrementada para tener un impacto significativo al nivel poblacional.

SELECCION

Si en una población dada, se seleccionan individuos que presentan cierto tipo de atributos y se descartan aquellos que lo presentan, se está intentando modificar la estructura genética de esa población. El grado en que la selección pueda modificar la configuración genética de la población depende entre otros factores de cuan eficientemente se pueda identificar y aislar los fenotipos deseables.

Cuando los individuos seleccionados son introducidos en un nuevo ciclo reproductivo, la nueva población resultante deberá tener una estructura genotípica diferente a la original. Esto es debido a los cambios en la frecuencia génica causados por la selección.

El grado de éxito en esta tarea depende entonces de cuan eficiente sea el proceso de selección en la identificación de los genotipos resistentes. Si la selección para virus es perfecta, es decir, no ocurren escapes; entonces el proceso realizado coincide con el progreso esperado. Contrariamente, si se produce cierto porcentaje de escape, un número de individuos susceptibles es incluido dentro del siguiente ciclo reproductivo, y el progreso observado de selección será menor que el esperado.

Supongamos un locus tetraploide para el control de inmunidad al PVY, que contenga los alelos Y y "y" con frecuencias $f(Y) = p$ y $f(y) = q$, donde $p+q = 1$. La presión de selección aplicada contra el fenotipo susceptible (correspondiente al genotipo yyyy) será representada por s cuando $s = 1$, es decir cuando la selección para virus elimina todos los individuos recesivos, y la nueva frecuencia de "y" será q_1 .

$$q_1 = \frac{q - q^4}{1 - q^4}$$

Y el cambio en la frecuencia de "y", q será:

$$q = q_1 - q = - \frac{(1-q)q^4}{1-q^4}$$

q tiene un valor negativo, el cual indica que la frecuencia de "y" ha disminuido.

Cuando la selección es parcialmente eficiente, v.g. $s < 1$, entonces la nueva frecuencia de "y" será:

$$q_1 = \frac{q - sq^4}{1 - sq^4} \quad y$$

$$q = - \frac{sq^4(1-q)}{1 - sq^4}$$

Por experiencia se puede considerar que la eficiencia en el proceso de selección (tamizado) para inmunidad al PVY y al PVX esté en el orden de 90%. Por lo tanto, $s = 0.9$ (Mendoza, 1987).

Supongamos una población con los alelos "Y" (Ye) y "y" con frecuencias $p = 0,01$ y $q = 0,99$ respectivamente. Después de un ciclo de selección con una intensidad $s = 0,9$, la nueva frecuencia de "y" será $q_1 = 0,93$ y $q = -0,06$.

Bajo condiciones ideales, $s = 1$ (no ocurren escapes durante la selección para el virus Y) $q_1 = 0,74$ y $q = -0,243$. Es evidente que sólo 10% de escape disminuye el cambio en la frecuencia génica de -0,243 a -0,06.

Sin embargo, esto no es todo lo serio que pudiera parecer si se considera que durante la primera evaluación de campo de las plántulas sobrevivientes al tamizado por inmunidad al PVY, la selección para características agronómicas retendrá no más del 10% de los genotipos, inmunes y escapes. Esto significa que de 10% de escape original, después de la primera evaluación clonal sólo 10% será retenido, es decir, 1% de escape de la selección para resistencia a virus.

ESTRATEGIA DE MEJORAMIENTO PARA RESISTENCIA A VIRUS

En años pasados la estrategia de mejoramiento incrementó la frecuencia génica para la inmunidad combinada al PVY y al PVX sin dar suficiente énfasis a características agronómicas. De otro lado, se generó una población separada para mejorar para resistencia al PLRV, pero no hubo progresos significativos. Esta estrategia ha sido modificada debido a las siguientes razones:

1. Se ha hecho evidente que en un clon resistente al PLRV la expresión de este atributo puede ser dependiente de que dicho clon esté o no infectado por el PVY, o el PVX, o por ambos. El porcentaje de infección con el PLRV en el clon resistente Mariva se incrementa significativamente cuando las plantas están ya infectadas con el PVY o el PVX, o ambos. Esto indica que la resistencia al PLRV deberá ser introducida en materiales genéticos inmunes a los otros dos virus.*

2. Desde el punto de vista de mejoramiento es importante no sólo aumentar las frecuencias génicas para resistencia a virus per se., sino, al mismo tiempo evaluar la aptitud combinatoria general para rendimiento y otros atributos, a fin de poder seleccionar progenitores superiores. La combinación en un mismo clon de resistencia y buen comportamiento agronómico es obligatoria para que la resistencia pueda tener valor económico. Incrementar sólo la frecuencia génica para resistencia se convierte en un ejercicio académico de poco uso práctico.

A causa de los problemas anteriores se ha diseñado una nueva estrategia de mejoramiento (Figura 1), la cual incluye los siguientes aspectos:

1. Todo el trabajo es realizado sobre un contenido genético de alto rendimiento, precocidad, tolerancia al calor, buenas características agronómicas y de tubérculos y otras resistencias.

2. El mejoramiento es realizado en forma progresiva:

2.1 Mejorar para combinar inmunidad al PVY y al PVX.

2.2 Combinar inmunidad a PVY + PVX con resistencia al PLRV.

PROCEDIMIENTOS DE MEJORAMIENTO Y ESTADO PRESENTE

Introducción de inmunidad al PVY y al PVY + PVX dentro de una población avanzada de zonas bajas tropicales

Los clones procedentes de zonas bajas tropicales (LT) tienen combinaciones de los siguientes atributos: alto rendimiento, precocidad, tolerancia al calor y resistencia al tizón temprano, al tizón tardío y a la marchitez bacteriana, pero en su mayoría son susceptibles a virus.

Los clones con inmunidad al PVY y a PVY + PVX fueron algo tardíos en madurez, de alto rendimiento y características regulares de tubérculos. Todos estos materiales fueron desarrollados por el autor a partir de 1974 y 1975.

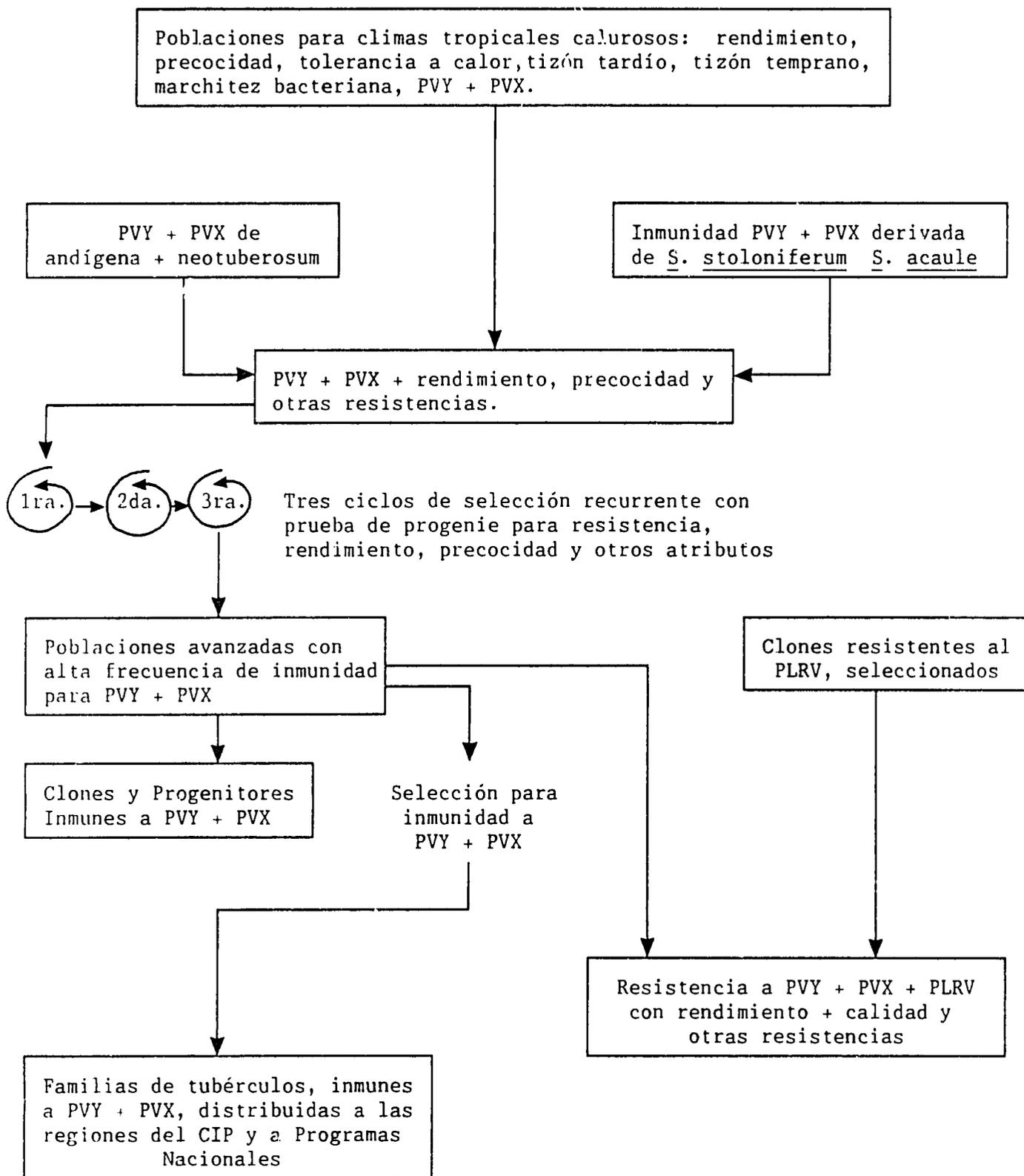
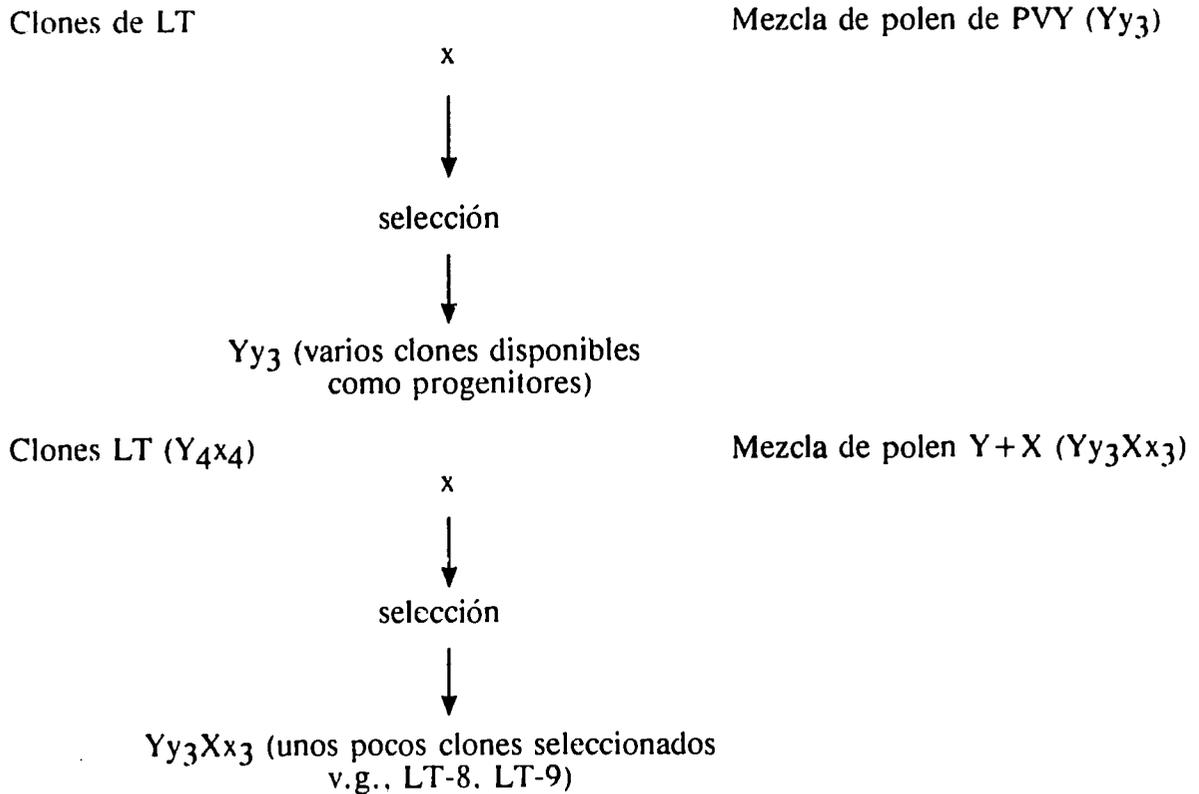


Figura 1. Estrategia de mejoramiento para resistencia a PVY + PVX + PLRV

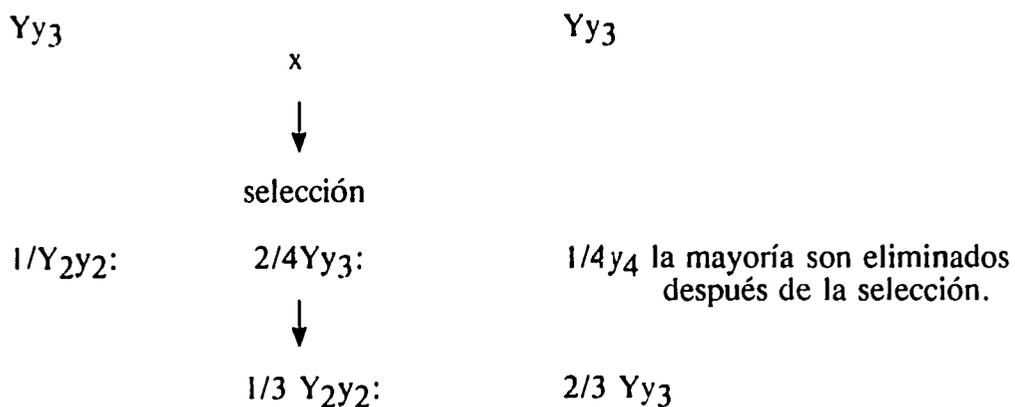
Los cruzamientos entre estos dos grupos de materiales genéticos fueron realizados en 1977. Estos son representados esquemáticamente como sigue:



Los clones seleccionados sea con resistencia al PVY, o inmunidad a PVY + PVX fueron evaluados durante varias temporadas, por rendimiento, precocidad, características agronómicas y de tubérculo. Luego, se los sometió a pruebas de progenie para medir su valor parental para rendimiento y otros atributos.

Incremento de la frecuencia de genes para inmunidad al PVY (Figura 2)

Los clones selectos inmunes a PVY fueron entrecruzados para incrementar la frecuencia génica del alelo Y.



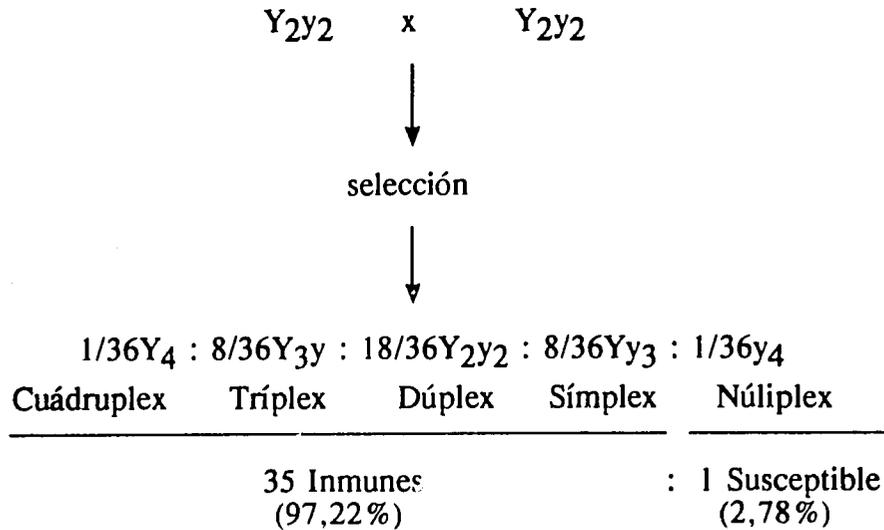
Cruzamientos	Genotipos inmunes para seleccionar como progenitores	Frecuencia de inmunidad (%)
Clones LT (Y_4) x PVY m.p. (Yy_3)		50,0
	Yy_3	
Yy_3 x Yy_3		75,0
	Y_2y_2 (prueba de progenie)	
Y_2y_2 x Y_2y_2		97,2
	Y_4, Y_3y (prueba de progenie)	
$\left[\begin{array}{c} Y_4 \\ Y_3y \end{array} \right]$ x y^4		100,0

Figura 2. Incremento de la frecuencia génica para inmunidad al PVY.

Todos los clones seleccionados originados de esta población fueron evaluados en el campo por rendimiento, precocidad, tolerancia al calor y características de tubérculos. En la cosecha fueron seleccionados 160 clones de los cuales se espera que 1/3 sean dúplex, esto es $YYyy$. La estructura genotípica se determina por la frecuencia de individuos inmunes en las progenies que provienen de la autofecundación de los clones inmunes o en la de sus cruzamientos con progenitores susceptibles ("test-cross"). La autofecundación de los clones dúplex segregará en la proporción 35I:1S mientras que los simplex darán una proporción 3I:1S. Por cruzamientos a los clones susceptibles ("test-cross"), los dúplex segregarán en proporción 1I:1S. Estas proporciones son claramente distinguibles.

Incremento ulterior de la frecuencia génica para inmunidad al PVY

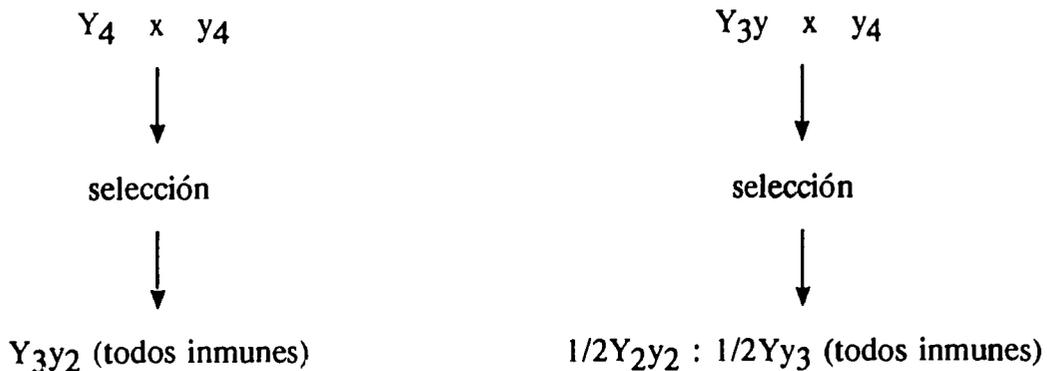
A fines de 1987 se habrán realizado entrecruzas de los genotipos duplex. Las segregaciones genotípicas y fenotípicas de las progenies serán las siguientes:



El tercer paso implica dos consideraciones fundamentales:

1. Por entrecruzamiento de clones avanzados dúplex para inmunidad al PVY, 97,22% de la progenie será inmune.

2. Observando la frecuencia genotípica obtenida de cruzar dos dúplex se puede ver que la frecuencia de genotipos cuádruplex (Y_4) más tríplex (Y_3y) representa 1/4 de la progenie. Por cruzamiento a clones susceptibles ("test-cross") se pueden distinguir fácilmente los cuádruplex y los tríplex de los demás genotipos.



La identificación de estos genotipos y su uso como progenitores permitirá reducir al mínimo la importancia del PVY, v.g., si uno de estos progenitores es cruzado con un clon susceptible al PVY tal como CIP 378676.6, pero resistente al tizón tardío y al tizón temprano, todas las progenies serán inmunes al PVY y aproximadamente 20% serán conjuntamente resistentes a los tizones tardío y temprano.

Combinación de inmunidades al PVY y al PVX (Figura 3)

Utilizando materiales genéticos adaptados a las zonas bajas tropicales se han realizado dos tipos de cruzamientos:

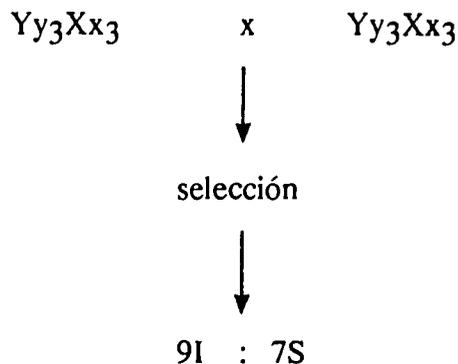
$$\begin{array}{r} Yy_3Xx_3 \quad x \quad y_4x_4 \\ y \quad Yy_3x_4 \quad x \quad y_4Xx_3 \end{array}$$

En ambos tipos de apareamientos la frecuencia de inmunidad para PVY + PVX se dio en la proporción 11:3S.

Después de la selección para inmunidad al PVY y al PVX, los individuos sobrevivientes fueron sometidos a una evaluación en el campo. La cosecha fue realizada en setiembre de 1986, y se seleccionaron 241 clones. Estos clones fueron sembrados en mayo de 1987 en la estación del CIP en San Ramón para evaluarlos por rendimiento, precocidad y tolerancia al calor. Al cosechar en agosto, se seleccionaron 32 clones con alto rendimiento y en un rango de madurez entre 75 y 90 días. Todos estos clones de amplia base genética son inmunes símplex a ambos virus (Yy_3Xx_3).

Incremento en la frecuencia conjunta para inmunidad al PVY y al PVX (Figura 3)

En octubre de 1987, los 32 clones selectos serán entrecruzados para incrementar la frecuencia de los genes Y y X.



La frecuencia de genes para la inmunidad conjunta PVY y PVX se ha incrementado en más del doble de 25% a 56,25%. Entre los fenotipos inmunes se podrán encontrar las siguientes frecuencias genotípicas: $1/9Y_2y_2X_2x_2$: $2/9Y_2y_2Xx_3$: $2/9Yy_3X_2x_2$: $4/9Yy_3Xx_3$.

Todos estos materiales serán evaluados en el estado de plántulas en La Molina durante el verano de 1988 y los seleccionados serán reevaluados de junio a agosto de 1988 en San Ramón. En ambos casos se realizará selección para rendimiento, precocidad, tolerancia al calor y características de tubérculo.

Cruzamientos	Genotipos inmunes para seleccionar como progenitores	Frecuencia de inmunidad (%)
Clones LT (y_4x_4) x XY m.p.	(Yy_3Xx_3)	25,0
	Yy_3Xx_3	
Yy_3Xx_3 x Yy_3Xx_3	$Y_2y_2X_2x_2$ (prueba de progenie)	75,0
	$Y_2y_2X_2x_2$ x $Y_2y_2X_2x_2$	94,5
	$\left[\begin{array}{l} Y_4X_4, Y_4X_3x \\ Y_3yX_4, Y_3yx_3x \end{array} \right]$ (prueba de progenie)	
$\left(\begin{array}{l} Y_4X_4 \\ Y_4X_3x \\ y_3yX_4 \\ Y_3yX_3x \end{array} \right)$	x y_4x_4	100,0

Figura 3. Incremento de la frecuencia génica para la inmunidad conjunta a PVY + PVX

De los cuatro genotipos se hará un esfuerzo para identificar el más importante: el dúplex para ambos loci, v.g., $Y_2y_2X_2x_2$. La identificación de éste tiene que ser realizada seleccionando, conjuntamente para inmunidad al PVY y al PVX, las progenies obtenidas de los "test-cross" con un progenitor nùplex (Y_4y_4) de todos los clones selectos (Tabla 2).

Tabla 2. Proporción de segregación de los cuatro genotipos inmunes al PVY y al PVX cruzados con un probador susceptible (núlplex)

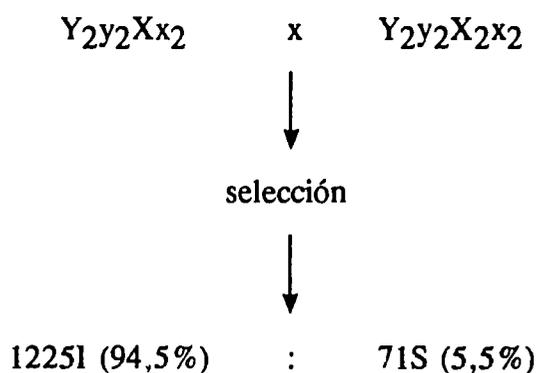
Genotipos	Probador	Proporción de segregación
$Y_2y_2X_2x_2$	Y_4x_4	25I:1S
$Y_2y_2Xx_3$	Y_4x_4	5I:7S
$Yy_3X_2x_2$	Y_4x_4	5I:7S
Yy_3Xx_3	Y_4x_4	1I:3S

La identificación de los genotipos duplex, en ambos loci, no presenta ningún problema pues las proporciones son claramente contrastantes.

El proceso de selección de los genotipos dúplex estaría listo a finales de 1988 o comienzos de 1989.

Incremento ulterior en la frecuencia conjunta de genes que controlan la inmunidad al PVY y al PVX

Los cruzamientos entre los genotipos duplex $Y_2y_2Xx_2$ permitirán continuar incrementando la frecuencia de los genes para inmunidad a los dos virus.



En forma similar al efecto del incremento de la frecuencia del gen para inmunidad al PVY, los entrecruzamientos de genotipos dúplex para inmunidad al PVY y al PVX tienen consecuencias muy importantes:

1. Por entrecruzamiento de clones avanzados dúplex inmunes al PVY y al PVX, 94,5% de la progenie será inmune reduciendo al mínimo en esta forma la importancia de estos dos virus principales.

2. Por inspección de las frecuencias genóticas resultantes del cruzamiento de dos clones dúplex se puede observar que la frecuencia de genotipos cuádruplex (Y_4X_4), cuádruplex en un locus pero tríplex en el otro (Y_4YX_{3x} y Y_3YX_4), y tríplex en ambos loci (Y_3YX_{3x}) representan 6,25% de la progenie.

Por cruzamientos ("test-cross") de los individuos inmunes con un probador susceptible a ambos virus (núliplex, y_4x_4), se podrán reconocer fácilmente los cuádruplex y tríplex ya que todas sus progenies serán inmunes al PVY y al PVX.

La identificación de estos genotipos podría permitir resolver definitivamente el problema de la inmunidad al PVY y al PVX.

Combinación de resistencia al PLRV con Inmunidad al PVY y al PVX

1. El mejoramiento para resistencia al PLRV es una tarea genética complicada debido a la complejidad involucrada en la herencia de esta característica. La heredabilidad es baja y la acción génica no aditiva parece ser grande como se demuestra por la especificidad de apareamientos para un incremento de la frecuencia de resistencia en las progenies. Además de esto, actualmente se reconoce la existencia de por lo menos dos tipos de resistencia: resistencia a la infección y resistencia a la multiplicación.

2. Adicionalmente, la selección para resistencia a virus es complicada porque ninguno de los métodos de tamizado para resistencia al PLRV, sea en estado de plántula o en estado adulto, han resultado satisfactorios. De otro lado, no hay suficiente información sobre cuán buena es la correlación entre la reacción a la infección con el PLRV de las plántulas y aquella de las plantas adultas.

3. El último factor de complejidad es la interacción entre la resistencia al PLRV y la inmunidad al PVY y al PVX lo que oscurece y hace más difícil la evaluación de la resistencia al PLRV bajo condiciones de campo.

4. A pesar de estos problemas, actualmente existe un número de variedades comerciales y clones progenitores producidos por algunos programas de mejoramiento que tienen un nivel adecuado de resistencia al PLRV. Para citar algunos ejemplos se deben mencionar las variedades Serrana INTA y Achirana INTA (Argentina), Mariva (Perú), Bzura (Polonia) y algunos clones del CIP (BR63.15, BR63.84, etc.), que son utilizados al presente en su programa de mejoramiento para combinar la resistencia a los tres virus.

5. La disponibilidad de progenitores que transmitan inmunidad al PVY y al PVX, ya sea a toda su progenie o a una alta proporción de ella, simplificará la selección para resistencia al PLRV en varios aspectos.

5.1 Se podrá conducir estudios genéticos bajo condiciones de infección de campo para obtener información válida acerca del tipo de acción involucrada en los tipos de resistencia al PLRV y sus heredabilidades. Estos estudios se realizan al abrigo de la interferencia en los resultados causada por la infección de los otros dos virus. Además, se podrá efectuar una selección más eficiente de progenitores.

5.2 El procedimiento de selección por resistencia al PLRV, sea este aplicado al estado de plántula o de planta adulta, podría ser simplificado.

CONCLUSIONES

La disponibilidad de variedades de papa con una combinación de inmunidad al PVY y al PVX y resistencia al PLRV simplificaría significativamente el proceso de producción de tubérculos-semillas. Controlando genéticamente tres de las principales causas de la degeneración de la "semilla" de papa, los agricultores podrían mantener sus tubérculos-semillas por un largo de tiempo sin la amenaza de una rápida pérdida de su rendimiento potencial. Consecuentemente, la estabilidad del rendimiento podría ser mejorada al reducir la constante pérdida en vigor y capacidad de rendimiento a la que están sujetas las variedades susceptibles.

Otro aspecto importante es que la disponibilidad de variedades resistentes a los tres principales virus de la papa puede disminuir el costo de producción de este cultivo, ya que uno de los insumos más costosos en la producción de papa es el tubérculo-semilla de buena calidad.

Finalmente el incremento en la frecuencia génica, particularmente para inmunidad al PVY y al PVX, está permitiendo combinar estos atributos con otras resistencias importantes tales como tizón tardío, tizón temprano, marchitez bacteriana, etc. La resultante de este proceso será la disponibilidad de nuevas variedades concebidas para una mejor adaptación a las condiciones de producción de los países del tercer mundo y hacer de la papa un alimento más barato y más utilizado por la mayoría de la población.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- HOOKER, W.J. 1981. Compendium of potato diseases. The American Phytopathological Society. 125 pp.
- MENDOZA, H.A.; SAWYER, R.L. 1985. The Breeding Program at the International Potato Center (CIP). In: Progress in Plant Breeding 1. G.E. Russell ed. Butterwoths. London. p. 117-137.
- MENDOZA, H.A. 1987. Progress in resistance breeding in potatoes as a function of efficiency of screening procedures. In: "Report of the Planning Conference on Bacterial Diseases of Potato", Lima, 16-20 de marzo de 1987. CIP, Lima. pp. 39-64.

Mejoramiento para Resistencia a Tizón Temprano Alternaria solani en el Uruguay

FRANCISCO VILARO y DIEGO MAESO

Ph.D. e Ing. Agr.; Investigadores, Programa Nacional de Papa, Estación Experimental Las Brujas (EELB), Las Piedras, Canelones, Uruguay.

INTRODUCCION

El objetivo de este informe es describir los resultados obtenidos en las etapas iniciales de los trabajos con Alternaria en el país, para seleccionar materiales genéticos con mayor grado de resistencia que los actuales y que presenten además adecuación a las condiciones normales del cultivo.

El tizón temprano (Alternaria solani) es la enfermedad de follaje más prevalente y destructiva en cultivos de papa en Uruguay, alcanzando mayor incidencia que el tizón tardío (P. infestans), particularmente en cultivos que se desarrollan en condiciones de temperaturas relativamente altas. El ataque se puede presentar en cualquiera de las épocas de siembra comunes en el país, especialmente en otoño. En general, los cultivos de primavera y verano también pueden sufrir ataques graves, y según la frecuencia de las precipitaciones, éstos alcanzan gran significación en cultivos irrigados en cualquiera de estas épocas. Se considera que este hongo no presenta exigencias muy marcadas para el ataque: exige cierta temperatura mínima, y humedad relativa alta durante algunas horas al día, por lo menos en alguna de las etapas de su desarrollo.

Los ataques de mayor significación están asociados con condiciones generales de estrés en los cultivos. Estas incluyen: falta de rotaciones, suelo desgastado, escasa disponibilidad de nitrógeno, cultivos senescentes y factores climáticos que perjudican el desarrollo del cultivo, tales como sequía y altas temperaturas. Además los ataques se ven favorecidos en chacras con cultivos previos que sufrieron la acción de la enfermedad o cercanas a cultivos en los que la enfermedad alcanzó cierta significación. Esta situación cobra mayor importancia en la zona sur de mayor concentración y superposición de fechas de siembra. En el país, es de mayor incidencia en los cultivares Norland y Red Pontiac que en Kennebec. En general, concordando con otros reportes (Douglas y Pavek, 1972), la expresión del ataque ocurre más temprana y severamente en cultivares de ciclo vegetativo más corto.

El ataque del hongo se manifiesta en la disminución de los rendimientos debido a la reducción del área fotosintetizante y el acortamiento del ciclo productivo del cultivo. Harrison y Venetic (1970) registraron pérdidas de 18 a 39% por la acción del hongo. No se tiene aun medida su incidencia en el Uruguay. No existen al presente, en uso por productores comerciales, productos curativos de alta eficacia. Normalmente se aplican fungicidas de acción preventiva con efecto además sobre tizón tardío (Harrison et al., 1983).

En resumen, se puede decir que el control químico no es altamente eficaz a pesar de ser de un costo relativamente elevado. Existe el propósito, entonces, en los distintos países, de integrar esta práctica de control con otras medidas culturales, particularmente la obtención de cultivares más resistentes al ataque del hongo (Douglas y Pavek, 1972).

RESULTADOS

Se realizaron dos pruebas a partir de materiales recibidos del Centro Internacional de la Papa (CIP) en forma de familias de tubérculos. La primera prueba incluía 23 progenies con 670 genotipos para resistencia a *A. solani* y precocidad, así como algunos clones y cultivares con resistencia conocida. Esta prueba fue sembrada en el otoño de 1986 con el objetivo de seleccionar primero clones con buenas características agronómicas. En el otoño de 1987 se sembraron los clones seleccionados y las progenies reconstituidas junto con los cinco testigos, para evaluar su resistencia a *A. solani*. Al mes aproximadamente de emergidas las plantas, se inocularon con restos de follaje afectado por el hongo y se realizaron dos riegos en días sucesivos.

Se logró un ataque de moderada intensidad y se realizaron dos lecturas con la escala recomendada por el CIP (Tabla 1). La segunda lectura fue la más determinante para apreciar las diferencias entre los distintos materiales. La mayoría de las progenies mostraron en promedio mayor resistencia a *A. solani* que Kennebec. Las mejores progenies mostraron un grado de ataque similar a los testigos resistentes (BL 2.9 y CFS 69.1), desaciéndose: Maine 28 x WNC 521.12, (Atzimba x DTO-33) 2 x NDD 277.22 y MS 35.4 x NDD 277.2. Con buen nivel de resistencia resultaron: Serrana, Utlalán 69.1 y Maine 28, todas en combinación con NDD 277.2. Entre éstas, la única progenie que muestra buen nivel de resistencia al hongo y favorable proporción de individuos seleccionables es Serrana x NDD 277.2. Por otra parte, si se tolerara cierta susceptibilidad al ataque del hongo, las progenies de Atlantic y Katahdin x NDD 277.2 presentan buenas características agronómicas. Al cosechar se realizó una nueva selección de 49 clones pertenecientes a 17 progenies, para continuar su evaluación.

La segunda prueba de materiales consistió de ocho familias con resistencia a *A. solani*, incluyendo seis clones con resistencia conocida a tizón temprano en dos repeticiones de cinco plantas. Las progenies fueron sembradas para determinar resistencia al hongo y proceder a realizar selecciones clonales, en la primavera de 1985 (28 de octubre). La inoculación se realizó como fue descrito y se logró muy buen desarrollo de la enfermedad. Se realizaron tres lecturas de grado de ataque, utilizando la escala de Reifschneider¹ (Tabla 2).

Nuevamente, los dos testigos resistentes mostraron ataque relativamente más leve que los testigos susceptibles: Kennebec, India 1039 e India 1114. Concordando con la otra prueba y los otros trabajos (Douglas y Pavek, 1972), los clones más resistentes exhibieron un rendimiento considerablemente menor que los susceptibles. Ello estaría relacionado con

¹Comunicación personal, 1985.

su ciclo productivo: clones relativamente más precoces exhiben mayor grado de ataque, en contraste con los clones más tardíos. Las progenies con mayor resistencia fueron WNC 521.12 x Gloria y NDD 277.2 x Gloria y DTO-33. También en las progenies de esta prueba se observa algo similar a lo exhibido por los testigos, las progenies más resistentes son mucho menos rendidoras. En general, la proporción de clones selectos fue baja y solamente en una progenie (NDD 277.2 x DTO-33) fue posible obtener algunos individuos con buen nivel de resistencia, rendimiento y calidad conjuntamente.

Tabla 1. Rendimiento, selección y resistencia al tizón temprano. Canelones, otoño 1987

Ancestro	Rendimiento (g/planta)	Selección (%)	Alternaria 22/4	(Escala 1-9) 4/5
65-AZ.5 x NDD 277.2	----	-	2,7	5,0
MS-35.4 x NDD 277.2	----	-	2,0	3,0
(Serrana x PI/PS BK) 1 x NDD 277.2	590	12,5	2,0	3,3
(Serrana x India-832) 5 x NDD 277.2	817	11,5	2,3	3,7
(Atzimba x DTO-33) 2 x NDD 277.2	530	2,2	1,8	3,2
Utlatan-69.1 x NDD 277.2	720	6,3	2,2	3,2
Santo Amor x NDD 277.2	555	5,9	2,3	4,8
Serrana x NDD 277.2	741	16,7	2,0	3,8
Spunta x NDD 277.2	----	-	3,0	5,0
Katahdin x NDD 277.2	830	7,6	2,5	4,3
Altema x NDD 277.2	----	-	2,7	4,3
F-79078 x NDD 277.2	800	3,2	3,5	6,2
Maine-28 x NDD-277.2	150	3,2	2,0	3,4
Maine-31 x NDD-277.2	330	3,8	2,0	4,0
DTO-28 x NDD-277.2	160	6,7	2,0	6,0
377888.7 x NDD 277.2	620	11,1	2,2	4,4
B-71-240.2 x WNC-521.12	727	13,2	2,6	5,0
Atlantic x WNC-521.12	527	8,4	2,5	4,7
Shepody x WNC 521.12	----	-	4,3	8,0
Spunta x WNC-521.12	760	3,0	2,2	4,4
Serrana x WNC-521.12	563	3,0	2,2	4,1
Maine-28 x WNC-521.12	----	-	2,0	2,5
378015.16 x WNC-521.12	797	3,5	2,7	5,2
Testigos:				
BL-2.9	461		2,0	2,5
Kennebec	532		3,0	5,5
India-1124	462		2,5	4,0
CFS 69.1	298		2,0	3,0
F-78008	406		3,0	4,0

Tabla 2. Rendimiento, selección y resistencia a tizón temprano. Canelones, primavera 1985

Pedigree	T. temprano 10/12	(%) Area atacada		Rendimiento (g/planta)	Selección (%)
		7/1	13/2		
Maine-28 x 377892.7	1,9	5,7	3,2	569	17,4
Maine-28 x 378015.3	1,0	1,2	25,0	350	-
NDD-277.2 x Gloria	0,6	1,4	18,0	217	-
WNC-521.12 x Gloria	0,6	0,2	8,0	179	7,7
NDD-277.2 x Kufri Jyoti	1,0	1,9	33,0	438	7,8
NDD-277.2 x DTO-33	0,4	4,4	14,0	253	19,0
Maine-31 x Gloria	0,1	0,4	42,0	190	-
Atlantic x NDD-277.2	0,5	0,8	39,0	523	-
Testigos:					
India 1039	0,8	4,4	25,0	780	-
India 1124	1,3	3,6	29,0	776	-
Kennebec	1,0	2,2	33,0	858	-
MS-35.22	-	0,4	18,5	160	-
BL-2.9	-	0,5	18,5	150	-
CFS-69.1	0,3	1,1	13,2	257	-

CONCLUSIONES

Es necesario continuar los trabajos, evaluando genotipos diversos en ensayos de pruebas de progenie a fin de determinar la habilidad combinatoria para resistencia y precocidad conjuntamente. Complementariamente, parece importante realizar estudios epidemiológicos utilizando clones con distintos niveles de resistencia conocida para tratar de detectar diferencias en grado de desarrollo de la enfermedad y cultivares que sean menos afectados por disminución de rendimientos, aún con ataque relativamente severo. Estos estudios podrían ofrecer información útil para mejorar el método de evaluación.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- DOUGLAS, D.R.; PAVEK, J.J. 1972. Screening potatoes for field resistance to early blight. *Am. Potato J.* 49:1-6.
- HARRISON, M.D.; VENETTE, J.R. 1970. Chemical control of potato early blight and its effect on potato yield. *Am. Potato J.* 47:81-85.
- MAESO, D.; VILARO, F. 1983. Evaluación de fungicidas para el control de *Alternaria solani*. Resumen Reunión Tec. Facultad de Agronomía, Montevideo, Uruguay.

Mejoramiento por Resistencia al Tizón Temprano (Alternaria solani) en el CIP

HUMBERTO A. MENDOZA y CARLOS MARTIN

Ing. Agr. Ph.D., Jefe del Departamento de Genética y Mejoramiento, e Ing. Agr. Ph.D., Investigador, respectivamente. Centro Internacional de la Papa (CIP), Lima, Perú.

INTRODUCCION

Durante la Conferencia de Planificación sobre el control de enfermedades fungosas importantes, realizado en el CIP-Lima en 1978, las tres recomendaciones principales para investigación en tizón temprano, fueron las siguientes:

- . Hacer esfuerzos para determinar si existen niveles utilizables de resistencia a A. solani en el germoplasma de papa.
- . Conducir la evaluación por resistencia en alguna localidad apropiada, fuera del país, debido a la baja incidencia a tizón temprano en el Perú.
- . Incluir materiales de S. tuberosum spp. andigena en cualquier programa de evaluación para tizón temprano.

A fines de 1984, y como respuesta a la demanda creciente de germoplasma resistente a A. solani de las diferentes regiones del CIP, se inició un proyecto de investigación sobre tizón temprano. La aparición e incidencia creciente de tizón temprano en la estación experimental del CIP en San Ramón fue también uno de los factores que facilitaron el inicio de estudios sobre esta enfermedad. Se obtuvieron buenos niveles de infección bajo condiciones de campo, utilizando inoculación artificial. La obtención de niveles adecuados de infección en el campo y el hallazgo de niveles aceptables de resistencia en los materiales del CIP, permitieron tomar pasos adicionales en la investigación hecha en el CIP sobre tizón temprano. Las principales finalidades de la investigación fueron:

- . Evaluar la resistencia de campo de los clones avanzados del CIP.
- . Desarrollar un método de evaluación de plántulas.
- . Desarrollar una estrategia y un proyecto de investigación en mejoramiento por resistencia al tizón temprano.

INVESTIGACION EN EL CIP SOBRE TIZON TEMPRANO

Resistencia de campo al tizón temprano en clones avanzados del CIP

Los clones avanzados libres de patógenos de la colección del CIP fueron evaluados en el campo, durante tres épocas, en la estación experimental de San Ramón. En estas evaluaciones se encontró gran variabilidad genética para resistencia, indicando que el mejoramiento podría ser una labor factible. La Tabla 1 presenta información sobre los resultados de la evaluación de una muestra de clones en San Ramón, donde los clones con grado 4 (25% de ataque) o menor fueron considerados resistentes. Es resaltable que algunos clones mantuvieron un nivel aceptable de resistencia a través de las épocas, por ejemplo Cruza 148, F-14, ARX-69.1, MEX 21 y Yungay. Otros clones exhibieron un grado variable desde moderadamente susceptible (ataque foliar superior a 50%) como CFC-69.1, ASN-69.1, y Aracy, a susceptible (daño foliar de 75% o más) como LT-1, Shuang Feng, Serrana, B-71.240.2 y Atlantic.

Los clones resistentes, con la excepción de MEX 21, fueron tardíos y sus rendimientos de tubérculos inmaduros fue de pobre a mediano. En el grupo de clones moderadamente susceptibles a susceptibles, algunos presentaron buen rendimiento lo cual puede indicar que estos escaparon del efecto de la enfermedad. Probablemente cuando el follaje fue seriamente dañado la fase de tuberización se encontraba bien avanzada.

Tabla 1. Evaluación de la enfermedad en una muestra de clones CIP expuesta en el campo a Alternaria solani, 75 días después de la siembra. San Ramón 1985-87^a

Clon	Epoca			
	Lluviosa (85/86)		Seca (86)	
	75 días	75 días	Lluviosa (86/87)	
			75 días	85 días ^b
Cruza	3,4	3,0 (718) ^c	3,0	4,1 (320)
F-4	3,2	2,7 (150)	3,0	4,0 (395)
ARX-69.1	3,0	2,8 (611)	3,1	4,2 (528)
Yungay	3,2	2,0 (455)	2,7	3,6 (610)
CFC-69.1	3,6	2,3 (521)	3,5	3,5 (732)
Serrana	4,5	-. -	3,0	5,8 (783)
Kinigi	6,0	4,2 (582)	3,3	4,3 (283)
LT-1	7,0	5,3 ---	4,7	6,6 (600)
Aracy	4,5	4,5 (916)	3,7	5,7 (567)
MEX-21	3,3	3,0 (944)	3,3	4,3 (600)
ASN-69.1	-. -	5,8 ---	3,4	5,0 (799)
Shuang Feng	-. -	4,8 ---	3,4	5,2 (428)
B71.240.2	-. -	4,0 (665)	4,6	6,2 (520)
Atlantic	-. -	-. -	7,3	8,5 (467)

^a Escala de evaluación de la enfermedad, 1: ningún daño, 9: 100% de ataque.

^b En la época lluviosa 86/87 se realizó una segunda evaluación, 85 días después de la siembra.

^c Los números en paréntesis son rendimientos en g/planta.

Evaluación de plántulas

En la evaluación de plántulas, la disponibilidad de técnicas eficientes en las que el comportamiento de la plántula y de la planta adulta estén altamente correlacionados, constituye una ayuda valiosa en el mejoramiento por resistencia (Mendoza, 1987). Estas técnicas permiten ahorrar tiempo, espacio, y mano de obra, además de poder ser aplicadas para cada uno de los dos siguientes propósitos, o para ambos a la vez:

Determinar la resistencia sobre la base del promedio de progenie, permitiendo la identificación de las progenies más resistentes. De este modo, se puede evaluar por resistencia, en espacio y tiempo reducidos, un gran número de progenies, e identificar rápidamente, sin necesidad de pruebas adicionales, un número reducido de progenies que posean niveles adecuados del atributo bajo selección. Esto es muy importante, en particular, en la selección de clones parentales y en general en el mejoramiento poblacional.

Identificar, dentro de progenies, individualmente, los genotipos resistentes que serán probados posteriormente por otros atributos. Esto es muy importante en la selección varietal.

La evaluación de plántulas por resistencia al tizón temprano ha dado buenos resultados en tomate y melón (Baksdale, 1968; Carmody et al., 1985). En la Universidad de Cornell se ha desarrollado una prueba de evaluación por resistencia a *A. solani* en plántulas de papa. La prueba parece trabajar bien, aunque la correlación con el comportamiento de plantas adultas bajo condiciones de campo no ha sido definitivamente establecida (Hoopes et al., 1986). Recientemente, Bussey y Stevenson (1987) reportaron una correlación de $r = 0.75$ entre la resistencia de la plántula y la de la planta adulta. La prueba puede tener ciertas limitaciones para evaluar poblaciones grandes, debido a que es realizada sobre discos de hojas mantenidos bajo condiciones controladas.

En el CIP, dentro de la investigación para desarrollar una técnica eficiente de evaluación de plántulas, se consideraron dos aspectos:

1. Desarrollar un método confiable y eficiente de inoculación y selección.
2. Alta correlación entre la prueba de plántulas y la evaluación de campo.

Para los fines de inoculación y selección se consideraron dos alternativas con plántulas inoculadas:

1. Bajo condiciones de invernadero en La Molina, y en camas de siembra bajo las condiciones de San Ramón. Para ambas alternativas, los resultados preliminares indicaron que las plántulas deben ser inoculadas entre 35 y 40 días después de la siembra con una suspensión de 3 500 esporas/cm³, con un volumen aproximado de un 3 dm³/m². Después de la inoculación, las plántulas fueron cubiertas con bolsas de plástico durante cuatro días para mantener humedad relativa alta. La temperatura en La Molina, tuvo un intervalo de 12 a 35 °C y en San Ramón entre 18 a 36 °C. Después de cuatro días se realizó una evaluación promedio de la incidencia de la enfermedad para todos los individuos de cada progenie y no para cada individuo dentro de progenies.

2. Bajo condiciones de campo, en San Ramón. Las plantas fueron inoculadas entre 30 y 35 días después del trasplante con una suspensión de 3 500 esporas de *A. solani* por cm³ en una proporción de 15 dm³ por 300 a 400 m de surco. Se irrigó cuatro veces diarias durante los primeros cuatro días, y posteriormente 2 a 3 veces por semana durante 30 minutos. Las evaluaciones de incidencia de tizón temprano fueron realizados a los 60 y 75 días después del trasplante.

No obstante que la infección y el desarrollo de la enfermedad ocurrieron en la prueba de plántulas, la severidad y consistencia de la enfermedad fue mejor en La Molina que en San Ramón. Hasta ahora, las evaluaciones de dos grupos de progenies de semilla (sexual) bajo condiciones de campo han indicado en la mayoría de los casos un valor bajo de correlación para promedios de progenies. En la primera evaluación (Tabla 2) solamente la prueba de plántulas en La Molina y la de campo en San Ramón, resultaron positiva y significativamente correlacionadas al nivel de 0,05 (Martin et al., 1986). Sin embargo, en la segunda prueba no se encontraron valores significativos de correlación (Tabla 3). Esta ausencia de asociación entre la respuesta de plántulas y la de plantas adultas podría deberse a la imposibilidad de mantener constantes, durante la inoculación de las plántulas, parámetros ambientales como temperatura, humedad y radiación solar. Otra razón podría ser que los factores responsables de la resistencia en el estado de plántula sean diferentes de los que intervienen en el estado de planta adulta.

Tabla 2. Coeficientes de correlación de Spearman entre medias de 26 progenies evaluadas por resistencia al tizón temprano, en el estado de plántula y en el de planta adulta, bajo condiciones semicontroladas y de campo en dos localidades

	Lima (Invernadero)	San Ramón (campo)	
		55 días	75 días
San Ramón (Cama de almácigo)	- 0,062	- 0,374*	- 0,204
Lima (Invernadero)		0,180	0,445*
San Ramón (campo, 55 días)			0,335

*Significativo, al 0,05

A pesar de las modestas correlaciones positivas entre los estados de plántula y de planta adulta, sobre la base de medias de progenie, parece que existe un mejor nivel de concomitancia entre genotipos individuales, en ambos estados, de acuerdo con los siguientes resultados experimentales. Después de la evaluación de plántulas de 23 progenies, realizada en La Molina, 326 individuos resistentes fueron trasplantados a macetas. Los tubérculos de estas plántulas resistentes fueron sembrados en el campo, en San Ramón, donde las plantas se inocularon a los 40 días después de la siembra y se evaluaron a los 25 y 35 días después de la inoculación. En la primera evaluación, de los 326 clones, 235 resultaron resistentes (grado cuatro ó menor) indicando una coincidencia

de 72%. En la segunda evaluación 124 de los 326 clones fueron todavía resistentes con una coincidencia de 38%, lo cual es aceptable, considerando que a los 75 días en San Ramón, donde numerosos estreses afectan el crecimiento de las plantas, éstas empiezan a mostrar algunos síntomas de senescencia y otros daños foliares, los cuales pueden sesgar las evaluaciones y conducir a valores sobreestimados de tizón temprano.

Tabla 3. Coeficientes de correlación de Spearman entre medias de 23 progenies evaluadas por resistencia al tizón temprano, en el estado de plántula y en el de planta adulta, bajo condiciones semicontroladas y de campo en dos localidades.

	Lima (Invernadero. Invierno)	San Ramón		
		Cama de almácigo 4 días	Campo	
			55 días	75 días
Lima (Invernadero, verano)	- 0,091	0,002	- 0,228	- 0,304
Lima (Invernadero)		0,228	0,213	0,115
San Ramón Cama de almacigo, 4 días			0,322	0,318
San Ramón Campo, 55 días				0,147

Es necesario continuar la investigación para incrementar la eficiencia de la evaluación de las plántulas y para acumular más información acerca de la respuesta individual de genotipos en el estado de plántula y en el de planta adulta.

Para cumplir otra de las recomendaciones prioritarias de la Conferencia de Planificación de 1978, el germoplasma de *S. tuberosum* spp. andigena fue sometido a la evaluación de plántulas previamente descrita, por resistencia a A. solani. En el período 1986-1987, Mihovilovich y Martin (1987), evaluaron la resistencia de 425 progenies de polinización libre provenientes de igual número de entradas clonales de la Colección Mundial de Germoplasma del CIP. El trabajo fue conducido en La Molina y se utilizó una muestra de 100 plántulas por entrada, las cuales se cultivaron en bandejas de plástico. Los resultados demostraron que 96 progenies (22,6%) fueron resistentes, pero la longitud del período de crecimiento de sus entradas clonales correspondía al grupo de clones tardíos, solamente 23 progenies resistentes (5,4%) correspondieron a clones de madurez media a temprana. Los grados de ataque que se encontraron en estas 23 progenies fueron de 2,3 a 4. Tales resultados indican que *S. tuberosum* sp. andigena constituye una fuente importante de resistencia al tizón temprano.

Mejoramiento por resistencia a tizón temprano

El trabajo de mejoramiento por resistencia a A. solani se inició a fines de 1984, y siguió una estrategia escalonada que incluyó:

1. Reunir una colección de clones resistentes de amplia base genética.
2. Hacer estudios genéticos acerca de la naturaleza de la variabilidad genética para resistencia y correlación entre resistencia y caracteres importantes.
3. Seleccionar los progenitores más adecuados sobre la base de pruebas de progenie.
4. Determinar la metodología más adecuada de mejoramiento.
5. Estudio del comportamiento de los clones seleccionados provenientes de mejoramiento.

Clones resistentes de base amplia

Los siguientes recursos genéticos de amplia base genética y conformados por materiales altamente seleccionados constituyeron la fuente inicial de genes.

- . Materiales clonales y progenies provenientes de progenitores resistentes. Estos materiales fueron proporcionados por los contratos de investigación del CIP con la Universidad de Cornell (neotuberosum) y con la Universidad del Estado de Carolina del Norte (clones diploides de S. phureja e híbridos 4x-2x de S. tuberosum sp. tuberosum x S. phureja). Adicionalmente se obtuvieron clones seleccionados de S. tuberosum sp. tuberosum de las universidades de Maine y Idaho.
- . Un grupo de clones seleccionados del CIP por su resistencia al tizón temprano (ver Tabla 1) y algunos de ellos con otras resistencias adicionales.
- . Un grupo de progenitores altamente seleccionados de la población del CIP para ambientes cálidos tropicales. Este grupo había sido sometido a pruebas de progenies por rendimiento, adaptación al calor y resistencias a enfermedades tales como tizón tardío, marchitez bacteriana e inmunidad al PVX y al PVY. Estos clones no habían sido seleccionados anteriormente por resistencia al tizón temprano.

Estudios de variabilidad genética

Se tomaron tres muestras de 7, 6 y 6 clones de la colección anteriormente citada. Estos clones fueron cruzados siguiendo un diseño de apareamiento dialélico sin recíprocos. El dialelo A fue un 7 x 7 con los siguientes progenitores: LT-7, 378015.16, 575049, Katahdin, 377892.7, LT-9, y Maine-28. Los dialelos B y C fueron 6 x 6 incluyendo los clones: NDD 277.2, 378676.6, C-83.119, Atlantic, 7XY.1, y BR-63.65 para el dialelo B; y 378676.6, 377964.5, WNC 521.12, 378015.16, Atlantic e India 1035 para el dialelo C. De todos estos progenitores se conocía que Katahdin, Atlantic, Maine-28, NDD 277.2 y WNC 521.12 tenían cierto nivel de resistencia a A. solani bajo las condiciones de días largos de EE. UU., de donde provenían. Los niveles de resistencia al tizón temprano del

resto de clones era desconocido. Sin embargo, 575049 e India 1035 eran resistentes al tizón tardío. BR-63.65 resistente al tizón tardío, marchitez bacteriana y virus. LT-9 y 7XY-1 eran inmunes al PVY y al PVX.

En otro estudio, una muestra más grande de clones fue apareada siguiendo un diseño I de Carolina del Norte. La muestra estuvo formada por 12 "madres" cada uno de los cuales fue cruzado a una muestra de seis "madres" involucrando un total de 84 progenitores.

Los diseños genéticos mencionados fueron evaluados con plántulas trasplantadas al campo. Tres repeticiones, con 40 plántulas por repetición, fueron utilizadas en el diseño experimental. El tamaño de la parcela y el número de repeticiones fue determinado para evaluar progenies segregantes en San Ramón (Vallejo y Mendoza, 1987).

Las plántulas fueron inoculadas en el campo a los 45 días después el trasplante. En los experimentos dialélicos sólo se hizo una evaluación de incidencia de la enfermedad 30 días después de la inoculación y dos evaluaciones en el Diseño I, a los 10 y 30 días después de la inoculación. Se cosecharon todos los experimentos a los 90 días después del trasplante.

Las Tablas 4, 5 y 6 presentan el comportamiento promedio de las 10 mejores progenies de los dialelos A, B y C, respectivamente. Las tres Tablas muestran que las mejores progenies fueron de comportamiento semitardío a tardío con rendimientos muy altos y la resistencia promedio por progenie fue relativamente baja (50% o más de daño foliar). Sin embargo, debido a que las progenies fueron de una amplia base genética, hubo abundante variabilidad para todos los caracteres y algunos clones fueron seleccionados por alto rendimiento, precocidad media y grado cuatro de resistencia (25% de daño foliar) o inferior.

Tabla 4. Comportamiento promedio de las progenies superiores del dialelo A (7 x 7). San Ramón, invierno, 1985

Progenie	Rendimiento/ planta (g)	Precocidad	Tizón temprano	No. clones selec./rep.
Maine 28 x LT-7	1 340 a*	3 a*	5 abc*	2
377892.7 x 575049	1 261 ab	2 abc	5 abc	4
Katahdin x LT-7	1 244 ab	4 a	5 abc	3
Maine 28 x 378015.16	1 207 ab	3 ab	6 bcd	1
Maine 28 x LT-9	1 206 ab	4 a	5 abc	0
377892.7 x Katahdin	1 150 ab	3 ab	5 abc	0
LT-9 x 377892.7	1 140 ab	2 abc	5 abc	1
LT-9 x 378015.16	1 135 ab	4 a	6 bcd	2
LT-9 x 575049	1 124 ab	4 a	5 abc	5
LT-9 x LT-7	1 102 ab	2 abc	5 abc	1

*Valores con letras similares no son significativamente diferentes al 0,05.

Escala de precocidad: 1: muy tardío; 9: muy precoz.

Escala de tizón temprano: 1: ningún daño; 5: 50% de daño; 9: destruido.

Tabla 5. Comportamiento promedio de las progenies superiores del dialelo B (6 x 6). San Ramón, invierno, 1985

Progenie		Rendimiento/ planta (g)	Precocidad	Tizón temprano	No. clones selec./rep.
Atlantic	x NDD 277.2	1 303 a*	4 ab*	6 b*	0
BR-63.65	x NDD 277.2	1 289 a	4 ab	6 b	0
7XY.1	x Atlantic	1 221 a	4 ab	5 ab	1
C83.119	x NDD 277.2	1 163 a	3 abc	6 b	5
7XY.1	x NDD277.2	1 163 a	2 bc	5 ab	1
Atlantic	x 378676.6	1 158 a	4 ab	6 b	6
7XY.1	x 378676.6	1 072 a	1 c	5 ab	0
C83.119	x 378676.6	1 035 a	2 bc	5 ab	0
BR-63.65	x 7XY.1	992 a	4 ab	6 b	0
7XY.1	x C83.119	978 a	2 bc	6 b	3

*Valores con letras iguales no son significativamente diferentes al 0,05.

Precocidad: 1: muy tardío; 9: muy precoz.

Tizón temprano: 1: ningún daño; 5: 50% de daño; 9: destruido.

Tabla 6. Comportamiento promedio de las progenies superiores del dialelo C (6 x 6). San Ramón, invierno, 1985.

Progenie		Rendimiento/ planta (g)	Precocidad	Tizón temprano	No. clones selec./rep.
378015.16	x 378676.6	1372 a*	1 c*	5 a*	6
378015.16	x 377964.5	1365 ab	4 ab	7 b	2
Atlantic	x 378676.6	1145 ab	5 a	6 ab	5
378015.16	x WNC521.12	1137 ab	4 ab	6 ab	4
WNC521.12	x 377964.5	1128 ab	4 ab	6 ab	1
India 1035	x 377964.5	1096 ab	4 ab	5 a	6
WNC521.12	x 378676.6	1050 ab	2 bc	5 a	4
India 1035	x WNC521.12	1050 ab	5 a	7 b	3
India 1035	x 378676.6	1044 ab	2 bc	6 ab	0

*Valores con letras iguales no son significativamente diferentes al 0,05.

Precocidad: 1: muy tardío; 9: muy precoz.

Tizón temprano: 1: ningún daño; 5: 50% de daño; 9: destruido.

Las correlaciones fenotípicas entre resistencia al tizón temprano y otros caracteres siguieron el mismo patrón en los tres experimentos dialélicos y solamente los resultados del dialélico A son presentados en la Tabla 7. Las plantas más vigorosas mostraron menos daño de tizón temprano, tuvieron mayor floración, son tardías y de rendimiento superior. Es importante notar que existe una correlación altamente significativa entre tizón temprano y precocidad. Los genotipos más precoces fueron los más atacados.

Tabla 7. Matriz de correlaciones fenotípicas del dialélico A (7 x 7). San Ramón, invierno, 1985

	Tizón temprano	Floración	Precocidad	Rendimiento planta
Vigor	- 0.231	0.463**	- 0.349**	0.114
Tizón temprano		- 0.395	0.563**	0.042
Floración			0.322**	0.030
Precocidad				0.093

**Altamente significativo al 0,01.

La Tabla 8 presenta el comportamiento promedio (con seis hembras) de cada uno de los progenitores masculinos del Diseño I. Se puede notar que el clon 378676.6 dio las progenies más resistentes, seguido por el BL-2.9, pero ambos fueron semitardíos. Los clones norteamericanos NDD-277.2, WNC 521.12 y la variedad Katahdin, los cuales son relativamente resistentes bajo condiciones de días largos, tuvieron un grado seis, sugiriendo que bajo condiciones de días cortos ellos pierden su resistencia.

El comportamiento de las 12 progenies sobresalientes del Diseño I se presenta en la Tabla 9. En este experimento grande se observaron mejores niveles de resistencia y precocidad con respecto a los experimentos dialélicos. La progenie 65-ZA-5 x 378676.6 fue altamente resistente pero extremadamente tardía. De otro lado, la progenie Maine-47 x 378015.16 tuvo rendimiento aceptable, período vegetativo medio a semiprecoz, y alto número de clones seleccionados.

Tabla 8. Comportamiento promedio de los 12 progenitores masculinos utilizados en el Diseño I de Carolina del Norte. San Ramón, invierno, 1985

Clon	Rendimiento/ planta (g)	Precocidad	Tizón temprano	
			1ª eval.	2ª eval.
378015.16	789 a*	5 a*	4 b*	4 c*
Murca	789 a	6 b	4 b	6 c
BL-2.9	766 a	6 b	3 a	5 b
DTO-28	744 a	6 b	4 b	6 c
NDD277.2	723 a	6 b	4 b	5 b
377892.7	719 a	6 b	4 b	5 b
WNC521.12	714 a	6 b	4 b	6 c
378676.6	714 a	6 b	3 a	4 a
Katahdin	713 a	6 b	4 b	6 c
LT-7	711 a	5 a	4 b	5 b
377964.5	711 a	6 b	4 b	6 c
377873.9	686 a	6 b	4 b	5 b

*Valores con letras iguales no son significativamente diferentes al 0,05.

Precocidad: 1: muy tardío; 9: muy precoz.

Tizón temprano: 1: ningún daño; 5: 50% de daño; 9: destruido.

Tabla 9. Muestra de progenies sobresalientes del experimento del Diseño I de Carolina del Norte. San Ramón, invierno, 1985

Progenie	Rendimiento/ planta (g)	Preco- cidad	Tizón temprano		No. de clones
			1ra. evaluación	2da. evaluación	
MS42.3 x BL-2.9	1 078	4	3	5	1
A503.42 x DTO-28	1 067	4	4	6	2
78.4.5F2 x 377873.9	945	4	3	5	2
CGN-69.1 x NDD277.2	902	4	3	6	0
A66107.5 x 378676.6	871	1	2	4	4
65-ZA-5 x 378676.6	871	1	2	2	3
XY12.1 x Katahdin	866	3	3	5	11
Maine 35 x 377892.7	830	4	4	5	1
B71.240.2 x Murca	829	2	3	5	3
B78.1168.26 x 377892.7	807	3	3	4	3
Maine 47 x 378015.16	768	6	2	5	15
7XY.1 x BL2.9	751	3	2	5	0

La Tabla 10 muestra los estimados de heredabilidad para los experimentos dialélicos. El promedio de los estimados de heredabilidad en sentido restringido ($h^2 = 0.7$) para resistencia al tizón temprano es alto (Mendoza et al., 1986). Estos estimados concuerdan con un estimado de $h = 0.81$ obtenido con papa diáploide (Herriot y Haynes, 1984). Estos estimados sugieren que el control de resistencia a A. solani puede ser dependiente de un reducido número de loci. Ello también indica que se puede lograr un incremento rápido de la resistencia en el nivel poblacional con la aplicación de ciclos sucesivos de selección masal o de selección fenotípica recurrente. Sin embargo, este aspecto será discutido más adelante. Los estimados de heredabilidad para los otros caracteres están dentro del intervalo de estimados obtenidos previamente en la investigación genética del CIP (Thompson y Mendoza, 1984).

Tabla 10. Estimados de heredabilidad en sentido restringido (h) en tres experimentos dialélicos. San Ramón, invierno 1987

	Rendimiento/ planta (g)	Precocidad	Tipo de planta	Resistencia al tizón temprano
Dialélico A	0,45	0,49	0,70	0,61
Dialélico B	0,15	0,79	0,83	0,85
Dialélico C	0,54	0,67	0,50	0,67

Selección de progenitores

Se obtuvieron estimados de habilidad combinatoria general (HCG) para rendimiento, precocidad y resistencia al tizón temprano para los progenitores utilizados en los tres experimentos dialélicos (Tabla 11). Estos estimados indican que la HCG por resistencia al tizón temprano de los clones NDD-277.2, WNC 521.12 y Maine-28, y las variedades Katahdin y Atlantic fueron iguales a cero o negativos, pero tienen estimados positivos de HCG para precocidad. De otro lado, los clones 378676.6, LT-7, 377892.7 y 7XY.1 han mostrado un buen valor parental para resistencia al tizón temprano (estimados positivos de g_i). Además, el clon BL-2.9 presentó un aceptable valor parental para resistencia a A. solani (Tabla 8).

En algunos análisis de línea x probador, hechos recientemente, se ha encontrado que tres clones: 575049, Maine-47, y en menor medida, Atzimba son también buenos combinadores para resistencia al tizón temprano. Maine-47 merece especial mención porque transmite no sólo resistencia sino también precocidad. Actualmente, el programa de mejoramiento cuenta por lo menos con 10 buenos progenitores con resistencia a A. solani. No obstante, es indispensable continuar la búsqueda de un mayor número de progenitores que, sobre todo, sean portadores de resistencia a otras enfermedades, plagas y estreses ambientales.

Tabla 11. Estimados de los efectos de HCG (g) para varios atributos en los dialelos A, B y C, respectivamente. San Ramón, invierno 1985

Clon	Rendimiento/ planta	Precocidad	Resistencia al tizón temprano
Maine 28	+ 68,06	+ 0,20	- 0,20
LT-9	+ 34,66	+ 0,40	0,00
LT-7	+ 17,25	- 0,40	+ 0,40
377892.7	+ 8,85	- 1,20	+ 0,60
575049	- 4,94	0,00	0,00
378015.16	- 47,54	+ 0,20	- 0,40
Katahdin	- 76,34	+ 0,80	- 0,40
e.e. (g)	70,37	0,30	0,16
e.e. (g-g)	107,50	0,46	0,25
NDD277.2	- 141,16	+ 0,33	- 0,25
7XY.1	- 40,66	- 0,66	+ 0,25
Atlantic	- 33,42	+ 1,08	- 0,50
378676.6	+ 35,58	- 0,92	+ 0,50
C83.119	+ 77,33	- 0,16	0,00
BR63.65	+ 102,33	+ 0,33	0,00
e.e. (g)	114,12	0,31	0,19
e.e. (g-g)	176,80	0,48	0,30
378015.16	+ 298,16	- 0,83	- 0,17
378676.6	+ 258,66	- 1,08	+ 0,83
377964.5	- 33,08	+ 0,67	- 0,16
India 1035	- 121,58	+ 0,16	- 0,16
WNC521.12	- 136,08	+ 0,16	+ 0,08
Atlantic	- 266,08	+ 0,92	- 0,42
e.e (g)	175,33	0,38	0,17
e.e (g-g)	271,62	0,58	0,26

Metodología de mejoramiento

En la estrategia del mejoramiento poblacional en el CIP, los propósitos básicos de la investigación genética, son:

1. Mantener una amplia diversidad genética.
2. Incrementar la frecuencia de genes que controlan atributos deseables.
3. Recombinar los genes que controlan estos atributos.

De las poblaciones desarrolladas de este modo, los programas nacionales están seleccionando nuevos cultivares de papa que reúnen los atributos de adaptación, rendimiento y tolerancia a plagas y enfermedades, y a estreses comunes en las áreas de cultivo.

De la investigación genética realizada por el CIP en resistencia a A. solani, los estudios de genética cuantitativa, estimación de heredabilidades (Tabla 10), y estimación de HCG para un grupo de progenitores (Tabla 11), permiten establecer una metodología de mejoramiento. Un valor estimado de heredabilidad en sentido restringido por resistencia al tizón temprano, tan alto como $h^2 = 0,7$ indica que los ciclos repetidos de selección fenotípica recurrente pueden producir una ganancia adecuada en resistencia a la enfermedad. Sin embargo, algunas correlaciones indeseables entre resistencia y precocidad, resistencia y rendimiento, precocidad y rendimiento (Tabla 7), sugieren tener cuidado en la selección de la metodología de mejoramiento más adecuada según las circunstancias.

Debido a que el desarrollo poblacional centra su interés en las características importantes bajo selección, los progenitores que transmiten bien un cierto atributo tienen que ser estudiados también en su habilidad para transmitir a sus progenies otros atributos importantes. Uno no desea utilizar como progenitores clones que son resistentes al tizón temprano pero al mismo tiempo extremadamente tardíos, u otros que sean muy precoces pero extremadamente susceptibles a la enfermedad. Se tiene que mantener un balance para mejorar toda la población. No obstante, considerando que los diversos atributos bajo selección tienen un intervalo de valores de heredabilidad, una metodología eficiente de mejoramiento que considera estas diferencias es la selección recurrente con pruebas de progenies. Esta metodología ha sido exitosamente aplicada en el CIP en los últimos 8 a 10 años, de tal manera que ahora la resistencia al tizón temprano ha sido incorporada como un atributo adicional para selección.

Toda la investigación genética reportada en este artículo se ha basado en la evaluación de plántulas trasplantadas que fueron inoculadas bajo condiciones de campo en San Ramón. Por comparación de la resistencia de cada genotipo evaluado en estado de plántula con lo observado en la primera evaluación clonal se deduce que el porcentaje de escape es relativamente bajo, no más de 10%. Por lo tanto, este método de evaluación se presenta confiable y podría permitir un incremento significativo en la frecuencia de genes que controlan la resistencia a A. solani. Las plántulas con resistencia al tizón temprano, que estén altamente correlacionadas con el comportamiento de las plantas en el campo, podrían mejorar considerablemente la efectividad del esquema de selección recurrente. Además, un esquema eficiente, tal como éste, podría facilitar la selección en fases tempranas para combinar inmunidad al PVY, al PVX y resistencia al tizón temprano. Esta combinación es altamente necesaria en muchos países de la zona tórrida.

Comportamiento de clones seleccionados por resistencia a A. solani

Desde 1985, cuando se inició el mejoramiento por resistencia a A. solani, algunos clones han sido seleccionados para pruebas adicionales. Muchos de los resultados presentados en este trabajo indican que hay una correlación entre resistencia y período vegetativo largo. Debido a que esta asociación es indeseable, durante la evaluación de los clones seleccionados se ha tomado especial énfasis en observar materiales que no exhiban esta asociación.

Las Tablas 12 y 13 presentan la precocidad y resistencia a la enfermedad de los mejores clones de segunda y tercera generación clonal, respectivamente, evaluados en San Ramón. Es notable que los clones LT-7, 575049, e India 1035 han generado una alta frecuencia de clones con buenos niveles de resistencia, acompañados de una maduración media a semiprecoz. Las características agronómicas de la mayoría de estos clones son muy buenas, porque estas son progenies de clones altamente seleccionados para otros atributos además de su resistencia a A. solani.

Tabla 12. Clones seleccionados de segunda generación clonal, probados en San Ramón, verano 1987

Clon	Precocidad	Evaluación de tizón temprano		
		50 días	63 días	75 días
C86.117 (Maine 28 x 377888.8) 23	5	2,5	5,0	5,0
C86.153 (BR63.65 x 575049) 32	3	1,5	3,5	4,0
C86.118 (India 1035 x 37788.8) 11	5	2,5	5,0	5,0
C85.057 (Tollocan x LT-7) 22	5	2,0	3,5	4,5
C86.151 (BR63.65 x 575049) 15	5	2,0	3,5	5,0
C86.154 (BR 63.65 x 575049) 34	3	1,0	2,5	4,0
C86.055 (377887.25 x LT-7) 33	5	2,0	5,0	6,0
C86.054 (377887.25 x LT-7) 32	3	1,0	2,5	4,0
C86.152 (BR63.65 x 575049) 23	5	2,0	3,5	5,0
C86.156 (India 1035 x 575049) 31	7	1,5	2,5	4,0

Tabla 13. Clones seleccionados de tercera generación clonal, probados en San Ramón, verano 1987

Clon	Precocidad	Evaluación de tizón temprano		
		50 días	63 días	75 días
C85.012 (Beauvais x LT-7) 41	5	2,5	3,0	4,0
C85.010 (India 1035 x LT-7) 62	7	2,0	3,5	4,0
C85.031 (377887.25 x 377964.5) 41	5	1,5	2,5	3,5
C85.054 (Maine 47 x 378015.16) 66	7	2,0	3,5	5,0
C85.002 (Desiree x LT-7) 54	7	1,5	2,5	3,0
C85.102 (37780.23 x Bulk PRS) 51	5	1,5	3,0	3,5
C85.051 (Maine 47 x 378015.16) 51	5	2,0	3,0	3,5
C85.036 (377843.3 x 377964.5) 51	5	2,0	3,0	3,5

SINTEISIS

Los aspectos de investigación discutidos en este artículo, pueden ser resumizados así:

1. Hay necesidad urgente de obtener una técnica de alta sensibilidad para la evaluación de plántulas por resistencia al tizón temprano.
2. Está disponible un nivel aceptable de resistencia en materiales genéticos avanzados.
3. S. tuberosum spp. andigena contiene una amplia gama de variabilidad por resistencia a A. solani y puede ser, en caso necesario, un valioso recurso disponible.
4. La heredabilidad por resistencia al tizón temprano es alta ($h^2 = 0,7$), y puede permitir un rápido incremento en la frecuencia de genes que controlan este atributo.
5. La identificación de algunos progenitores con alta habilidad combinatoria general para resistencia al tizón temprano podría facilitar su combinación con otros atributos de importancia.
6. A pesar de que existe una correlación significativa entre período vegetativo largo y resistencia, han sido identificados clones de maduración mediana a semiprecoz con una resistencia aceptable.
7. Como conclusión de los resultados de esta investigación, obtenidos de una manera escalonada, se puede afirmar que la resistencia genética es una ruta viable para el control de esta enfermedad.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- BAKSDALE, T.H. 1968. A method of screening for resistance to early blight on tomato seedlings. *Phytopathology* 58:883 (Abstr.)
- BUSSEY, M.J.; STEVENSON, W.R. 1987. Development of a disease screen for early blight resistance in Solanum spp. (Abstr.) Cincinnati, Ohio, U.S.A. August 2-6, 1987.
- CARMODY, B.E.; MILLER, M.E.; GRISHAM, M.P. 1985. A technique to screen muskmelons for resistance to *Alternaria* leaf blight. *Plant Disease* 69:426-428.
- HERRIOT, A.B.; HAYNES, F.L. 1984. The heritability of resistance to early blight disease in diploid potatoes (S. tuberosum spp. phureja and stenotomun). *Am. Potato J.* 61:524 (Abstr.)
- HOOPEs, R.W.; PLAISTED, R.; THURSTON, H.D. 1986. Seedling screening for early blight resistance. *Am. Potato J.* 63:433 (Abstr.)

- MARTIN, C.; TORRES, H.; MENDOZA, H.A. 1986. Development of an early blight seedling screening in potatoes. *Am. Potato J.* 63:444 (Abstr.)
- MENDOZA, H.A.; MARTIN, C.; VALLEJO, R.; ESPINOZA, J. 1986. Breeding for resistance to early blight (Alternaria solani). *Am. Potato J.* 63:444-445.
- MENDOZA, H.A. 1988. Progress in resistance breeding in potatoes as a function of efficiency in screening procedures. In: Report of the Planning Conference on Bacterial Diseases of the Potato. Lima. 16-20 de marzo, 1987. CIP, Lima. pp. 39-64.
- THOMPSON, P.G.; MENDOZA, H.A. 1984. Genetic variance estimates in a heterogenous potato population propagated from true seed (TPS). *Am. Potato J.* 61:697-702.
- VALLEJO, R.L.; MENDOZA, H.A. 1988. Determination of optimum plot size and adequate number of replication for yield trial using potato seedlings populations. In: Degras, L. (ed.). 1988. Proceedings of the 7th Symposium of the ISTRC, Gosier, Guadalupe. 1-6 July, 1985.

Avaliação da Resistência de Germoplasma de Batata à Alternaria solani e à Phytophthora infestans no Brasil

FRANCISCO J.B. REIFSCHNEIDER¹, CARLOS CASTRO², SIEGLINDE BRUNE¹, CARLOS A. LOPES¹ y JOSE A. BUSO¹

¹Pesquisadores, Centro Nacional de Pesquisa de Hortaliças (CNPH), Brasília, Brasil. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, (EMBRAPA). ²Pesquisador, Centro Nacional de Pesquisa de Fruteras de Clima Temperado (CNPFT), Pelotas, Brasil.

INTRODUCAO

Os trabalhos de avaliação da resistência de batata de A. solani foram iniciados no CNPH em 1980/81. Inicialmente foi feita uma tentativa de se avaliar cada genótipo utilizando-se como parâmetros básicos o número e a área das lesões (Reifschneider et al., 1980).

Todavía, com o crescimento do número de genótipos em avaliação, não foi possível continuar com este sistema. Foi, então, criada uma escala de avaliação, para A. solani em uso até o presente momento (Reifschneider et al., 1984).

Posteriormente, o CNPH e o CIP firmaram um contrato de avaliação de germoplasma de batata ao mesmo fungo. Com este contrato, expandiu-se o número de genótipos em teste; famílias, clones, cultivares de ampla aceitação comercial e genótipos da PTL (pathogen tested list) do CIP tem sido avaliados (Reifschneider et al., 1985; Reifschneider et al., 1986).

METODOLOGIA

A metodologia normalmente utilizada para a avaliação destes materiais é a seguinte:

Locais: os ensaios tem sido realizados em Brasília, DF e em Anápolis, GO. Ambas as regiões apresentam um período chuvoso e quente altamente propícios para o desenvolvimento de epifitias de A. solani.

Inóculo: mesmo havendo, em geral, uma incidência razoável do fungo em cada safra, inoculações artificiais tem sido realizadas com o objetivo básico de uniformizar ao máximo o nível de doença. Tem sido utilizado inóculo preparado in vitro, em forma de conídios, e/ou folhas infectadas em plantios anteriores. Em ambas as formas de inóculo, a inoculação é feita ao final do dia, depois de 1 hora de irrigação por aspersão. Isto tem garantido uma boa uniformidade da inoculação.

Número de experimentos: em geral, são conduzidos 3 experimentos: 1 com inóculo natural, com ou sem controle químico, e os outros dois com inoculação artificial. Somente Ridomil (metalaxyl) é utilizado como fungicida para o controle de P. infestans, quando necessário.

Delineamento estatístico: tem sido utilizado o de blocos aumentados, onde os padrões de resistência, resistência intermediária e suscetibilidade são as cultivares Aracy, Delta e Bintje, respectivamente. Desta maneira, a cada conjunto de 10-15 clones são repetidas, aleatoriamente, as cultivares padrões.

Avaliações: são feitas pelo menos 3 avaliações da incidência de Alternaria solani durante o ciclo, sendo utilizados 2 avaliadores por época de avaliação. As avaliações de interesse agrônomo (porte, vigor, tipo de tubérculo, cor de polpa, profundidade de olhos, produtividade, etc.) seguem os padrões brasileiros. Genótipos selecionados são reavaliados em anos posteriores.

São os seguintes os genótipos com destaque para resistência a A. solani:

CIP 676005
678011
800927
575015
720124
720084
575001
NY-59
Aracy
NDD 277.2

Este último tem se comportado como um bom progenitor no que concerne a resistência a Alternaria solani.

Atualmente estamos conduzindo ensaios em Brasília. Nestes ensaios, além da metodologia descrita anteriormente, temos um experimento de epidemiologia onde clones selecionados no ano de 1987 estão sendo avaliados com relação a taxa de progresso da doença.

Com relação a P. infestans, um dos autores (C. Castro) tem caracterizado e avaliado fontes de resistência ao fungo nas condições de Pelotas, Rio Grande do Sul, desde 1982. Ao todo, já foram avaliados 95 clones. Estão sendo instalados experimentos de gradiente de disseminação de P. infestans para a avaliação da resistência ao fungo.

CLONES RESISTENTES

Oito clones, listados a seguir, foram considerados resistentes. Destes, 5 foram plantados em 3 locais distintos do estado para avaliações agronômicas.

Clones resistentes a P. infestans:

C1316-8-82
3CRI 926-17-66
C1340-2-82
3CRI 1149-1-78
C1344-1-82
2AC 917-7-80
"Canada"
Mantequeira

As avaliações de genótipos a ambos os fungos ainda prosseguem independentemente. A combinação da resistência a estes dois patógenos bem como a outros de grande interesse para cultura da batata, como PLRV, PVY e Pseudomonas solanacearum, e o objetivo final dos nossos programas de resistência genética a doenças.

REFERÊNCIAS

- REIFSCHNEIDER, F.J.B.; CARRIJO, O.A.; LACERDA, F.N.; LOPES, C.A., 1980. Tamanho e número de lesões como indicadores de resistência de batata (Solanum tuberosum) a Alternaria solani (Ell e Mart) Sor. Fitopatologia Brasileira 6:277-280.
- REIFSCHNEIDER, F.J.B.; FURUMOTO, O.; FILGUEIRA, F.A.R., 1984. Illustrated key for the evaluation of early blight of potatoes. FAO Plant Protection Bulletin 32(3):91-94.
- REIFSCHNEIDER, F.J.B.; CORDEIRO, C.M.T.; FILGUEIRA, F.A.R.; BITTENCOURT C.; FONSECA, M.E.N., 1985. Avaliação da resistência de germoplasma de batata (Solanum spp) a Alternaria solani. Fitopatologia Brasileira 10:597-604.
- REIFSCHNEIDER, F.J.B.; CORDEIRO, C.M.T.; FILGUEIRA, F.A.R., 1986. Resistência de batata a Alternaria solani. Horticultura Brasileira 4(2):22-25.

Melhoramento Genético para Resistência à Murcha Bacteriana, Causada por Pseudomonas solanacearum, no Brasil

CARLOS A. LOPES¹, OSCAR A. HIDALGO² y JOSE A. BUSO¹

¹Pesquisadores, Centro Nacional de Pesquisa de Hortaliças (CNPH). ²Director Regional, Centro Internacional de la Papa (CIP)

INTRODUÇÃO

A murcha bacteriana (MB), causada por Pseudomonas solanacearum, é uma das mais importantes doenças da batata no Brasil. Em regiões onde batata semente certificada não é uma prática comum entre os produtores, observam-se perdas de mais de 50% da produção, que podem ainda ser agravadas se forem consideradas as perdas devido ao apodrecimento de tubérculos no armazém.

No caso de produção de batata semente, o problema é ainda mais grave: o aparecimento de apenas uma planta infectada provoca a condenação do campo, de acordo com a legislação vigente. Esta medida se mostra eficiente quando se pretende erradicar uma doença em uma determinada região; entretanto, este não é o caso, pois a MB é endêmica na maioria dos solos brasileiros. Uma solução racional seria, portanto, uma convivência com a doença nas áreas onde ela está presente e a preservação das áreas ainda livres do patógeno (santuários) para a produção de batata semente.

Uma série de medidas culturais, dentre elas a rotação de culturas, escolha do terreno de plantio, utilização de batata semente certificada e desinfestação de implementos agrícolas, é o que se recomenda hoje para o controle da MB. Seria altamente desejável incorporar-se a estas medidas variedades com boas características comerciais e com alto nível de resistência à doença.

MELHORAMENTO GENÉTICO PARA RESISTÊNCIA

Por dezenas de anos, pesquisadores em todo mundo tem buscado fontes de resistência à MB em variedades comerciais e espécies selvagens de batata. Baixos níveis de resistência foram encontrados em S. tuberosum em várias tentativas.

O primeiro programa de melhoramento genético para resistência à MB foi iniciado em 1967 na Universidade de Wisconsin, utilizando clones de S. phureja originados da Colômbia (Sequeira y Rowe, 1969). A resistência de S. phureja é dominante e facilmente transferida, sendo controlada por três ou quatro gens, talvez necessitando de outros para uma resistência mais estável (Thurston y Lozano, 1968). Alguns clones derivados desta

espécie mostraram certo nível de resistência a várias estirpes do patógeno, inclusive em testes realizados no Brasil por Ribeiro e colaboradores, mas sucumbiram perante outras. Ademais, a resistência não se mostrou absoluta, sempre decrescendo devido à alta concentração de inóculo no solo, altas temperatura e umidade, baixa intensidade de luz e presença de ferimentos físicos ou causados por nematóides (Ribeiro et al., 1983; Rowe y Sequeira, 1970; Rowe et al., 1972).

PROVAS DE GERMOPLASMA NO BRASIL

Em 1981, foi iniciado um programa no CNPH/EMBRAPA para avaliação de germoplasma de batata para resistência à MB com a colaboração do Centro Internacional de la Papa (CIP). Apesar dos problemas causados pela descontinuidade dos experimentos, até hoje foram testados mais de 500 clones enviados pelo CIP, sob condições de campo alto potencial de inóculo localizado no CNPH (raca um, biovar um de P. solanacearum). Oito clones foram selecionados como os mais promissores pela baixa porcentagem de plantas murchas:

No. do CIP	Pedigree
377835.1	BR 63.65 x Atlantic
382292.99	BR 69.84 x India 853
382293.20	India 853 x BR 69.84
382299.103	PSP-30.10 x BR 69.84
382303.94	377835.9 x AVRDC 1287.19
382305.110	377835.7 x AVRDC 1287.19
382309.75	Serrana x AVRDC 1287.19
382314.5	377836.1 x AVRDC 1287.19

Estes materiais foram previamente selecionados em Lima pelas suas resistências a MB, quando foram utilizados isolados brasileiros da bactéria nas inoculações.

Estes estão na fase final do processo de limpeza de deonças através do cultivo de meristema no CNPH e serão reavaliados oportunamente.

Bittencourt e De La Puente (1985) avaliaram 59 introduções pertencentes a 17 espécies silvestres de batata para resistência a MB. Dentre estas, três ecotipos de S. acaule e um S. sparsipilum demonstraram alta resistência ao isolado testado.

Lopes e Giordano (1983), testaram oito clones e três cultivares de batata sob condições de infestação natural em campo no CNPH/EMBRAPA. Os clones pertenciam aos grupos BR e MS, originados do programa original da Universidade de Wisconsin e

fornecidos pelo CIP. Os resultados demonstraram um baixo nível de resistência em todos os genótipos, sobressaindo-se a cultivar Achat como o mais resistente, significativamente superior quase todos os clones e às testemunhas Aracy e Bintje. Deve-se ressaltar que este nível intermediário de resistência da cultivar Achat permite observar claramente um menor índice de campos com sintomas da MB em comparação com outras cultivares. Talvez este seja um dos fatores mais importantes para explicar o grande incremento de área cultivada com esta variedade, que já se tornou a primeira em importância no Distrito Federal e no estado de Minas Gerais.

Aparentemente, "Achat" apresenta certa resistência à infecção pelo patógeno já que, em experimentos de titulação da infectividade em que diferentes concentrações da bactéria eram introduzidas no caule através de ferimento,¹ esta se mostrou tão suscetível quanto "Aracy" ou "Bintje".

CONTRATO DE PESQUISA CNPH/CIP E TESTES DE MATERIAL DO CNPH

A partir de 1987, foi acertado um contrato de pesquisa entre o CNPH e o CIP para a avaliação de germoplasma de batata para resistência à MB (International Potato Center, 1986 y 1987, Annual Reports 1985 e 1986-1987). Os genótipos originados do CIP são derivados de cruzamentos envolvendo espécies não só resistentes à MB mas também ao nematóide de galhas (Meloidogyne spp.), que são denominados "MNB". Estas espécies são S. sparsipilum, S. chacoense e S. microdontum. Com isto, existe a vantagem adicional de se incorporarem diferentes genes de resistência, resultando em uma resistência de amplo espectro, altamente recomendável para um patógeno complexo como P. solanacearum.

No contrato, o CNPH recebe em torno de 3 000 sementes verdadeiras (de 20 famílias) do CIP de cruzamentos orientados para a obtenção de resistência à MB. As sementes são semeadas em bandejas em casa de vegetação e as plântulas são transplantadas para vasos, que são mantidos em telados. Os clones produzidos em telados serão multiplicados em campo por uma vez, sendo, ao mesmo tempo avaliados para características comerciais. Os 200 melhores clones serão então testados para resistência à MB em campo no CNPH. De cada clone produzido em casa de vegetação, serão guardados dois tubérculos para futura multiplicação, evitando-se a necessidade de se promover uma limpeza através de cultivo de meristemas, que é um processo demorado. Atualmente, contamos com 734 clones que estarão em fase de multiplicação em campo no mes de abril de 1988.

O campo para avaliação da resistência à MB no CNPH é mantido com uma alta população de P. solanacearum (raca um, biovar um) através do plantio regular e sucessivo com batata e o menor manuseio possível do solo. A uniformidade da distribuição do inóculo no solo é variável de ano para ano; procura se melhorar esta uniformidade arandose o terreno no sentido da maior para a menor infestação. As dificuldades impostas pela desuniformidade da infestação é reduzida aumentando-se o número de repetições nos experimentos para, no mínimo, cinco. Nos testes no CNPH serão utilizadas seis repetições de quatro tubérculos. Como testemunhas, serão usadas as cultivares Achat e Aracy,

¹Lopes, C.A., não publicado.

moderadamente resistente e suscetível, respectivamente. De modo a avaliar-se a uniformidade da distribuição do inóculo e para se dirimirem dúvidas se plantas sem sintomas de murcha escaparam à infecção, entre duas parcelas de quatro plantas serão colocadas duas plantas de uma cultivar sabidamente suscetível (Aracy ou Bintje). Esta técnica auxilia ainda a manutenção da uniformidade de inóculo no terreno.

Além dos desenvolvidos no CIP, serão ainda avaliados genótipos originados de cruzamento realizados no CNPH, orientados para a obtenção de resistência à MB. Neste caso, serão feitas seleções em casa de vegetação inoculando-se plântulas em bandejas com uma mistura de quatro isolados de *P. solanacearum* coletados nas principais regiões produtoras de batata do Brasil. Previamente, será feita uma avaliação de produção de bacteriocinas pelos isolados a serem misturados, de modo a se prevenir antagonismo entre estes isolados. Os genótipos que sobreviverem à inoculação serão multiplicados para testes de resistência em campo.

A avaliação da resistência será feita pelo número de plantas murchas em datas diferentes, já que todo o material corre o risco de ser eliminado, após certo tempo, se o nível de inóculo for muito alto e/ou as condições ambientais forem muito favoráveis ao desenvolvimento da doença.

Os genótipos selecionados no CNPH serão então enviados para testes em diferentes regiões, de modo que se possa avaliar a estabilidade da resistência sob diferente pressão de inóculo, diferentes estirpes da bactéria e diferentes condições ambientais.

PROSPECTIVAS DE USO DE CULTIVARES RESISTENTES

Devem ser ressaltadas aqui as consequências que podem advir do aumento dos níveis de resistência varietal. Em um país como o Brasil, onde a bactéria é nativa na maioria dos solos, uma cultivar com certo nível de resistência seria altamente desejável na produção de batata-consumo, para que se possa "conviver" com a doença, adotando-se as medidas de controle já mencionadas. Neste caso, haveria a necessidade de abastecimento constante de batata semente produzida em região livre da MB, de modo a se evitar infecções latentes e consequente disseminação da doença. Além disto, deveria ser dada preferência de utilização destas cultivares em regiões onde a MB é endêmica e outras medidas de controle não são economicamente viáveis.

REFERÊNCIAS

- BITTENCOURT, C.; DE LA PUENTE, F.P. 1985. Fontes de resistência à *Pseudomonas solanacearum* em espécies silvestres de batata. Hort. Bras. 3:37-38.
- INTERNATIONAL POTATO CENTER. 1986. Annual Report CIP 1985. Lima, Peru. 176 p.
- INTERNATIONAL POTATO CENTER. 1987. Annual Report CIP 1986-1987. Lima, Peru. 210 p.

- JAWORSKI, C.A. et al. 1980. Relative resistance of potato cultivars to bacterial wilt. Amer. Potato J. 57:159-165.
- LOPEZ, C.A.; GIORDANO; L.B. 1983. Avaliação de oito clones e três cultivares de batata (Solanacearum tuberosum L.) à murcha bacteriana causada por Pseudomonas solanacearum. Hort. Bras. 1:33-35.
- RIBEIRO, R.L.D. et al. 1983. Localização de fontes de resistência genética em batatinha a isolados nacionais de Pseudomonas solanacearum E. F. Smith a partir de progênies híbridas introduzidas de Wisconsin (E.U.A.) Arq. Univ. Fed. Rur. do Rio de Janeiro 3:15-20.
- ROWE, P.R.; SEQUEIRA, L. 1970. Inheritance of resistance to Pseudomonas solanacearum in Solanum phureja. Phytopathology 60:1499-1501.
- ROWE, P.R.; SEQUEIRA, L.; GONZALES, J.C. 1972. Additional genes for resistance to Pseudomonas solanacearum in Solanum phureja. Phytopathology 62:1093-1094.
- SCHMIEDICHE, P. 1985. Breeding potatoes for resistance to bacterial wilt caused by Pseudomonas solanacearum. Proceedings of an international workshop held at PCRRD, Los Baños, Philippines. G. J. Persley, ed. p. 105-111.
- SEQUEIRA, L.; ROWE, P.R. 1969. Selection and utilization of Solanum phureja clones with high resistance to different strains of Pseudomonas solanacearum. Am. Potato J. 46:451-462.
- THURSTON, H.D.; LOZANO, J.C. 1968. Resistance to bacterial wilt of potatoes in Colombian clones of Solanum phureja. Am. Potato J. 45:51-55.

Búsqueda de Resistencia a Erwinia spp. en el Material Genético del Programa Argentino de Papa

ALICIA L. MELEGARI, MARCELO A. HUARTE, DIANA FLEGO y G. BOTTA

Fitopatóloga; Responsable del Plan de Mejoramiento; Asistente de Investigación, y Estudiante Graduado, respectivamente. Unidad Integrada: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) y Facultad de Ciencias Agrarias (FCA), Balcarce (Buenos Aires, Argentina).

Los trabajos epidemiológicos y de búsqueda de resistencia a Erwinia spp. en el programa argentino se encuentran en sus etapas iniciales.

En 1985/86 se comenzó a diseñar un proyecto de resistencia específica a Erwinia sp. cuando los técnicos y productores tomaron conciencia de la importancia del problema.

El incremento de la difusión de la enfermedad fue principalmente atribuido a la utilización de simiente no apta de cultivares susceptibles. Una revisión inicial de los materiales disponibles en el Banco de Germoplasma de Braunschweig (Alemania Federal) mostró que varias especies silvestres y cultivadas nativas de Argentina han mostrado variabilidad en la resistencia a E. caratovora var. atroseptica. Sin embargo, ninguna de las introducciones originadas en el Banco de Germoplasma del INTA Balcarce de esas mismas especies ha sido evaluada aún. Entre estas especies, Solanum acaule, S. boliviense, S. chacoense, S. gourlayi, S. infundibuliforme, S. megistacrolobum, S. microdontum, S. tarijense, S. vernei y S. tuberosum spp. andígena son del interés tanto para estudios genéticos como para tamizado de resistencia.

Las especies argentinas S. kurtzianum, S. commersonii, S. oplocence, S. sancta-rosae, S. venturii y algunas especies híbridas parecen no haber sido evaluadas aún.

Al mismo tiempo, se comenzó un relevamiento de las especies y variedades de Erwinia presentes en las diferentes áreas de cultivo.

Una vez profundizado el conocimiento de la variabilidad del hospedante y del patógeno e identificados los genes involucrados en la relación papa-Erwinia se piensa comenzar estudios de biología molecular para incorporar resistencia en cultivares susceptibles.

Un resumen del trabajo hecho hasta el momento se presenta a continuación:

1. Varios aislamientos de Erwinia spp. fueron colectados durante dos temporadas de diferentes localidades de la provincia de Buenos Aires, en diferentes cultivares. Los aislamientos fueron inicialmente clasificados sobre la base de su origen geográfico y la fuente de tubérculo-semilla de papa utilizada.

2. Erwinia spp. se identifica en aislamientos utilizando agar medio CVP, pudrición blanda en rodajas de tubérculos, test de oxidasa, producción de indol, utilización de x-metil glucosido, producción de sustancias reductoras a partir de sucrosa y patogenicidad en plantas de papa.

3. La selección de la cepa más virulenta se realizará usando el procedimiento de Munzert (Munzert, M. 1975. Potato Res. 18:308-313).

4. La propagación in vitro y la producción de callos de variedades comerciales ha sido realizada para comenzar el tamizado in vitro y la regeneración de plantas con miras a un tamizado con planta entera.

5. Una colección de 150 clones de Neotuberosum, S. commersonii y S. gourlavi será sometida a inoculación en tubérculo para seleccionar individuos resistentes a "pierna negra".

REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

MUNZERT, M. 1975. Eine methode zur prüfung der kartoffelpflanze gegenüber dem erreger de schwarzbeinigkeit (Erwinia carotovora var atroseptica). Potato Research 18:308-313.

Mejoramiento Genético para Resistencia a Bacterias, Nematodos y otros Patógenos en Chile

ALBERTO CUBILLOS y CARMEN FERNANDEZ

Ing. Agr., Ph.D., Director del Area de Producción Vegetal, Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), e Ing. Agr., M.S., Fitopatóloga, Estación Experimental La Platina (INIA), Santiago, Chile.

INTRODUCCION

El mejoramiento genético de la papa es una alternativa eficiente para resolver problemas fitopatológicos del cultivo. No se conocen bactericidas efectivos contra las bacterias que atacan a la papa y, en cuanto a hongos y nematodos, el control químico es impracticable en muchos países del tercer mundo.

En este documento se describen los métodos y resultados de trabajos que viene realizando el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) de Chile, en mejoramiento genético para resistencia al nematodo del quiste (Globodera rostochiensis), y a Tecaphora solani, causante del carbón de la papa.

Bacterias y Enfermedades que ellas Causan

1. Streptomyces scabies

Esta bacteria causa la sarna común de la papa. Esta enfermedad se encuentra distribuida en todas las zonas productoras del cultivo. Bajo ciertas condiciones de año y localidad se constituye como una de las principales causas de rechazo en el proceso de certificación de tubérculos-semillas. Su daño, sin embargo, no constituye un problema de producción que merezca ser resuelto por la vía del mejoramiento genético. Se están evaluando tratamientos de desinfección de tubérculos-semillas para reducir sus efectos.

2. Erwinia carotovora

Esta bacteria causa el "pie negro" de las plantas y la pudrición blanda de los tubérculos. La enfermedad está distribuida en todas las zonas productoras de papa. Se presenta en forma erítica dependiendo de las condiciones de humedad, en especial durante el período cercano posterior a la madurez fisiológica. Causa daños por pudriciones en bodega, disminución de la emergencia y de la población.

Para esta enfermedad no se realiza mejoramiento genético. El control de la bacteria se ha enfocado por la vía de la producción de tubérculos-semillas de alta calidad a partir de materiales prebásicos provenientes de cultivos in vitro y multiplicaciones rápidas de esquejes, raíces, microtubérculos, etc. en medios inertes.

3. Pseudomonas solanacearum

Este patógeno causa la marchitez bacteriana de la papa. Se encuentra distribuido en forma localizada en la zona central de riego del país (Regiones Metropolitana, Sexta y Séptima). La enfermedad ha sido legalmente declarada de control obligatorio.

Su control se ha enfocado por la vía de la erradicación, que obliga a los agricultores de las zonas afectadas a inscribirse como productores de papa en la División de Protección Agrícola del Servicio Agrícola y Ganadero del Ministerio de Agricultura. Esta inscripción supone, entre otras medidas, que el productor debe demostrar que el suelo que va a emplear está libre de la bacteria que los tubérculos- semillas que va a emplear en la plantación provienen de cultivos libres del patógeno, que va a someterse a inspección durante el cultivo, y que registrará los destinos de su producción.

Esta estrategia ha inducido al INIA a no abordar el control de la bacteria por la vía del mejoramiento genético.

Nematodos y enfermedades que ellos generan

1. Nematodo del nódulo de la raíz

La enfermedad es producida por nematodos del género Meloidogyne. En el país se han determinado las especies M. incognita, M. hapla, M. arenaria y M. javanica. Se encuentra distribuida en todas las zonas productoras de papa del país. Los daños resultan erráticos, dependiendo de años y localidades. Afecta principalmente la producción de tubérculos-semillas. Su daño, sin embargo, no constituye un problema de producción que merezca ser resuelto por la vía del mejoramiento genético. Se recomienda el uso de rotaciones apropiadas de cultivos como medida de control. Se espera evaluar la efectividad de Paecilomyces lilacinus como agente de control biológico.

2. Falso nematodo del nódulo de la raíz

El patógeno es el Nacobbus aberrans. La distribución del nematodo está restringida a las reducidas zonas productoras de papa del Altiplano Chileno, geográficamente próximas a Bolivia. Se carece de información sobre la intensidad del daño. No se realiza mejoramiento genético.

3. Nematodo del quiste o nematodo dorado

Los quistes son causados por Globodera rostochiensis y G. pallida. La primera especie se encuentra distribuida en forma localizada en la zona centro norte del cultivo de la papa (Regiones Cuarta y Quinta). Afecta de preferencia las plantaciones de primavera y verano. La segunda especie ha sido reportada solamente en una sola ocasión.

La enfermedad ha sido declarada plaga de control obligatorio. Su control se ha enfocado por la vía del control integrado, que obliga a los agricultores de las zonas afectadas a inscribirse como productores de papa en la División de Protección Agrícola del Servicio Agrícola y Ganadero del Ministerio de Agricultura. Esta inscripción supone, entre

otras medidas, que el agricultor incluye a la papa dentro de una rotación de cultivos autorizados, que el suelo que va a emplear está libre del nematodo, que utiliza un cultivar resistente, aplica nematicidas al suelo, se somete a inspección durante el cultivo, y registra los destinos de su producción.

El INIA realiza mejoramiento genético para resistencia a Globodera rostochiensis.

Otros Patógenos

Carbón de la papa

La enfermedad es causada por el hongo Tecaphora solani. Se encuentra distribuida en forma localizada en la zona productora de papa de La Serena, Cuarta Región. Afecta en forma preferente durante la plantación de primavera y verano. Se desconocen medidas efectivas de control. Esto ha inducido al INIA a comenzar un programa de evaluación de germoplasma.

MEJORAMIENTO GENETICO PARA RESISTENCIA AL NEMATODO DORADO

Fuentes de Resistencia

Se está empleando el gen efectivo R1 de Solanum tuberosum grupo andigena existente en los cultivares Altena, Atlantic, Cardinal, Hudson, Peconic y Wauseon.

Métodos de Evaluación

1. Evaluación de la resistencia por inoculación en el campo

La evaluación de campo se realiza en predios infestados ubicados en la localidad Vegas Sur de La Serena, Cuarta Región. Se eligen terrenos en los que se haya cultivado papa por los menos más de dos temporadas y cuya infestación sea superior a 10 quistes viables de G. rostochiensis por 400 g de suelo. En el momento de la evaluación se hace una determinación del grado de infestación. Se considera que la evaluación es satisfactoria si la infestación final, por lo menos, duplica la inicial.

Se usa un diseño experimental de parcelas completamente al azar con seis repeticiones. Cada parcela consta de cinco plantas. Se emplea el cultivar Ultimus como testigo susceptible. Cada parcela de material por evaluar es rodeada por parcelas del cultivar testigo susceptible.

La distancia entre hileras es de 0,7 m y sobre la hilera de 0,4 m. El cultivo recibe los cuidados normales de la zona.

La plantación se realiza en noviembre, de modo que el cultivo crezca durante un período de altas temperaturas favorables al desarrollo del nematodo. La evaluación se realiza a las siete semanas después de la plantación. En este momento las hembras ya han roto la corteza de las raíces, permanecen adheridas a ellas y son perfectamente visibles.

Para realizar la evaluación, se arrancan las plantas con cuidado, de manera que los quistes no se desprendan. El desprendimiento del quiste sucede cuando la evaluación se atrasa o se realiza a las doce o más semanas después de la plantación.

En la evaluación se emplea la escala sugerida por el CIP:

- 0 = ausencia de hembras
- 1 = pocas hembras difíciles de encontrar
- 2 = pocas hembras fáciles de encontrar
- 3 = muchas hembras en casi todas las raíces

La calificación de los materiales en estudio toma en consideración el grado de infestación de las cuatro parcelas testigo. Si todas las parcelas testigo presentan una nota 3, los clones evaluados con nota 0 y 1 se consideran resistentes. La evaluación se realiza por un mínimo de dos temporadas.

2. Evaluación de la resistencia in vitro

Se emplea el método de Mugniery (Fernández, 1988). Esta técnica consiste en colocar un trozo de tubérculo de papa con un pequeño brote, previamente lavado y desinfectado con hipoclorito de sodio al 2%, en una placa de Petri que contiene agar agua al 2%. Las placas se dejan a temperatura ambiental durante dos a tres días para permitir el crecimiento de raíces. Se mantienen en forma vertical para impedir que las raíces penetren en el agar.

La evaluación se realiza inoculando las raíces con larvas del nematodo. Las larvas se obtienen de muestras de quistes provenientes de diferentes campos infestados de La Serena, previamente homogenizadas. Las mezclas de quistes se colocan en exudado de raíces de plantas de papa. Las larvas eclosionan a los ocho días. Cada larva es transferida a la raíz mediante una aguja a la que se le ha adherido una pestaña. La inoculación se hace bajo el estereoscopio, asegurándose que la larva penetre en la raíz. El tiempo promedio que demora la larva en penetrar es de 15 minutos.

Las raíces se inoculan secuencialmente. Se inicia la inoculación cuando éstas alcanzan un tamaño de 1 a 2 cm de largo. Se colocan cinco larvas del nematodo a medio centímetro del extremo radical. Se deja que crezca la raíz durante dos días y se vuelve a inocular. La operación se repite tres veces utilizando todas las raíces sanas y vigorosas que se forman a partir de la yema que se colocó en la placa de Petri. Cada raíz inoculada se considera una repetición, por lo que normalmente se logran cuatro a cinco repeticiones por placa.

El grado de infección se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$(\%) \text{ de susceptibilidad} = \frac{\text{número de hembras formadas}}{\text{número de larvas inoculadas}} \times 100$$

Se define como resistente todo material que presente menos de 10% de susceptibilidad.

3. Correlación entre la evaluación de campo y la evaluación in vitro

Durante dos temporadas se realizaron estudios comparativos de evaluación por los métodos de inoculación natural en el campo y de inoculación in vitro. Se emplearon 25 cultivares y clones que habían sido declarados susceptibles o resistentes por la prueba de campo. Se encontró una buena correlación entre ambos métodos, por la prueba de Kendall.

Resultados

1. Clones avanzados resistentes

Los siguientes cultivares, clones avanzados y clones selectos, han sido encontrados resistentes durante las últimas seis temporadas de evaluación (Fernández, 1987):

Altena	Atlantic	Cardinal
Herta	Yagana	
Remehue 5	Remehue 9	Clon 38
Clon 318	Clon 904	Clon 1138
Clon 1739	Clon 2164	Clon 2703

2. Cultivares resistentes entregados a la agricultura

Los productores disponen en el comercio de tres cultivares resistentes. Dos de éstos son introducciones de materiales europeos de piel rosada: Cardinal y Altena. El INIA ha entregado el tercer cultivar, Yagana, con rendimiento superior a las otras dos variedades, resistencia de campo al virus del enrollamiento de la hoja, y buena calidad de tubérculo. El defecto de Yagana es su piel blanca.

Mejoramiento genético para carbón de la papa

Método de Evaluación

Se emplea un método de evaluación por infección natural en el campo. Se efectúa en predios infectados ubicados en la localidad de Vega Sur, La Serena, Cuarta Región (Fernández, 1985).

Se emplea un diseño experimental de parcelas completamente al azar con seis repeticiones. Cada parcela consta de cinco plantas. Se usa el cultivar Ultimus como testigo susceptible. Cada tratamiento está rodeado por cuatro parcelas del testigo susceptible.

Las parcelas son de 1,5 m y están distanciadas entre hileras a 0,7 m. El ensayo recibe los cuidados normales de la zona.

La plantación se realiza en noviembre, de modo que el cultivo crezca durante un período de altas temperaturas favorables al desarrollo del hongo. La evaluación se realiza después de los 40 días a partir de la fecha de plantación.

La evaluación se realiza considerando sólo la presencia o ausencia de hipertrofias o sobrecrecimientos en la base de los tallos, estolones y tubérculos. Es importante considerar que en algunas ocasiones el ataque es tan intenso que las plantas no logran emerger.

La evaluación debe ser efectuada, como mínimo, durante dos temporadas para que sea válida.

Resultados

Las evaluaciones realizadas durante los últimos cinco años en estos estudios penniten concluir que los siguientes cultivares, clones avanzados y clones selectos presentan resistencia (Fernández. 1987a):

Mirka	Remehue 5	78209-3	C 2696
C 78209-1	Clon 54	Clon 95	Clon 164
Clon 904	Clon 2237	R 771-5	RN 22
RN 72	RN 75		

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- FERNANDEZ, C. 1985. Estudio de resistencia de algunas variedades y clones de papa al carbón de la papa *Tecaphora solani*. In: Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Fitomejoramiento de Papa. V Informe Anual. Ministerio de Agricultura. Santiago, Chile, pp. 69-75.
- FERNANDEZ, C. 1987. Resistencia de variedades y líneas selectas al Carbón de la Papa (*Tecaphora solani*). In: Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Fitomejoramiento de Papa. VI Informe Anual. Ministerio de Agricultura. Santiago, Chile, pp. 125-131.
- FERNANDEZ, C. 1987a. Selección de líneas selectas al nematodo dorado en La Serena. In: Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Fitomejoramiento de Papa. VI Informe Anual. Ministerio de Agricultura. Santiago, Chile, pp. 132-137.
- FERNANDEZ, C. 1988. Selección de líneas avanzadas de papa a nematodo dorado mediante la técnica del Dr. Mugniery. In: Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Fitomejoramiento de Papa. VII Informe Anual. Ministerio de Agricultura. Santiago, Chile, pp. 84-89.

Papel de los Nematodos en la Expresión de Pseudomonas solanacearum y Estrategias de Tamizado y Mejoramiento para una Resistencia Combinada

PARVIZ JATALA, CARLOS MARTIN y HUMBERTO A. MENDOZA

Ph.D., Jefe del Dpto. de Nematología y Entomología; Ph.D., Investigador; y Ph.D., Jefe del Dpto. de Mejoramiento y Genética. Centro Internacional de la Papa (CIP).

La posible asociación de más de un microorganismo con la planta hospedante a un determinado tiempo está entre los factores de iniciación y desarrollo de ciertas enfermedades de plantas. Es concebible suponer que en el campo cualquier hospedante potencial está constantemente expuesto a varios patógenos de la raíz e indudablemente estos patógenos se afectan el uno al otro, debido a que ocupan el mismo nicho ecológico. Asimismo, es razonable sospechar que la infección por un patógeno puede alterar la respuesta del hospedante a la infección por otro o por el mismo patógeno. Siendo la raíz y el suelo medios apropiados para microorganismos tales como nematodos, hongos y bacterias, estos también son lugares muy importantes para que ocurran complejos de enfermedades.

Los nematodos fitoparásitos casi siempre juegan un papel importante en la interacción de enfermedades. Estudios relacionados con la interacción de nematodos y otros microorganismos en el desarrollo de complejos de enfermedades han logrado una considerable atención y reconocimiento en los últimos años. La bibliografía referente a varios aspectos de interacciones entre nematodos y otros patógenos de las plantas sobrepasan las 1 000 publicaciones. El primer trabajo sobre interacción de nematodos y bacterias fue publicado por Hunger (1901), quien descubrió que plantas de tomate fueron atacadas más fácilmente por Pseudomonas solanacearum en lo que podría haber sido un suelo infestado por Meloidogyne.

El nematodo del nódulo de la raíz Meloidogyne sp. y P. solanacearum, el agente causal de la marchitez bacteriana están extensivamente distribuidos por el mundo y son favorecidos por suelos con temperatura alta. Estos organismos tienen una amplia gama de hospedantes y son una amenaza para la producción de la papa, especialmente en áreas de clima tropical. La presencia común o conjunto de estos organismos genera gran preocupación debido a que fácilmente interactúan en la papa y producen complejos de enfermedades. La presencia de Meloidogyne sp. aparentemente favorece el desarrollo de la marchitez debida a P. solanacearum. Resultados de estudios de interacción llevados a cabo en invernadero indican que la resistencia a marchitez bacteriana de los clones BR-73-40 y BR-63-76 fue destruida cuando M. incognita estaba presente (Jatala et al., 1975). Resultados similares fueron obtenidos bajo condiciones de campo (Jatala y Martín, 1977). Resultados de invernadero indican que la infección de la raíz por nematodos, manifestada por el índice de agallamiento de la raíz estaba directamente correlacionada con los síntomas de marchitez bacteriana, indicada por el porcentaje de plantas marchitas

(Jatala et al., 1975). La reacción de Solanum sparsipilum y S. chacoense (clones resistentes a M. incognita) y S. tuberosum spp. andigena (cultivar Mariva susceptible a M. incognita) a P. solanacearum estaba correlacionada con sus reacciones a M. incognita (Jatala, 1978; Jatala y Martin, 1977). Se cree que los mecanismos de la reacción sinérgica de M. incognita y P. solanacearum son el daño mecánico así como los cambios fisiológicos en la planta causados por la infección del nematodo del nudo.

Se han hecho pruebas para incorporar los genes que gobiernan la resistencia a M. incognita, M. javanica, M. arenaria y M. hapla a clones que tienen resistencia a P. solanacearum. Es interesante notar que los clones identificados al principio como resistentes a M. incognita también tenían resistencia a P. solanacearum. Es entonces concebible creer que estas resistencias pueden ser utilizadas en programas de mejoramiento. Considerando la importancia global de P. solanacearum y sus características especiales de compartir la misma distribución y ocurrencia agroecológica con Meloidogyne sp., es de gran trascendencia que los programas de mejoramiento se aboquen a la incorporación de resistencia a estos dos organismos.

Los resultados de estudios recientes indican la relación sinérgica de Pratylenchus spp. y P. solanacearum en el desarrollo de complejos de enfermedades.¹ Aunque P. solanacearum no es un problema tan grande en climas templados, sus relaciones con Globodera pallida, generalmente un nematodo adaptado a clima templado, han sido bien establecidas en complejo de enfermedades. Estudios adicionales han confirmado la extensión de dicha relación entre P. solanacearum y estos dos importantes nematodos en el desarrollo de complejos de enfermedades. La importancia económica de su interacción necesita ser determinada.

Aunque el control químico de Meloidogyne, Pratylenchus y Globodera sp. puede ser logrado y su interacción resultante con P. solanacearum puede ser reducida, estas medidas son prohibitivas, particularmente en países con climas tropicales donde la agricultura marginal es común. La utilización de cultivares resistentes a P. solanacearum en estas áreas con antecedentes de infestación por Meloidogyne o Pratylenchus sólo puede resultar en la pérdida de plantas y producción. Los avances recientes en el mejoramiento para la resistencia de Meloidogyne son prometedores y estos programas de mejoramiento deben tomar en cuenta la incorporación de resistencia a estos dos importantes organismos.

Debido a la eficiencia del método de tamizado de resistencia a Meloidogyne, a la variabilidad de la reacción de la planta al organismo de la marchitez bacteriana y la inconsistencia en los métodos de tamizado a P. solanacearum, es aconsejable inicialmente tamizar las poblaciones mejoradas para resistencia a Meloidogyne sp. Una vez que las progenies resistentes han sido seleccionadas, estas pueden ser tamizadas para resistencia a P. solanacearum. Este proceso eliminaría la posibilidad de escapes así como la infección latente asintomática de P. solanacearum que se puede manifestar en etapas posteriores. La combinación de los dos organismos para propósitos de tamizado, no es aconsejable debido a que pueden interactuar sinérgicamente y, como resultado, podría perderse algún material de interés. La selección inicial de progenies resistentes a Meloidogyne reduciría el trabajo de tamizado para P. solanacearum. También permitiría la posibilidad de multiplicar el material para un proceso de tamizado apropiado y con repeticiones a P. solanacearum. Otros procedimientos similares pueden ser usados en la incorporación de resistencia a Pratylenchus spp. y P. solanacearum o Globodera spp. y P. solanacearum.

¹Canto, comunicación personal.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- HUNGER, F.W.T. 1901. Eenbacteria-ziekte der Tomacet. Meded. Pltuin. Batavia 48:4-57.
- JATALA, P. 1978. Studies of the Interrelationships of the Plant Parasitic Nematodes and other Organisms on Potatoes. In Developments in the Control of Nematode Pests of Potato. Report of the 2nd. Nematode Planning Conference. International Potato Center, Lima, Peru. pp. 191-193.
- JATALA, P.; FRENCH E.R.; GUTARRA, L. 1975. Interrelationships of Meloidogyne incognita acrita and Pseudomonas solanacearum on potatoes. Journal of Nematology 7:325.
- JATALA, P.; MARTIN, C. 1977. Interactions of Meloidogyne incognita acrita and Pseudomonas solanacearum on Solanum chacoense and S. sparsipilum. Proceedings of the American Phytopathological Society. Vol. 4:178.
- JATALA, P.; MARTIN, C. 1977. Interactions of Meloidogyne incognita acrita and Pseudomonas solanacearum on field grown potatoes. Proceedings of the American Phytopathological Society. Vol. 4:177-178.

Resistencia Genética a Meloidogyne spp. en Papa en la Argentina

MARCELO A. HUARTE, SILVIA CAPEZIO y E. CHAVES

Responsable de Mejoramiento Genético; Asistente de Investigación; y Responsable del Laboratorio de Nematología, respectivamente. Unidad Integrada: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) y Facultad de Ciencias Agrarias (FCA), Balcarce (Buenos Aires, Argentina).

INTRODUCCION

Actualmente los nematodos constituyen un serio problema en las zonas productoras de tubérculos-semillas en la República Argentina, por lo que es necesario disponer de variedades que presenten buen comportamiento frente a las distintas poblaciones existentes.

La naturaleza compleja de la herencia de la resistencia ya ha sido mencionada por diversos autores y no se dispone en las colecciones mundiales de materiales de fácil utilización en el mejoramiento. Algunas especies silvestres han sido evaluadas como resistentes (Solanum sisymbriifolium, S. warscewiczii, etc.) pero es difícil su utilización directa en el mejoramiento.

La obtención de materiales mejorados que puedan ser utilizados en el desarrollo de variedades resistentes es un paso necesario en la estrategia de un manejo integrado de esta plaga. Si bien el mejoramiento genético es una herramienta importante en este manejo integrado, el conocimiento de aspectos básicos de la biología de la plaga en nuestro país es de suma importancia. Además se necesita más investigación en este aspecto.

A continuación se presenta el esquema de trabajo que se desarrolla en la Estación Experimental Agrícola (EEA) Balcarce para la búsqueda de resistencia a Meloidogyne spp.

Finalidades específicas

1. Obtener genotipos resistentes a Meloidogyne spp. mediante el desarrollo de un programa de selección recurrente.
2. Analizar los factores de origen genético que determinan la resistencia a Meloidogyne spp.
3. Combinar la resistencia a Meloidogyne spp. con la resistencia a otras enfermedades de importancia.
4. Desarrollar una técnica adecuada de prueba y evaluación para generaciones tempranas (tubérculos de primer año y plántulas).

Plan

Se trabajará con una plantación de Neotuberosum (*S. tuberosum* spp. andigena) en la que se presume que se podría hallar alguna resistencia a Meloidogyne spp. La población proviene en parte de siete ciclos de selección recurrente por rendimiento (Plaisted, 1980) y diez ciclos de selección recurrente por aspecto del tubérculo, follaje y rendimiento (Huarte y Plaisted, 1984). Esta población se evaluó en Balneario durante las campañas 85/86 y 86/87, donde se obtuvieron 150 clones adaptados a esas condiciones, los cuales serán el material de partida para este estudio. Las poblaciones de Meloidogyne spp. para utilizar serán obtenidas de Malargüe, SE de la provincia de Buenos Aires y Pedro Luro.

Primer año

Se tomarán cinco brotes por clon, los cuales se colocarán en cajas de Petri en una solución de agar al 1,5% y se inocularán con tres larvas en el estadio 2 (L2). Para la evaluación de los genotipos resistentes se medirá la penetración, el desarrollo y el índice ándrico. La penetración es la relación entre el número de larvas que penetran en la raíz y el número de larvas inoculadas; el desarrollo es la relación entre la cantidad de machos y hembras adultas sobre la cantidad de larvas que penetraron; y el índice ándrico es la relación entre el número de machos y el número de hembras desarrolladas.

Además se evaluará semilla sexual de colecciones de especies silvestres (*S. gourlayi* y *S. commersonii*) tetraploides y diploides, en las que también se estudiará la resistencia a Erwinia spp. Para la evaluación de la resistencia a Meloidogyne spp. se colocará semilla sexual en cajas de Petri con una solución de agar al 1,5% y se la inoculará con L2 ó con masas de huevos. El estadio de inoculación adecuado será evaluado teniendo en cuenta el desarrollo y la penetración. Se seleccionará el estadio más eficiente en producir la infección. Con la utilización de esta técnica se estudiará la posibilidad de derivar los genotipos resistentes para la obtención de clones que podrían ser reevaluados en sucesivas generaciones de reproducción asexual. Se obtendrá una apreciación general del valor de cada colección, previa a la realización de pruebas de progenie.

El material de semilla sexual será multiplicado en invernadero para su inoculación con Erwinia spp. por medio de la técnica de Munzert (Munzert, 1975).

Segundo año

Los clones de Neotuberosum seleccionados se entrecruzarán por medio de un diseño "North Carolina I" y la semilla sexual producto de estos cruzamientos será evaluada por medio de la técnica descrita anteriormente.

Los clones derivados de las colecciones de especies silvestres, analizados con semilla sexual, serán evaluados para determinar su resistencia a Meloidogyne spp. Los clones resistentes serán sometidos a la infección con la población de nematodos más agresiva.

La utilización del diseño "North Carolina I" permitirá obtener valores estimativos para caracterizar la resistencia (varianzas genéticas y heredabilidad).

Se establecerá una correlación entre la resistencia observada en el estado de plántula y la primera generación clonal.

Una muestra al azar de clones resistentes a Meloidogyne spp., proveniente de las colecciones de especies silvestres, será evaluada por su resistencia a Erwinia spp. También se efectuará la evaluación recíproca y se estudiará la posibilidad de hallar una respuesta correlacionada a las dos resistencias.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

HUARTE, M.A.; PLAISTED, R.L. 1984. Selection for tuberosum likeness in the vines and the tubers in a population of Neotuberosum, Amer. Potato J. 61:461-473

MUNZERT, M. 1975. Eine methode zur prüfung der resistenz der kartoffelpflanze gegenüber dem erreger de schwarzbeinigkei (Erwinia carotovora var. atroseptica). Potato Research 18:308-313.

PLAISTED, R.L. 1980. Progress and future plans for the use of Neotuberosum populations. In Utilization of the Genetic Resources of the Potato III. Report of the Planning Conference 1980. The International Potato Center. 65-79.

Mejoramiento de la Papa para Precocidad y Reposo Corto en el Uruguay

FRANCISCO VILARO, CARLOS CRISCI y D. FERNANDEZ

Ing. Agr., Ph.D., Subdirector de Departamento; Ing. Agr., Jefe de Sección, Programa de Papa; Ing. Agr., Subdirector de División, respectivamente, Estación Experimental "Las Brujas". Las Piedras, Canelones, Uruguay.

INTRODUCCION

El doble cultivo anual continuado (cuatro cultivos en dos años), alternativo al tradicional, permitiría aprovechar al máximo las posibilidades ecológicas del país, a la vez que aumentar el número de multiplicaciones de material de alto valor y calidad sanitaria. Las limitaciones en estos aspectos son graves problemas en los programas de producción y multiplicación de tubérculos-semillas de categoría certificada. Además, el país podría competir más favorablemente frente a países del hemisferio norte, donde sólo es posible una multiplicación al año. Con este sistema de multiplicación, los productores podrían disponer de tubérculos-semillas apropiados para la plantación en las épocas de primavera y otoño, que abarcan en conjunto más de 80% del área. Incluso, los productores ubicados en zonas bien aisladas, si aplican técnicas apropiadas, pueden lograr dos o más multiplicaciones, sin merma sensible en el rendimiento. En este trabajo se describen los métodos de selección y evaluación utilizados para obtener cultivares adaptados a este esquema de multiplicación y resultados obtenidos.

SITUACION

El esquema anual de producción tradicional en Uruguay se inicia con la plantación del cultivo de otoño (40% del área) en enero-febrero, con tubérculo-semilla de categoría certificada proveniente del exterior. La zona Sur del país donde existe concentración y superposición de cultivos concentra en grado excesivo la proporción más importante de esta clase de semilla. Este cultivo se cosecha en mayo-junio, y se utiliza para abastecer al consumo durante el invierno y como tubérculo-semilla para el cultivo siguiente. Este se realiza en su mayor proporción en primavera, setiembre-octubre (50% del área), con cosecha en diciembre-enero. Otros cultivos son el de invierno con cosecha en octubre y el de verano, cosechado en marzo (ambos inferiores a 10% del área). Hay evidencias de que la zona y época en que se realiza esta multiplicación son las más inapropiadas entre las alternativas posibles. La consecuencia, es la alta incidencia de enfermedades debidas a virus, que reducen los rendimientos en cerca de 50% en primavera (Crisci y Vilaró, 1983).

[Previous Page](#) [Blank](#)

La curva anual de precios de la papa alcanza el nivel más bajo en diciembre-enero, y coincide con el mayor volumen de la cosecha del cultivo de primavera. El punto más alto de curva de precios es alcanzado al final de la conservación natural del cultivo de otoño, en octubre. Las variaciones de precios en y entre años de cerca de 50% son una limitante de importancia para el mejoramiento tecnológico del cultivo de papa y explican, en parte, la concentración del cultivo en manos de un bajo número de productores localizados en un área particular. Esta situación está muy relacionada con depender de tubérculos-semillas importados del hemisferio norte, y con el tipo de ciclo productivo y reposo de los tubérculos del cultivar más difundido, Kennebec, que ocupa 85% del área plantada.

El período de plantación del cultivo de papa posible en el país es muy dilatado, llegando a abarcar en alguna zona, como el sur de San José, nueve meses al año, con cultivos en las cuatro estaciones. En el noreste, por el contrario, el período favorable de crecimiento disponible es relativamente corto, alrededor de tres meses, en las épocas de otoño y primavera (Vilaró et al., 1983). Esta y otras áreas fuera de las tradicionales y distantes del principal mercado consumidor, son bastante marginales en su contribución a la producción de papa comercial, pese a tener características apropiadas para altos rendimientos de muy buena calidad.

En 1976 se comenzó un programa de multiplicación de tubérculo-semilla para aumentar el número de multiplicaciones, en el país, del tubérculo-semilla de categoría certificada, importado. Al presente se ha constatado que las áreas marginales poseen muy buena aptitud semillera por su aislamiento natural. Con las características de ciclo y período de reposo largos, que tienen los cultivares actualmente en uso, no se cuenta con semilla del cultivo de primavera en buen estado de brotación para las plantaciones de otoño. Normalmente, el período entre cosecha del cultivo de primavera y plantación del cultivo siguiente es de sólo dos meses. Esto condiciona al país a ser anualmente dependiente de tubérculo-semilla importado para plantar en el otoño.

RESULTADOS Y PERSPECTIVAS

A partir de 1979 se estableció en la línea de trabajo de introducción de cultivares extranjeros, la evaluación de cultivares con suficiente precocidad y reposo corto que posibiliten el doble cultivo anual continuado, con buenos rendimientos. Estos objetivos se mantienen desde 1983, cuando se iniciaron los trabajos de selección a partir de materiales del CIP.

La Tabla 1 resume seis años de evaluación y más de 15 ensayos en distintas áreas del país. La semilla para los ensayos de primavera provino de una misma zona (noreste) y recibió un mismo tipo de manejo. Sin embargo, en otoño existen diferencias de origen entre los testigos (Kennebec y Red Pontiac) y el resto. Los primeros provienen del hemisferio norte, como es tradicional, mientras que los otros cultivares son obtenidos a partir de cultivos de la primavera anterior simulando la alternativa de multiplicación continuada que se mencionó al comienzo. Del análisis de la Tabla 1 surge que el rendimiento en el cultivo de otoño no presenta diferencias muy marcadas entre cultivares de uso tradicional y otros recomendados, no obstante haber sido multiplicados en dos oportunidades anteriores en el país. En el cultivo de primavera, con cosecha a los 90 días,

sin embargo, se aprecian mejores rendimientos de los cultivares precoces particularmente en comparación con Kennebec (semitardía). La explicación de este comportamiento diferencial está en la distinta reacción a condiciones de termofotoperíodo de los cultivares precoces en primavera. Este tipo de cultivares se comporta como más insensible a estas condiciones y ello explica su importancia para el país. En consecuencia, el resultado del ciclo global anual favorece a los cultivares precoces y los que, además, presentan reposo corto, y permiten obtener dos multiplicaciones al año.

Tabla 1. Rendimiento promedio de cultivares tradicionales y recomendados, 1980-86 (t/ha)

Cultivar	Otoño	Primavera	Total anual
Favorita	21,2	24,7	45,9
Nishiyutaka	24,4	24,3	48,7
Norland	23,1	21,7	44,8
Dejima	20,5	21,2	41,7
Tobique	18,6	21,0	39,6
Red Pontiac	21,4	22,8	44,2
Kennebec	21,0	15,3	36,3

Los cultivares extranjeros recomendados actualmente para la multiplicación continuada presentan algunos inconvenientes, no obstante haber alcanzado cierta difusión. Estos cultivares son susceptibles a enfermedades degenerativas, particularmente al PLRV; son moderada o altamente susceptibles a ambos tizones, particularmente tizón temprano, o a pudriciones blandas. Por último, dos de ellos (Dejima y Nishiyutaka) presentan un período de reposo suficientemente corto. Finalmente, Nishiyutaka, el cultivar que parece más promisorio, presenta alta susceptibilidad a la *Sar 1* común. Por estas consideraciones, se justifica la introducción de familias de tubérculos, iniciada en 1983, a partir de cruzamientos realizados por el Centro Internacional de la Papa.

Al presente, de casi 6 000 genotipos evaluados, quedan cerca de 20 clones relativamente precoces y cuyos tubérculos poseen un corto período de reposo. Entre éstos, solamente seis tendrían, además, características de buen aspecto comercial y resistencia a virus. Dos de éstos fueron incluidos en ensayos comparativos regionales a partir de 1986. En un ensayo regional en la primavera de ese año, en el noreste (Tacuarembó), los rendimientos de estos clones se compararon satisfactoriamente con los de los principales cultivares comerciales: Favorita (27,7 t/ha), 381371.81 (24,3 t/ha), Norland (23,3 t/ha), Nishiyutaka (21,7 t/ha), 382284.16 (18,8 t/ha), Kennebec (17,5 t/ha). Asimismo, en el otoño siguiente fueron superados por tres cultivares solamente, incluyendo a Kennebec proveniente de importación (Tabla 2). Entre los clones utilizados para cruzamientos, obtenidos del CIP, destacan por producir progenies suficientemente precoces y de reposo corto: LT-8, 3379701.33, 377964.5 y 7XY.1.

Tabla 2. Ensayo regional de cultivares precoces. Rendimiento y clasificación; otoño 1987. Noreste (Tacuarembó)

Cultivar	Rendimiento (t/ha)		Relación (%) Consumo/comercial
	Comercial	Consumo	
Nishiyutaka	32,6	24,7	76
Kennebec (importado)	26,6	22,1	83
Norin No. 1	24,3	17,9	74
Red Pontiac (importado)	20,6	12,3	60
Favorita	20,3	14,9	73
Norland	20,0	13,8	69
382284.16	19,6	15,2	77
381371.81	18,7	12,8	68
T-13	18,7	15,6	83
S-2	17,7	11,4	64
Unzen	14,8	10,8	73
Promedio	21,3	15,6	73
DMS (P < 0,05%)	5,4	4,7	---

Finalmente, el último desarrollo comprende la realización de cruzamientos en el país con el propósito de combinar, en algún clon, las características agronómicas favorables y las de resistencia a enfermedades, a partir de materiales de diverso origen, introducidos en este período, incluyendo aquellos seleccionados localmente que resulten promisorios.

CONCLUSIONES

Con diferentes cultivares a los actuales, prácticas de manejo como la plantación y cosecha tempranas del cultivo anterior, y otras medidas tendientes a acelerar la iniciación de los tubérculos, sería posible obtener a partir de cultivos de primavera, tubérculos-semillas con buen potencial de rendimiento para su plantación en el cultivo del otoño siguiente. Asimismo, estos cultivares precoces y de rápida emergencia, permiten un mejor aprovechamiento de la estación de crecimiento en primavera, mediante rendimientos superiores en cosechas anticipadas, accediendo a mejores precios de mercado y con posibilidades de mejor conservación para su uso como tubérculos-semilla. Con el uso de estos cultivares es posible reducir la incidencia de la variabilidad climática en los rendimientos y en la calidad de cosecha del cultivo de primavera.

El noreste del país aparece como una de las zonas más indicadas para llevar a la práctica la producción de tubérculos-semillas en un esquema de producción continuada. Esto se justifica por las condiciones ecológicas favorables para cultivos de papa de primavera y otoño y por poseer la más extensa área posible del cultivo con muy buenas condiciones de aislamiento natural. La conservación de los tubérculos cosechados en épocas de temperatura bastante elevada, con incidencia de enfermedades debidas a Fusarium spp. y Erwinia spp. principalmente (que favorecen pudriciones durante el almacenamiento) destacan la importancia de cosechar el cultivo de primavera en forma anticipada, y de manejar la papa con cuidado durante la cosecha y el almacenamiento.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- CRISCI, C.; VILARO, F. 1983. Virus y agentes relacionados en cultivos de papa del Uruguay. Centro de Investigaciones Agrícolas "Alberto Boerger", Investigaciones Agronómicas 4:59-61.
- VILARO, F.; CRISCI, C.; GILSANZ, J.C. 1983. Importancia de los cultivares de papa precoces y corta dormancia para el Uruguay. Centro de Investigaciones Agrícolas "Alberto Boerger", Investigaciones Agronómicas. 4:28-31.

Mejoramiento de Poblaciones y Obtención de Variedades Precoces y de Reposo Corto en el Programa Argentino de Papa

NESTOR ZAMUDIO, MARCELO A. HUARTE y E. ROJAS

Respectivamente, Estudiante Graduado, Investigador de la Estación Experimental Agroindustrial "Obispo Colombes"-Tucumán (EEAOC); Responsable de Mejoramiento Genético, Estación Experimental Agropecuaria-Balcarce (INTA), y Jefe de la Sección de Horticultura, EEAOC.

INTRODUCCION

El mejoramiento de papa en Argentina se inició en 1940, en la que es actualmente la Estación Experimental Agropecuaria INTA Balcarce.

Las variedades obtenidas por este plan de mejoramiento, de gran adaptación y rusticidad, tuvieron amplia difusión en la región Sudeste de la Provincia de Buenos Aires por su alto rendimiento en esta zona.

La variedad Huinkul MAG, obtenida por este plan de mejoramiento en 1948, llegó a ocupar 80% de la superficie cultivada en el país. Serrana INTA, de reciente creación, ocupa actualmente el cuarto lugar y está en proceso de expansión por su resistencia a virosis, y su alto rendimiento. El programa produjo también numerosas variedades que no tuvieron difusión en el país por diversos factores (Huarte et al., 1984).

Otro programa de mejoramiento es el que se lleva a cabo en la Chacra Experimental de Miramar, dependiente del Ministerio de Asuntos Agrarios de la Provincia de Buenos Aires, creadora de la variedad Bonaerense La Ballenera, también adaptada a las condiciones de la región Sudeste.

Debido a su largo período de reposo y ciclo tardío, estas variedades no tuvieron mayor aceptación en áreas de producción temprana y de doble cosecha, donde se siguió utilizando variedades extranjeras de ciclo corto o medio, como White Rose, Kennebec, Spunta, etc.

La producción de tubérculos-semillas de papa en los valles andinos, fue iniciada por la Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombes (EEAOC) en 1970, mediante los estudios que se llevaron a cabo en Tafi del Valle, donde se lograron resultados que permitieron la habilitación de esta zona para la producción de tubérculos-semillas de categoría "fiscalizada", habiendo sido la precursora del establecimiento de otras zonas productoras de este insumo en el país.

La necesidad de contar con variedades precoces y de reposo corto ha sido puesta de manifiesto en numerosas oportunidades por los productores y técnicos de nuestro país, Uruguay, Brasil y Paraguay. Se considera de gran utilidad el aprovechamiento de los recursos antes mencionados, es decir, la provisión de material proveniente de cruzamientos efectuados en Balcarce, la posibilidad de seleccionar en una zona de producción temprana y la capacidad de producción de tubérculos-semillas en Tafi del Valle.

Las variedades extranjeras de ciclo corto, que ocupan actualmente más de 50% de la superficie cultivada en Argentina, podrían llegar a ser reemplazadas por variedades nacionales de características superiores y adaptadas al medio. Esta hipótesis se hace extensiva a Uruguay, Brasil, Paraguay y a otros países de Latinoamérica.

METODOLOGIA

La obtención de variedades precoces y de reposo corto se realizará junto con la selección recurrente para la mejora de poblaciones experimentales. Simultáneamente, se irá produciendo tubérculos-semillas de los materiales seleccionados.

En octubre se plantarán en Tafi del Valle familias de tubérculos del primer año, producidas en la EEA Balcarce el año anterior. En esta área semillera de altura, de plantación primaveral, se conservarán y multiplicarán los materiales seleccionados por precocidad y reposo corto en la EEAOC.

En Tafi del Valle sólo se efectuarán selecciones muy ligeras respecto a caracteres agronómicos para no reducir la variabilidad genética en los caracteres que tienen prioridad de selección.

Los materiales seleccionados en la EEAOC, no pueden ser mantenidos sanitariamente bajo las mismas condiciones en que se efectúa la selección, por ello es necesario contar con duplicados del material en el área semillera.

En el primer ciclo se efectuará en Balcarce un entrecruzamiento entre los clones sobrevivientes en Tafi del Valle que no recibieron selección alguna por precocidad y reposo corto. A partir de esta población base, se espera contar con una muestra amplia de los genotipos emergentes de la recombinación y rotura de ligamentos.

En el primer ciclo se entrecruzarán también aquellos materiales que recibieron una primera selección por precocidad y reposo corto en la EEAOC.

Algunos clones selectos, que no reúnan las características de precocidad y reposo buscadas, podrán ser reservados para el desarrollo de variedades seleccionadas en áreas de altura para zonas de cultivo de primavera.

En el segundo año se iniciará un primer ciclo de selección con un nuevo grupo de familias de un bajo grado de parentesco con el grupo inicial.

En el tercer año comenzará el segundo ciclo de selección para los materiales introducidos en la primera campaña.

Se efectuarán tres ciclos de selección recurrente simple en cada población, al cabo de los cuales se evaluará el progreso genético alcanzado.

Para el material seleccionado proveniente de los ciclos de selección recurrente se continuará su multiplicación en Tafi del Valle, con parcelas de selección en la EEAOOC para la evaluación de las demás características agronómicas, con miras a la obtención de nuevas variedades.

Este proceso se repetirá anualmente, inclusive después de terminados los trabajos de mejoramiento de poblaciones. El desarrollo de variedades contará con las evaluaciones correspondientes en su etapa más avanzada por medio de ensayos comparativos de rendimiento, en diversas áreas del país y de los países interesados.

La conducción simultánea de un programa de producción de tubérculos-semillas de alta sanidad en Tafi del Valle, conforme a la tecnología expuesta en el proyecto, es un enfoque original que permitirá disponer de adecuadas cantidades de tubérculos-semillas de las nuevas variedades, seleccionadas en un ámbito donde es difícil mantener la sanidad debido al alto grado de infestación con enfermedades debidas a virus, como es el área de la EEAOOC.

Los materiales obtenidos serán difundidos para el cultivo comercial luego de su inscripción en el organismo oficial respectivo de los países donde sean adaptados los nuevos cultivares. De acuerdo con las formas de obtención del material y de la conducción de la selección y multiplicación (la primera en la EEA Balcarce y la segunda en la EEAOOC), los cultivares serán de copropiedad de la EEAOOC y el INTA conforme a un convenio entre ambas Instituciones. Asimismo, la autoría de las creaciones fitogenéticas quedará limitada a los responsables y colaboradores directos de este proyecto.

Los materiales promisorios serán evaluados con la participación del CIP, miembros de PROCIPA y de otras entidades y por los miembros de la Red Nacional de Papa, ya sea por medio de los convenios existentes o de nuevos convenios interinstitucionales.

En la Figura 1 se destaca el esquema de evaluación usado en el mejoramiento para rendimiento precoz y reposo corto.

ESTIMACION DE LA VARIABILIDAD GENETICA PARA PRECOCIDAD Y REPOSO CORTO

La población en estudio comprendió 260 clones de 26 familias de cruzamientos realizados en la EEA INTA Balcarce.

La plantación de los clones se realizó en el campo experimental de la EEAOOC-Tucumán, en dos fechas, 1º y 22 de julio de 1986 en un diseño de bloques al azar con tres repeticiones.

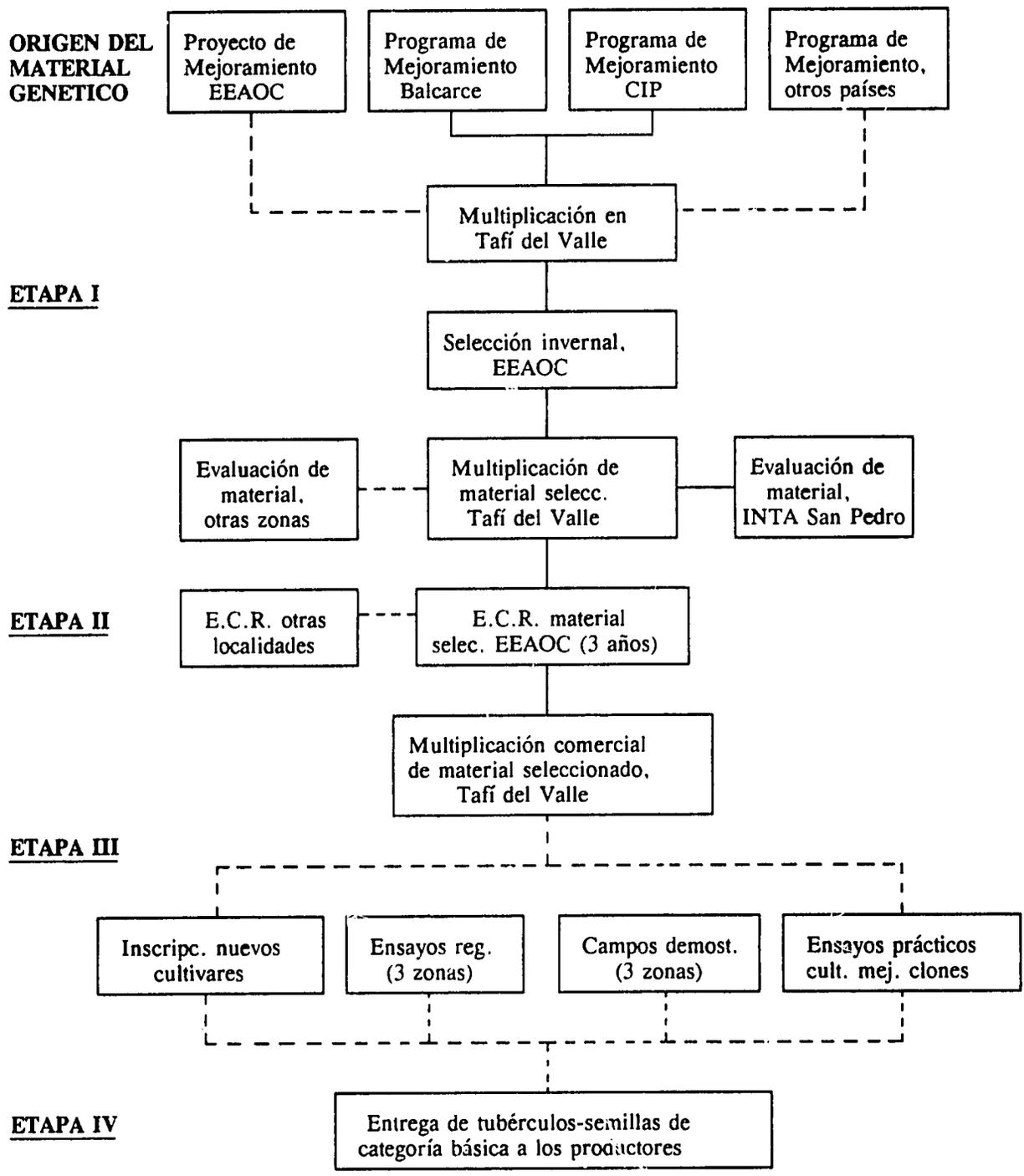


Figura 1. Esquema de evaluación usado en el mejoramiento para rendimiento y reposo corto.

A los 90 días de ciclo se cortó el follaje y se tomaron datos de peso y número de tubérculos por planta.

Las heredabilidades en sentido amplio entre familias y clones dentro de familias, estimadas por el método de componentes de varianza sobre media de familias fueron: 0.72; 0,74 y 0,78 y 0.84 para peso y número de tubérculos por planta respectivamente. La partición de la varianza genética de familias indicó que las estimaciones están compuestas en su totalidad por varianza de efectos de dominancia. La heredabilidad en sentido estricto no se estimó por carecer de varianza aditiva. Las heredabilidades en sentido amplio, entre familias y clones dentro de familias para el carácter aspecto de tubérculos fueron 0.47 y 0.59 respectivamente.

Los resultados indican que el rendimiento precoz está muy afectado por efectos no aditivos. Esto coincide con conclusiones de Sanford (1979) al comprobar la pérdida de peso promedio de tubérculos en F1 y C1 de una población de papa tetraploide con apareamiento aleatorio sin selección, sugiriendo que la causa principal es la pérdida de las interacciones inter e intralélicas.

Los coeficientes 0.38 y 0.26 de variación genética para peso y número de tubérculos por planta de indican la mayor probabilidad de respuesta a la selección para el primer carácter ya que los valores se encuentran más cerca de la media. Esto concuerda con Mariotti (1970), quien concluye, para caña de azúcar, que dos caracteres con igual heredabilidad reaccionan diferentemente a la selección, dependiendo de los valores del coeficiente de variación genética.

Los grados de asociación simple fenotípico, genotípico y ambiental entre peso de tubérculos por planta y aspecto de los mismos se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Coeficientes de correlación simple, fenotípico, genotípico y ambiental entre peso de tubérculos por planta y aspecto de los mismos

	Coeficiente de correlación R entre peso y aspecto de tubérculos
Simple	0,84**
Fenotípico	0,40**
Genotípico	0,21**
Ambiental	-0,56**

**Significativo al 0,01.

La significancia del valor de los coeficientes está sobreestimada porque no se usó una prueba de hipótesis para su determinación por la dificultad de su cálculo (Mode y Robinson, 1959), sino que se usó una tabla de significancia, con los grados de libertad del error como una de sus entradas.

El valor del coeficiente de correlación fenotípico indica buena asociación entre las variables cuando se consideran varianzas genéticas y ambientales. Sin embargo la correlación genotípica es baja, aunque significativa, porque el carácter "aspecto de tubérculos" tiene baja heredabilidad, por lo tanto, el ambiente juega un papel importante.

El valor del coeficiente de correlación simple de Spearman (no paramétrico) se encuentra sobreestimado y pierde confiabilidad al ser comparado con los otros coeficientes de correlación.

El valor negativo y significativo del coeficiente de correlación ambiental, muestra que el ambiente no influye de igual manera sobre los caracteres peso y aspecto de tubérculos. Esto coincide, en parte con una de las conclusiones de Killick (1977), quien establece que los tubérculos de mayor tamaño son más propensos al cuarteado y al ataque de enfermedades que redundan en un mal aspecto del tubérculo. Por lo tanto las mejores condiciones del ambiente que conducen a un máximo peso de tubérculos por planta, no favorecen el mejor aspecto de los mismos.

VELOCIDAD Y UNIFORMIDAD DE LA EMERGENCIA EN EL CAMPO COMO ESTIMACION DEL REPOSO

Las observaciones de emergencia de brotes se realizaron cada tres días. Se consideró el factor de velocidad y uniformidad de emergencia (VUE) como un resultado de la sumatoria del número de días desde la plantación hasta la emergencia de los brotes, más el número de días que demoró en ser uniforme la emergencia en las tres repeticiones.

Los clones que emergieron entre los 20 y 26 días desde la plantación y necesitaron 0 y 6 días para uniformar la emergencia en las tres repeticiones, se consideran los más veloces y uniformes (Figura 2). De la población estudiada el 29,4% (p 0,01) de los clones pertenecen a este grupo.

En las Figuras 3, 4, 5 y 6 puede apreciarse el comportamiento de la población total y los restantes grupos con diferentes velocidades de emergencia.

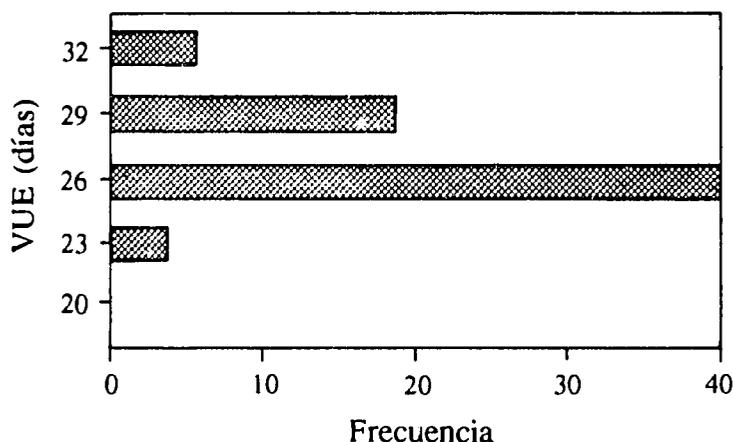


Figura 2. Velocidad y uniformidad de emergencia. Población de clones veloces y uniformes

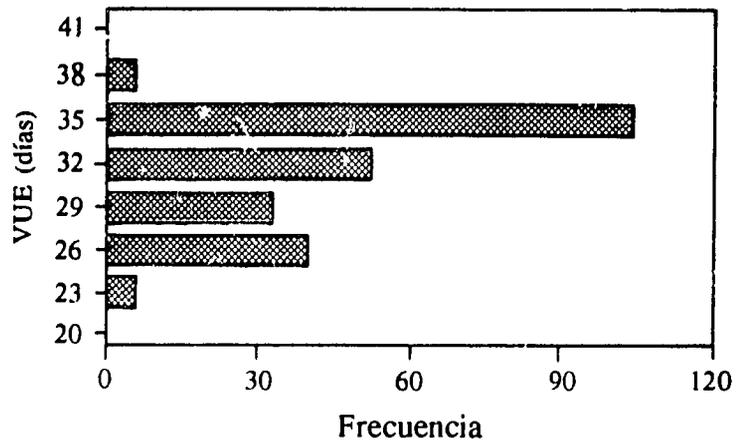


Figura 3. Velocidad y uniformidad de emergencia total de la población

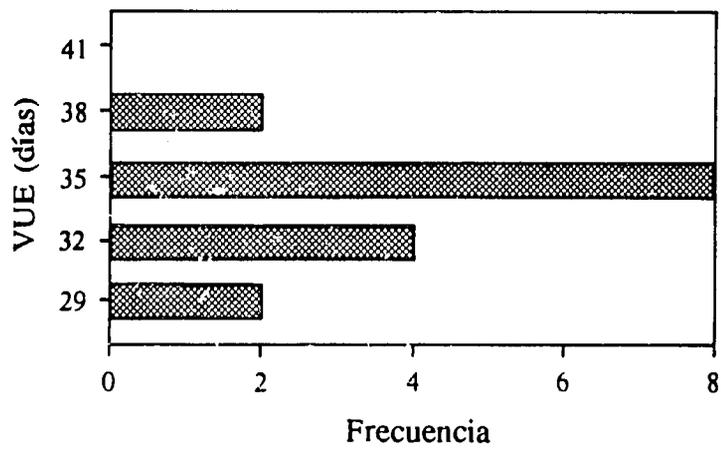


Figura 4. Velocidad y uniformidad de emergencia. Población de clones veloces y desuniformes

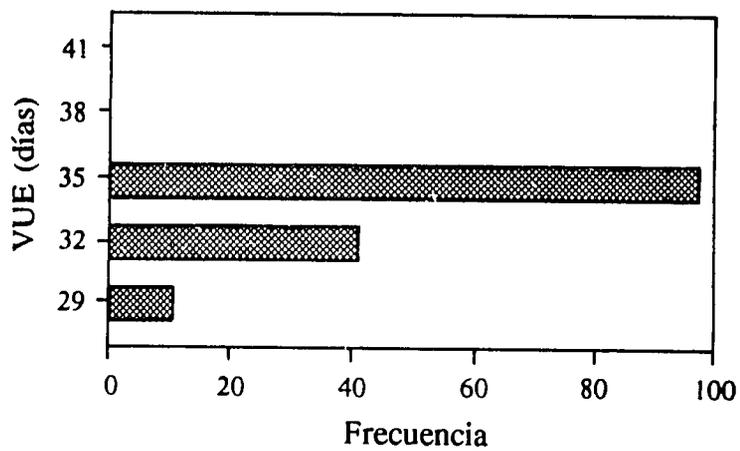


Figura 5. Velocidad y uniformidad de emergencia. Población de clones lentos y uniformes

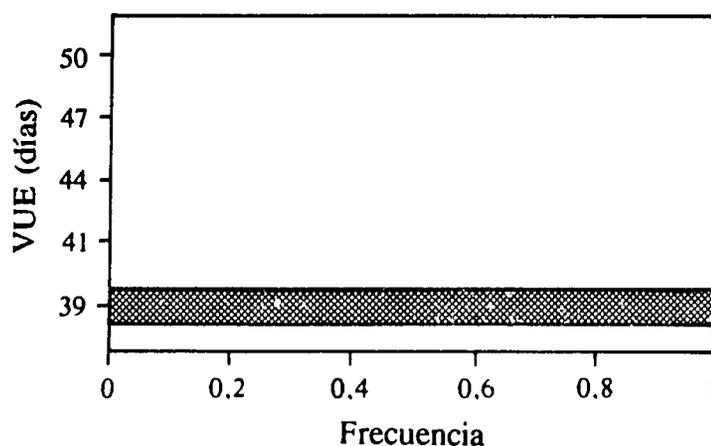


Figura 6. Velocidad y uniformidad de emergencia. Población clones lentos y desuniformes

ANÁLISIS DEL INICIO DE TUBERIZACIÓN EN CLONES SELECCIONADOS

Los clones seleccionados por rendimiento fueron sometidos a diferentes condiciones fotoperiódicas para evaluar el inicio de tuberización, con la técnica desarrollada por Ewing (1978). De los clones bajo estudio, 65,8% ($p < 0.01$) iniciaron la tuberización en condiciones de 20; 18 y 16 horas de luz y fueron considerados precoces y 34,2% ($p < 0.01$) resultaron tardíos en el inicio de la tuberización.

De los clones seleccionados por rendimiento precoz en el campo, 43,8% fueron muy veloces y uniformes en la emergencia y rápidos en el inicio de tuberización. Con esta población se debería continuar la selección, ya que en ella se encuentra la mayor variabilidad para lograr cultivares con óptimas características para una zona temprana.

En la Figura 7 se puede apreciar el comportamiento de los diferentes clones seleccionados considerando rendimiento precoz, velocidad y uniformidad en la emergencia, e inicio de tuberización en esquejes.

MATERIAL SELECCIONADO EN LAS DIFERENTES ETAPAS DEL MEJORAMIENTO PARA PRECOCIDAD Y REPOSO CORTO

En la Tabla 2 se aprecia un resumen del número de clones y familias seleccionadas en el transcurso del Programa de Mejoramiento para precocidad y reposo corto.

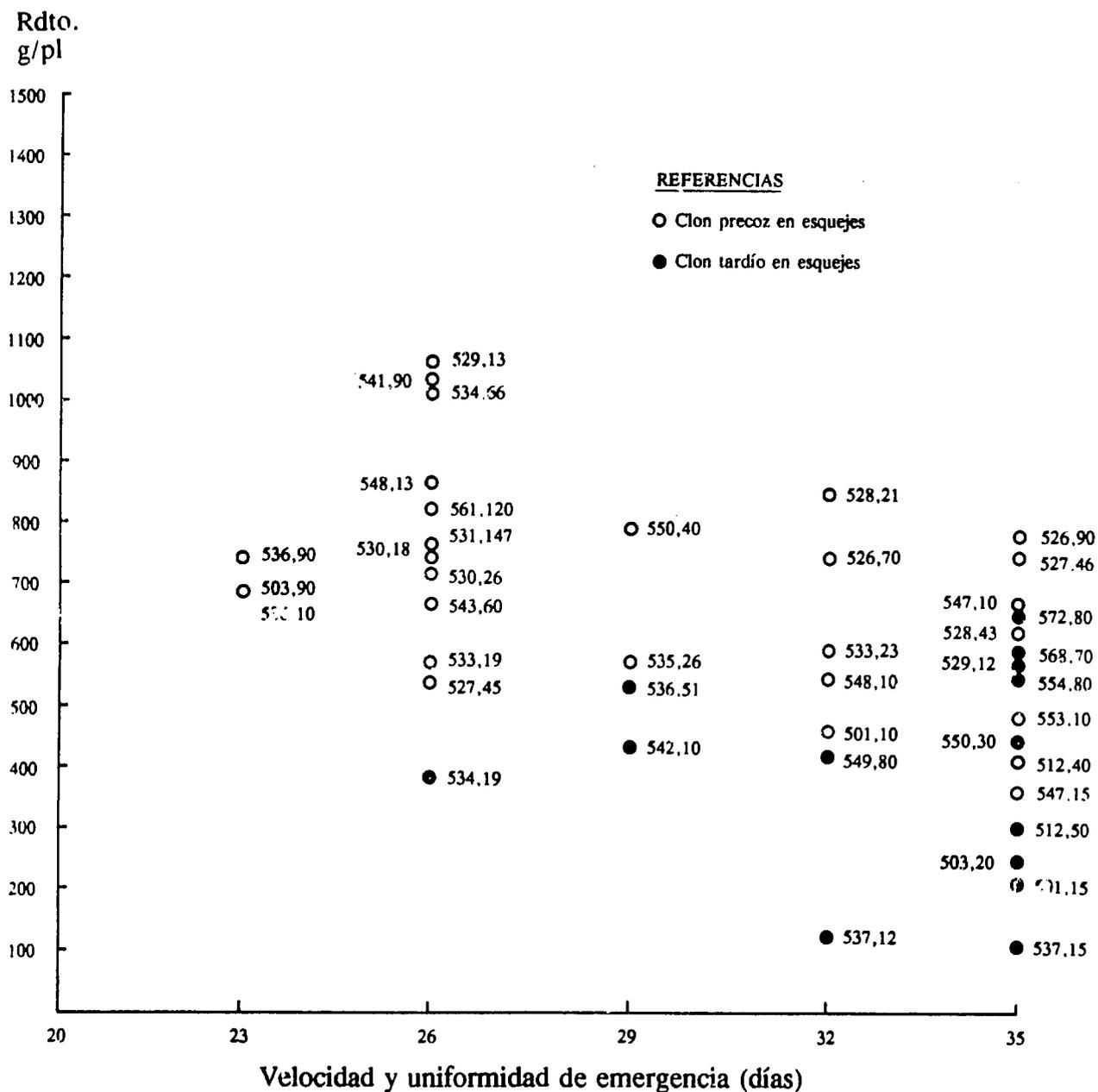


Figura 7. Comportamiento de los diferentes clones seleccionados por rendimiento precoz, considerando velocidad y uniformidad de emergencia e inicio de la tuberización en esquejes

En Tafi del Vaile se usó baja presión de selección, eliminando materiales muy sensibles a virus y Rhizoctonia únicamente.

Tabla 2. Resumen del número de clones y familias sometidos a selección en los diferentes años, ciclos y localidades

Serie	No.	Tafi del Valle	EEAOC	Tafi del Valle	Serie	No.	EEAOC	Tafi del Valle
1984				1984				
(1 ^{er} año/1 ^{er} ciclo de selección)	clones	4 108	1 087	483	(2 ^{do} año/1 ^{er} ciclo de selección)	clones	154	52
	familias	33	32	32		familias	31	25
1985								
(1 ^{er} año/1 ^{er} ciclo de selección)	clones	5 964	3 020	285				
	familias	41	41	41				
1986								
(1 ^{er} año/1 ^{er} ciclo de selección)	clones	2 500						
	familias	23						

En cambio, en la EEAOC la fracción seleccionada fue alrededor de 10% sobre materiales con rendimiento precoz y reposo corto.

Los 52 clones de la Serie 84 del segundo año, que se encuentran actualmente plantados en Tafi del Valle, fueron seleccionados en un diseño experimental por los promedios de rendimiento sobre los testigos Spunta y Jaerla y ofrecen perspectivas promisorias.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- EWING, E.E. 1978. Critical photoperiods for tuberization: A screening technique with potato cuttings. *Am. Potato J.* 55:43-53.
- HUARTE, M.A.; MENDIBURU, A.O.; GARAY, O.A. 1984. Factores que afectan la difusión de cultivares de papa argentina. In: Memorias, XII Reunión ALAP, Paipa, Boyacá, Colombia (1984): 161-169
- KILLICK, R.J. 1977. Genetic Analysis of several traits in potatoes by means of a diallell cross. *Ann. Ap. Biol.* 86:279-289.
- MARIOTTI, J.A. 1970. Estimaciones de "Heredabilidad" en parcelas clonales en cinco poblaciones híbridas de caña de azúcar. *Rev. Agron. N.O. Argentino.* VIII (3-4) 373-389.
- MODE, C.J.; ROBINSON, H.F. 1959. Pleyotropism and the genetic variance and covariance. *Biometrics* 15:518-537.
- SANFORD, L.L. 1979. Effect of random mating on yield and specific gravity in two Solanum tuberosum spp. tuberosum populations. *Am. Potato J.* 56:597-607.

CAPITULO III

Posibilidades del Uso de Metodologías no Convencionales de Mejoramiento Genético de la Papa

Previous Page Blank

Uso de Haploides en el Mejoramiento Genético de la Papa

AMERICO O. MENDIBURU y ELSA L. CAMADRO

Coordinador, Programa de Papa, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), y Profesora Titular, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Mar del Plata, Balcarce, Argentina.

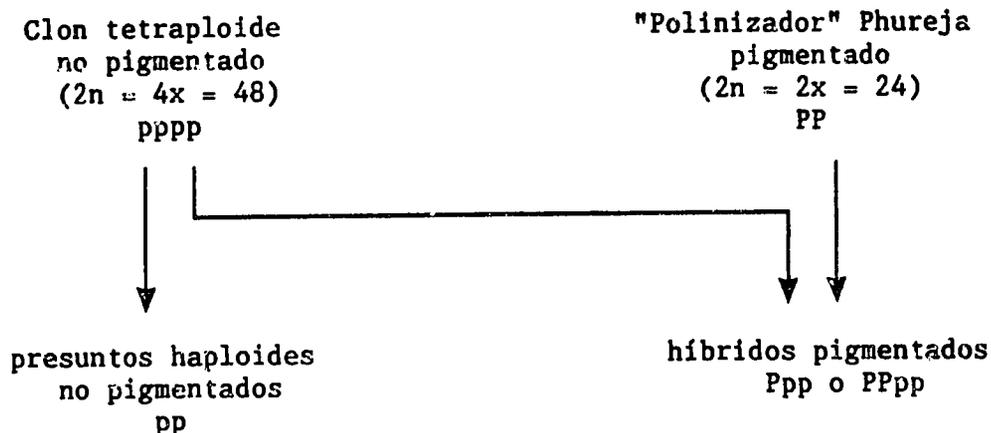
Se utiliza la palabra "haploide" para designar un esporofito con el número gametofítico de cromosomas (o un individuo con el número gamético de cromosomas) sea que se derive de un diploide o de un poliploide. De la papa común, *S. tuberosum* L. ($2n=4x=48$) pueden derivarse haploides por el desarrollo in vivo de la oófera no fertilizada (partenogénesis femenina o ginogénesis) o in vitro de una célula, generalmente vegetativa, del grano de polen (partenogénesis masculina o androgénesis). A su vez, de estos haploides ginogenéticos o androgenéticos pueden obtenerse monoploides ($2n = x = 12$), o sea, individuos con un sólo genómico o juego básico de cromosomas. La palabra "haploide", entonces, hace hincapié en el origen peculiar de estos materiales, que implica una excepción en el curso corriente de la alternación de generaciones al omitirse la fertilización entre la generación gametofítica y la esporofítica.

Si bien los *Solanum* tuberosos forman series euploides con números somáticos de 24, 36, 48, 60 y 72 cromosomas, no menos de las dos terceras partes de las especies son diploides y, por ende, exhiben herencia disómica en contraste con la papa cultivada, que es de herencia tetrasómica. Estas especies albergan gran diversidad genética; sin embargo, la mayoría de ellas no puede ser usada directamente en cruzamientos con los tetraploides cultivados porque el desarrollo del endosperma en la semilla híbrida es anormal.

Por estas circunstancias, se pensó que la extracción de haploides de cultivares de papa sería muy beneficiosa desde el punto de vista del mejoramiento genético, puesto que se dispondría de dos ventajas importantes: a) los haploides se caracterizarían por tener herencia disómica en lugar de tetrasómica, lo cual facilitaría su manipulación genética y b) los haploides, al tener 24 cromosomas, podrían cruzarse fácilmente con las especies diploides, posibilitando de ese modo la transferencia de genes de estas especies a la papa cultivada tetraploide (Hougas y Peloquin, 1959).

Obtención de haploides

Los trabajos realizados en la Universidad de Wisconsin entre 1957 y 1966 por Hougas, Peloquin y colaboradores (ver referencias) fueron fundamentales para explorar las posibilidades que brinda la utilización de haploides de la papa. Ellos se dieron cuenta de que era necesario obtener una gran cantidad de haploides para asegurar un nivel de diversidad genética compatible con las necesidades del mejoramiento genético y diseñaron un eficiente dispositivo para seleccionar haploides ginogenéticos (Hougas et al., 1958):



Los cultivares norteamericanos de papa son casi todos de genotipo $pppp$, vale decir, carecen del gen P , que determina la pigmentación púrpura de los tubérculos, las flores y, lo que es más útil en el contexto de la extracción de haploides, los hipocótilos de las pequeñas plantas. Los haploides ginogenéticos son plantas que no tienen padre, y el esquema de cruzamiento está diseñado de tal forma que no se produce descendencia pigmentada a menos que ocurra la fertilización. Por lo tanto, las plantitas que carecen de pigmentación son presuntamente haploides. Así fue posible tamizar haploides de aparición esporádica entre grandes números de progenie híbrida (Hougas et al., 1958). El método resultó muy eficaz. Luego de algunos años de trabajo se pudieron acumular varios miles de haploides en Wisconsin. Posteriormente, se seleccionaron polinizadores Phureja homocigóticos para los genes dominantes que determinan la producción de una mancha en el embrión de la semilla híbrida (ausente en los haploides potenciales), y que, además, tenían la capacidad de inducir haploides con alta frecuencia (Hermsen y Verdenius, 1973).

Los estudios de los factores que afectan la producción de haploides ginogenéticos pusieron de relieve que existe un fuerte efecto del "polinizador" y de la madre sobre la frecuencia de haploides producidos, y que otros factores tales como para polinización retardada, el nivel nutritivo o la temperatura tiene poco o ningún efecto (Rowe, 1974). Por lo tanto, se logra un mejoramiento muy destacado de la frecuencia de haploidización cuando se utilizan buenos "polinizadores" sobre ciertas madres caracterizadas por su capacidad de generar haploides partenogenéticos. También se demostró que la técnica de la "decapitación", que consiste en realizar las polinizaciones sobre cortes de tallo con inflorescencia colocados en una botella con agua y mantenidos en lugar fresco, mejora notablemente la eficiencia de producción de haploides en comparación con la polinización directa en la planta.

El esquema analítico-sintético de mejoramiento genético de poliploides

Según Chase (1963) el mejoramiento genético de las plantas exige primero el mejoramiento de juegos básicos de cromosomas bajo presión de selección (fase analítica) y consiste, después, en reunir esos genomas mejorados para dar origen a sistemas diploides o poliploides fisiológicamente eficientes (fase sintética). La fase analítica necesita, en general, alguna forma de endocria para estabilizar el genotipo y facilitar la selección. En

este contexto se manifiesta una de las complejidades genéticas propias del nivel tetrasómico: la marcada lentitud de aproximación a la homocigosis por endocria. En la papa y en otros tetraploides tetrasómicos, además, la endocria está acompañada de una fuerte depresión en el vigor y la fertilidad que impide llegar a la homocigosis por sucesivas autofecundaciones o por cruzamientos consanguíneos.

La paradoja haploide

La haploidización representa un medio idóneo para contrarrestar la mayoría de las desventajas de la poliploidía y provee una forma de explorar la variabilidad existente en individuos poliploides. Simplifica la manipulación genética, facilita la transferencia de genes del germoplasma silvestre al germoplasma cultivado y representa un sustituto de la endocria para lograr el mejoramiento de genomas en la fase analítica del programa de mejoramiento genético. La obtención de monoplóides puede llevar el mejoramiento de genomas en esta fase hasta el límite de las posibilidades. Sin embargo, el nivel tetrasómico se considera de mayor potencialidad productiva que el disómico, precisamente porque puede albergar mayor diversidad genética por locus, lo cual genera la posibilidad de promover respuestas heteróticas no alcanzables en el nivel de ploidía inferior (Mendiburu et al., 1974; Mendiburu, 1980). A título de ejemplo consideremos el locus "A" con cuatro alelos (A_1 , A_2 , A_3 , y A_4) (Tabla 1). Para este locus sólo puede existir una interacción de primer grado en el nivel disómico, mientras que en el genotipo tetrasómico $A_1A_2A_3A_4$ existen once interacciones: seis de dos factores, cuatro de tres y una de cuatro. Este genotipo contiene simultáneamente las seis interacciones de primer grado posibles (una a una) en el nivel disómico, además de las de grado superior. Es evidente, entonces, que la haploidía y, más aún, la monoplóidía dejan automáticamente al programa de mejoramiento genético fuera del nivel aceptado como el de mayor potencialidad productiva. Esta paradoja se soluciona cuando se visualiza la utilización de los haploides en el mejoramiento genético de la papa sólo como una herramienta útil, y hasta indispensable, para facilitar la fase analítica, dentro de un contexto más general de manipulación de la variabilidad, la poliploidía y la heterosis (Nitzsche y Wenzel, 1977; Hermsen, 1984a, 1984b; Ross, 1986).

Poliploidización de la papa

Una vez que se ha utilizado la haploidización para encarar la fase analítica del programa de mejoramiento se hace indispensable recurrir al proceso inverso, la poliploidización, para encarar la fase sintética. Este segundo proceso debe reunir no sólo el requisito de aumentar el número de genomas hasta alcanzar la tetraploidía (el grado de ploidía deseado) sino que también debe ser capaz de ensamblar los genomas mejorados de tal manera que se optimice la respuesta heterótica. Si bien la poliploidización se puede lograr por vía sexual, sexual y parasexual, estos caminos tienen muy diferentes consecuencias (Tabla 2).

Tabla 1. Clases de genotipos gaméticos y cigóticos posibles en un locus tetrasómico con cuatro alelos, A₁, A₂, A₃, y A₄

Genotipos Gaméticos	Genotipos Cigóticos				
	Monoalélicos	Dialélicos Desbalanc.	Dialélicos Balanceados	Trialélicos	Tetraalélicos
A ₁ A ₁	A ₁ A ₁ A ₁ A ₁	A ₁ A ₁ A ₁ A ₂	A ₁ A ₁ A ₂ A ₂	A ₁ A ₁ A ₂ A ₃	A ₁ A ₂ A ₃ A ₄
A ₂ A ₂	A ₂ A ₂ A ₂ A ₂	A ₁ A ₂ A ₂ A ₂	A ₁ A ₁ A ₃ A ₃	A ₁ A ₁ A ₂ A ₄	
A ₃ A ₃	A ₃ A ₃ A ₃ A ₃	A ₁ A ₁ A ₁ A ₃	A ₁ A ₁ A ₄ A ₄	A ₁ A ₁ A ₃ A ₄	
A ₄ A ₄	A ₄ A ₄ A ₄ A ₄	A ₁ A ₃ A ₃ A ₃	A ₂ A ₂ A ₃ A ₃	A ₁ A ₂ A ₂ A ₃	
A ₁ A ₂		A ₁ A ₁ A ₁ A ₄	A ₂ A ₂ A ₄ A ₄	A ₁ A ₂ A ₂ A ₄	
A ₁ A ₃		A ₁ A ₄ A ₄ A ₄	A ₃ A ₃ A ₄ A ₄	A ₁ A ₂ A ₃ A ₃	
A ₁ A ₄		A ₂ A ₂ A ₂ A ₃		A ₁ A ₂ A ₄ A ₄	
A ₂ A ₃		A ₂ A ₃ A ₃ A ₃		A ₁ A ₃ A ₃ A ₄	
A ₂ A ₄		A ₂ A ₂ A ₂ A ₄		A ₁ A ₃ A ₄ A ₄	
A ₃ A ₄		A ₂ A ₄ A ₄ A ₄		A ₂ A ₂ A ₃ A ₄	
		A ₃ A ₃ A ₃ A ₄		A ₂ A ₃ A ₃ A ₄	
		A ₃ A ₄ A ₄ A ₄		A ₂ A ₃ A ₄ A ₄	

Tabla 2. Métodos de poliploidización y sus efectos sobre algunas características relevantes de la descendencia (tomado de Mendiburu y Peloquin, 1977a)

La progenie manifiesta:	Método de poliploidización		
	Poliploidización sexual	Hibridación somática	Doblamiento somático de cromosomas
Poliploidía	+	+	+
Heterosis	+	+	-
Variabilidad genética	+	-	-

La poliploidización asexual no tiene la capacidad de capitalizar la heterosis que potencialmente puede brindar un tetraploide, ya que es incapaz de dar lugar a loci trialélicos y tetraalélicos. Así, por ejemplo, el doblamiento de los cromosomas de un individuo A_1A_2 producirá un tetraploide de genotipo $A_1A_1A_2A_2$ que no utiliza gran parte de su capacidad para albergar diversidad genética, sea que dicha capacidad se mida en términos de número de alelos distintos, o de número de interacciones entre alelos diferentes.

La poliploidización sexual es el proceso por el cual se produce descendencia cuyo número de genomios es más alto que el que sería en el supuesto de cada uno de los progenitores aportara la mitad del número de genomios que posee (Mendiburu y Peloquín, 1976). Generalmente, la poliploidización sexual ocurre como consecuencia del fusionamiento en la fertilización de gametos $2n$, vale decir, de gametos que llevan el número no reducido de cromosomas (Hermsen, 1984c., 1984d.; Camadro, 1986). El método de esporogénesis $2n$, que resulta más ventajoso desde el punto de vista del mejoramiento genético, es aquél que se produce como consecuencia de la orientación paralela de los husos de la segunda división meiótica y que es genéticamente equivalente a la restitución de la primera división (RPD). Este método de formación de gametos $2n$ tiene la singular propiedad de conservar poco modificada (o intacta, si se combina con la supresión del apareamiento meiótico o la restricción severa del mismo) la constitución genotípica parental a través del proceso meiótico. Nótese que estos gametos pueden permitir la síntesis de tetraploides por vía sexual a partir de dos genotipos diploides ("tetraploidización sexual bilateral"), mejorados en el nivel disómico durante la fase analítica del programa, sin que sufran mayores modificaciones a través del proceso meiótico. En la suposición de que estos dos genotipos diploides sean dos híbridos heteróticos independientes, de constitución A_1A_2 y A_3A_4 , y que ambos produzcan gametos $2n$ por RPD en sexos diferentes, la unión de dos gametos así formados tendrá la capacidad de sintetizar tetraploides de constitución $A_1A_2A_3A_4$. Una situación más accesible en la práctica, por exigir menor número de especificaciones está representada por la utilización de cultivares tetraploides en cruzamientos con diploides heteróticos no relacionados y que producen gametos $2n$ por RPD en alguno de los sexos ("tetraploidización sexual unilateral").

Todos estos pasos han sido comprobados experimentalmente y se ha confirmado la importancia de la diversidad genética en asociación con la heterosis en tetraploides (Mendiburu y Peloquín, 1977a, 1977b). Ello ha permitido formular un esquema de mejoramiento genético que hace uso de haploides y gametos $2n$ como elementos esenciales (Mendiburu et al., 1974). Más recientemente se han perfeccionado técnicas para la obtención de monoplóides (Van Breukelen et al., 1977; Wenzel et al., 1979) que abren la posibilidad de producción de clones homocigóticos por doblamiento del número básico de cromosomas y, por ende, de perfeccionar la fase analítica de mejoramiento de genomios. Por otra parte, la fusión de protoplastos (poliploidización parasexual) y la subsiguiente regeneración de plantas lleva a la posibilidad de producir individuos con heterocigosis máxima (suma de genotipos diploides). Si bien esta técnica no es accesible para uso corriente, encierra el potencial de perfeccionar el desarrollo de la fase sintética de ensamble de genomios mejorados del programa de mejoramiento genético.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- CAMADRO, E.L. 1986. Los gametos $2n$ en el origen y la evolución de las angiospermas poliploides. *Mendeliana* 7(2): 85-100.
- CHASE, S.S. 1963. Analytic breeding in Solanum tuberosum L. A scheme utilizing parthenotes and other diploid stocks. *Can. J. Genet. Cytol.* 5:359-363.
- GABERT, A.C.; HOUGAS, R.W.; PELOQUIN, S.J. 1962. Haploid frequency in Solanum tuberosum following $4x-2x$ matings: superior "pollinators" and superior seed parents. *American Potato J.* 39:391.
- HERMSEN, J.G.Th. 1984a. Haploids as a tool in breeding polyploids. *Iowa State J. Res.* 58(4):449-460.
- HERMSEN, J.G.Th. 1984b. Nature, evolution, and breeding of polyploids. *Iowa State J. Res.* 58(4):411-420.
- HERMSEN, J.G.Th. 1984c. Mechanisms and genetic implications of $2n$ gamete formation. *Iowa State J. Res.* 58(4):421-434.
- HERMSEN, J.G.Th. 1984d. The potential of meiotic polyploidization in breeding allogamous crops. *Iowa State J. Res.* 58(4):435-448.
- HERMSEN, J.C.Th.; VERDENIUS, J. 1973. Selection from Solanum tuberosum group Phureja of genotypes combining high-frequency haploid induction with homozygosity for embryo spot. *Euphytica* 22:244-259.
- HOUGAS, R.W.; PELOQUIN, S.J. 1957. A haploid plant of the potato variety Katahdin/Nature 180:1209-1210.
- HOUGAS, R.W.; PELOQUIN, S.J. 1958. The potential of potato haploids in breeding and genetic research. *Am. Potato J.* 35:701-707.
- HOUGAS, R.W.; PELOQUIN, S.J. 1959. Hybrids of Solanum tuberosum haploids and the tuber-bearing Solanum species. *Am. Potato J.* 36:296.
- HOUGAS, R.W.; PELOQUIN, S.J. 1960. Initial evidence of the feasibility of potato breeding at the diploid level. *Am. Potato J.* 37:350.
- HOUGAS, R.W.; PELOQUIN, S.J.; ROSS, R.W. 1958. Haploids of the common potato. *J. Heredity* 49:103-106.
- MENDIBURU, A.O. 1980. El mejoramiento genético de la papa en la producción de alimentos. In: *Simp. Bases para una mejor producción de alimentos (3 y 4 noviembre 1977)*. Soc. Cientif. Arg. pp. 77-84.
- MENDIBURU, A.O.; PELOQUIN, S.J. 1976. Sexual polyploidization and depolyploidization: Some terminology and definitions. *Theor. Appl. Genet.* 49:53-61.

- MENDIBURU, A. O.; PELOQUIN, S.J. 1977a. Bilateral sexual polyploidization in potatoes. *Euphytica* 26:573-583.
- MENDIBURU, A.O.; PELOQUIN, S.J. 1977b. The significance of 2n gametes in potato breeding. *Theor. Appl. Genet.* 49:53-61
- MENDIBURU, A.O.; PELOQUIN, S.J.; MOK, D.W.S. 1974. Potato breeding with haploids and 2n gametes. In *Proc. Ist. Int. Symp. Haploids in Higher Plants*. J. J. Kasha, Ed. Univ. of Guelph (1974):249-258.
- NITZSCHE, W.; WENZEL, G. 1977. Haploids in plant breeding. *Adv. in Plant Breed. Suppl.* 8 to *J. of Plant Breed.* (1977):1-101.
- PELOQUIN, S.J.; HOUGAS, R.W. 1958. Fertility of two haploids of Solanum tuberosum. *Science* 128:1340-1341.
- PELOQUIN, S.J.; HOUGAS, R.W. 1959. Haploidy in Solanum tuberosum and in the subspecies andigena. *Am. Potato J.* 36:302.
- PELOQUIN, S.J.; Hougas, R.W. 1960. Genetic variations among haploids of the common potato. *Am. Potato J.* 37:289-297.
- PELOQUIN, S.J.; HOUGAS, R.W. 1961. Hybrids between S. tuberosum haploids and diploid Solanum species. *Agron. Abstracts* 1961:54.
- PELOQUIN, S.J.; HOUGAS, R.W.; GABERT, A.C. 1960. The frequency of haploids in Solanum tuberosum. *Am. Potato J.* 37:350.
- PELOQUIN, S.J.; HOUGAS, R.W.; GABERT, A.C. 1966. Haploidy as a new approach to cytogenetics and breeding of Solanum tuberosum. In: *Chromosome manipulations and Plant Genetics*. Eds. R. Riley y K.R. Lewis, Oliver & Boyd, Edinburgh.
- ROSS, H. 1986. Potato breeding problems and perspectives. *Adv. in Plant Breed. Suppl.* 13 to *J. Plant Breed.* (1986):1-132.
- ROSS, R.W.; PELOQUIN, S.J.; HOUGAS, R.W. 1962. Fertility of diploid hybrids from S. phureja-haploid S. tuberosum matings. *Am. Potato J.* 39:395.
- ROWE, P.R. 1974. Methods of producing haploids: parthenogenesis following interspecific hybridization. In: *Proc. Ist. Int. Symp. Haploids in Higher plants*. J.J. Kasha, ed., Univ. of Guelph (1974):249-258.
- VAN BREUKELLEN, E.W.M.; RAMANNA, M.S.; HERMSEN, J.G.T. 1977. Parthenogenetic monohaploids ($2n = x = 12$) from Solanum tuberosum L. and S. verrucosum Schl. and the production of homozygous potato diploids. *Euphytica* 26:263-272.
- WENZEL, G.O.; SCHIEDER, O.; PRZEWOZNY, T.; SOPORY, S.K.; MELCHERS, G. 1979. Comparison of single cell culture derived Solanum tuberosum L. plants and a model for their application in breeding programs. *Theor. Appl. Gen.* 55:49-55.

Biotecnologías e Ingeniería Genética y su Aplicación en Papa

ALBERTO G. CUBILLOS

Ing. Agr., Ph.D. Director, Area de Producción Vegetal, Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Santiago, Chile.

INTRODUCCION

El mejoramiento genético de plantas se define como el conjunto de operaciones que partiendo de un grupo de individuos cuyas cualidades no se encuentran en la condición requerida, permite obtener otro grupo capaz de reproducirse, que se denomina cultivar y que constituye un progreso en algunas características, como un medio para satisfacer, cada vez en mejor forma, las necesidades de la humanidad (Rives, 1983).

En este sentido, las biotecnologías, incluyendo la ingeniería genética, no tienen un objetivo distinto al del mejoramiento genético convencional, y constituyen un eficiente complemento de éstos (Phillips, 1985). Su condición diferente radica en la forma de alcanzar estos objetivos al aplicar técnicas bioquímicas, de cultivo celular, de tejidos y de biología molecular a problemas para los cuales los métodos convencionales no ofrecen soluciones efectivas o eficientes (Khush y Virmani, 1985).

El presente trabajo constituye una revisión de biotecnologías utilizadas en diversas etapas del mejoramiento genético de plantas con el fin de proporcionar un marco de discusión para su aplicación en el de la papa. Su condición de invenciones nuevas, hace que estas tecnologías tiendan a provocar un cambio de actitud frente a los objetivos primarios del fitomejoramiento. Por esta razón, también se tratará de presentar algunas de las consecuencias, que se estima que puedan afectar el futuro de los programas de mejoramiento genético de plantas.

BIOTECNOLOGIAS QUE SE PUEDEN EMPLEAR EN EL MEJORAMIENTO GENETICO

Creación de variabilidad genética

Los mejoradores de plantas consumen gran parte de sus esfuerzos en generar variabilidad genética en base a cultivares primitivos. En la actualidad esta fuente de variación se encuentra genéticamente erosionada y sometida a un progresivo proceso de apropiación mediante patentes. El desarrollo de numerosas técnicas in vitro ofrece al mejorador nuevas alternativas para la creación de variabilidad genética.

Cruzamientos amplios

Los cruzamientos amplios interespecíficos, intergenéricos e, incluso, interfamiliares han sido usados extensamente en el mejoramiento de plantas con el fin de generar nuevos alopoliploides e incorporar genes deseables de materiales primitivos a plantas cultivadas, incluyendo la papa. Estos esfuerzos están frecuentemente limitados por barreras debidas a problemas de polinización, fertilización o embriogénesis.

Se han desarrollado diversas técnicas in vitro para superar estos obstáculos. Algunas pertenecen al campo del cultivo de células o tejidos: cultivo de embriones y óvulos (Raghavan, 1985); polinización y fertilización in vitro (Moore y Collins, 1983); hibridación somática (Cocking, 1985); y creación in vitro de líneas de sustitución y adición (Moore y Collins, 1983).

Otras son del campo de la ingeniería genética: utilización de vectores como los plasmidios de Agrobacterium tumefaciens y A. rhizogenes (Gerlach et al.; Vaeck et al., 1987), el Virus del Mosaico de la Coliflor (Bevan, 1981), y las cápsulas fusogénicas del Virus Sendai (SV) (Salts et al., 1986); la transformación directa de plantas con ADN; la microinyección del mismo (Gerlach et al., 1985; Hall y Kemp, 1981); transformación de plantas por microinyección de cromosomas u organelos (Griesbach, 1985; Salts et al., 1986); y aislamiento de genes (Gerlach et al., 1985).

Lo normal es que se empleen secuencias de estas técnicas para lograr las transformaciones deseadas.

Manipulación del nivel de ploidía

Los niveles de auto y alopoliploidía son frecuentes en las especies cultivadas y sus parientes silvestres. Tal es el caso de los géneros Solanum, Triticum, Nicotiana, Vaccinium, etc. El uso de la alopoliploidía tiene valor desde el punto de vista del mejoramiento genético, porque produce vigor vegetativo, hibridismo permanente y posibilita nuevas combinaciones de caracteres. De otra parte, las diferencias de ploidía dificultan el cruzamiento entre especies cultivadas y sus parientes silvestres. Las técnicas empleadas en este caso son: desarrollo de haploides a partir de cultivo de anteras (Wenzel et al., 1985); y el cultivo de tejidos y células (Moore y Collins, 1983).

Inducción in vitro de mutaciones de punto y estructurales

El cultivo de células expuestas a agentes mutagénicos en medios que posean agentes seleccionadores eficientes ha sido utilizado en numerosas especies como una técnica de obtención de mutantes (Maliga, 1985; Moore y Collins, 1983). También se han empleado suspensiones de protoplastos aislados para obtener variantes mutagénicas in vitro (Maliga, 1985).

Las plantas que se regeneran después de un período prolongado de cultivo de tejido, especialmente si éste pasa por la etapa de callo indiferenciado, sufren anomalías cromosomales como intercambios recíprocos y no recíprocos, inversiones, duplicaciones y

pérdida parcial de cromosomas que, en general, se conocen como impacto genómico (Scowcroft et al., 1985) y originan poliploidia, aneuploidia, y otros cambios estructurales (Phillips, 1985). La variación somaclonal está siendo utilizada en forma creciente en los programas modernos, pero la técnica presenta una serie de incógnitas (Moore y Collins, 1983).

Producción de líneas isogénicas por obtención de haploides y duplicación cromosomal

Un grado efectivo de homocigosidad se logra en la mayoría de los programas de mejoramiento sólo después de 6 a 7 generaciones. Este tiempo puede reducirse en una o dos si se utilizan haploides, seguido de una duplicación de cromosomas (Simmonds, 1979). El método más simple de obtener haploides es el cultivo de anteras o gránulos de polen in vitro.

Expresión de la variación creada o incorporada

Regeneración de plantas a partir de células somáticas. Las técnicas anteriormente expuestas exigen métodos eficientes para regenerar plantas. Esta regeneración se puede lograr mediante la formación de yemas supernumerarias axilares o adventicias como consecuencia de una organización de novo de meristemas caulinares o radicales a partir de tejidos de callos, o por embriogénesis somática (Brar et al., 1985). En general, ambas técnicas son poco eficientes, lo que constituye uno de los principales cuellos de botella para la aplicación de las biotecnologías en el mejoramiento genético de plantas.

El problema radica en que, si bien toda célula posee capacidad totipotencial, sólo algunas pocas están en condición de expresarla (Murashige y Li-Chun, 1985). Estas células se denominan meristemoides. Los factores determinantes para tener éxito en la regeneración son la elección y preparación de la explanta, la continua selección in vitro de meristemoides, y el adecuado control de los medios de cultivo y de las condiciones ambientales.

Expresión del ADN incorporado. La incorporación exitosa de un ADN foráneo en una célula no significa necesariamente que ésta ha sido transformada. El ADN debe expresarse tanto en la célula, como también en el individuo (Ezzell, 1987). La expresión fenotípica de la planta dependerá no sólo de la información del nuevo ADN insertado, sino también de la forma en que éste será organizado y controlado (Bliss, 1984). En la actualidad se sabe muy poco sobre las bases moleculares que controlan la expresión de los genes y su relación con las secuencias de ADN en plantas.

La aplicación de las técnicas de ingeniería genética al mejoramiento de plantas tiene también limitaciones, debidas a que muchos caracteres de importancia económica se heredan en forma cuantitativa y la expresión de un gene cualquiera depende de su interacción con otros genes. Existen evidencias que indican, sin embargo, que caracteres cuantitativos aparentemente muy complejos son controlados genéticamente por uno o pocos genes.

Integración del ADN en el genoma. El ADN nuevo debe, además, integrarse al ADN de la planta transformada logrando ser heredado en forma predecible. Esto significa que el primero debe ser incorporado con los elementos de control adecuados.

Caracterización y selección de variabilidad deseada

En los programas de fitomejoramiento genético es esencial la identificación y selección exacta de los caracteres de interés. Las biotecnologías permiten realizar algunos de estos procesos en diversas etapas del mejoramiento utilizando los sistemas isoenzimáticos y nucleicos.

Las isoenzimas permiten ser utilizadas como marcadores bioquímicos (Moore y Collins, 1983); para seleccionar la variabilidad en poblaciones de plantas (Zamir et al., 1981); identificar híbridos sexuales y somáticos (Moore y Collins, 1983); mapeo de cromosomas (Tanksley y Rick, 1980); reducir el tiempo de los programas de retrocruzamientos (Tanksley y Rick, 1980) y en la determinación de la estructura genética de poblaciones y su sistema de apareamiento (Brown, 1978).

Los sistemas nucleicos permiten ser utilizados como sondas genéticas (Flavell, 1985); loci reporteros; y para inducir mutagénesis de transposición (Gerlach et al., 1985). Los principales beneficios de estas técnicas moleculares se supone que provendrán de la construcción de mapas de loci RFLP ("restriction fragment length polymorphisms") para caracteres cuantitativos, los que podrían ser utilizados como sondas genéticas para provocar mutantes de inserción en determinados puntos del genoma, y de esta forma, construir bibliotecas de genes cuantitativos de importancia económica (Beckmann y Soller, 1986).

Selección de genotipos avanzados

Las biotecnologías permiten generar, evaluar y seleccionar genotipos deseados en las etapas iniciales de un programa de mejoramiento. Sin embargo, el empleo de éstas para la selección de genotipos promisorios por constelaciones de caracteres agronómicos, como los que deben poseer los nuevos cultivares, no ha sido exitoso (Moore y Collins, 1983).

Las informaciones sobre correlación entre el comportamiento de un mismo genotipo in vitro e in vivo son escasas y poco concluyentes.

Propagación de cultivares y líneas de mejoramiento

Una propagación rápida y libre de patógenos se hace necesaria en diversas etapas de los procesos de mejoramiento genético de plantas de polinización cruzada, perennes o de reproducción asexual.

Diversas biotecnologías se han aplicado en esta etapa del mejoramiento genético de plantas: cultivo de meristemas para obtención de materiales libres de patógenos; reducción de la latencia de semillas y acortamiento de los ciclos de mejoramiento genético, y regeneración de individuos por embriogénesis somática o, más comúnmente, por iniciación de primordios (organogénesis).

Distribución de cultivares

Las biotecnologías se han empleado en numerosos casos durante el proceso de distribución de cultivares. Se han empleado cultivos in vitro, sistemas isoenzimáticos y sistemas nucleicos.

La multiplicación in vitro a escala comercial de cultivares puede ser empleada para acelerar la entrega de un nuevo genotipo al comercio.

Las isoenzimas se han empleado para determinar la pureza de lotes de semilla (Moore y Collins, 1983); y el patentado y protección de cultivares (Tanksley y Jones, 1981).

Los sistemas nucleicos permiten crear secuencias artificiales de nucleótidos con el fin de emplearlas en el patentado y protección de cultivares (Beckmann y Soller, 1986).

Conservación y distribución de recursos fitogénicos

Conservación de germoplasma en forma vegetativa. Se han utilizado diferentes técnicas in vitro para conservar y distribuir germoplasma por corto plazo en la forma de cultivos de callos, células, meristemas y plantas en medios mínimos o a bajas temperaturas (Withers y Williams, 1985). Sin embargo, la conservación por períodos largos todavía tiene grandes limitaciones en cuanto a especies susceptibles de conservar y calidad de recuperación.

Bibliotecas de genes. La formación de bibliotecas de genes vegetales se fundamenta en los trabajos con procariontes. Estos estudios han permitido, de una parte producir anticuerpos monoclonales a partir de proteínas conocidas, y de otra, producir ADN-c, el que puede ser insertado en un plasmidio apropiado de la bacteria Escherichia coli. Estas bacterias pueden distinguirse inmunológicamente, cultivarse y servir de base para la purificación del gen, formándose, de esta forma, verdaderas bibliotecas de genes.

La utilización de enzimas de restricción y de bacteriófagos apropiados permitirá en el futuro mantener genes intactos en medios de cultivo, tal como sucede en la actualidad con genes bacterianos.

APLICACION DE LAS BIOTECNOLOGIAS AL MEJORAMIENTO GENETICO DE LA PAPA

Consideraciones generales

La papa es una especie en la cual las biotecnologías se han aplicado en forma pionera. Tal es el caso del cultivo de embriones (Haynes, 1954); uso de los patrones isoenzimáticos para caracterizar genotipos; el cultivo de meristemas para obtención de materiales libres de patógenos, y la conservación y distribución de germoplasma in vitro (Schilde-Rentschler y Schmiediche, 1984). Por esta razón, se piensa que las biotecnologías serán aplicadas con éxito a la especie en forma más intensa y rápida que en otras especies.

El mejoramiento genético de plantas ha logrado grandes avances empleando los métodos convencionales. Estos avances no siempre son de naturaleza lineal. El mejoramiento para rendimiento, por ejemplo, se ha logrado en forma de saltos cualitativos,

asociados con la utilización de nuevas fuentes de germoplasma o con nuevas técnicas de mejoramiento (Frey, 1981). Una vez que la nueva tecnología ha sido explotada a fondo, el grado de avance tiende a ser asintótico.

El desarrollo y la disponibilidad de nuevas biotecnologías ofrece un reto a los fitomejoradores de la papa, los que deberán saber incorporarlas a sus métodos convencionales. Sin duda, ninguna de las técnicas propuestas tiene una justificación por sí sola. La experiencia indica que el éxito se logra con la utilización complementaria de éstas.

Dentro de este contexto, se pueden adelantar algunos logros recientes de la aplicación de biotecnologías en el mejoramiento de la papa.

Creación de variabilidad

Fusión de protoplastos. La fusión de protoplastos se ha empleado con éxito en diversas especies de la familia de las solanáceas (Cocking, 1985). Se han obtenido híbridos somáticos por fusión de protoplastos del mesófilo de hojas entre Solanum viarum y S. dulcamara, S. tuberosum y Lycopersicon esculentum, S. muricatum y L. esculentum.

La fusión de protoplastos se ha propuesto para superar la esterilidad que existe en los cultivares de S. tuberosum y las barreras interespecíficas con otras solanáceas (Shepard et al., 1980).

Uso de vectores. El sistema T-ADN clásico que emplea el plasmidio Ti del Agrobacterium tumefaciens ha sido utilizado con éxito para transformar la papa (Ooms et al., 1985; Shaheen y Simpson, 1986). El sistema usa un A. tumefaciens que porta un vector binario no oncogénico con el gen marcador Nos/Npt, que permite seleccionar por resistencia a kanamicina.

También se ha tratado de utilizar otro sistema similar basado en el plasmidio de A. rhizogenes. Esta bacteria tiene la capacidad de inducir enraizamiento en la mayoría de las dicotiledóneas. La ventaja que tiene este sistema sobre el de A. tumefaciens, es que mientras éste último presenta dificultades durante el proceso de regeneración, el primero provoca una fácil producción de plántulas a partir de raíces capilares (Ancora, 1985).

Manipulación del nivel de ploidía

Obtención de haploides por cultivo de anteras. Se ha propuesto la generación de dihaploides por cultivo de anteras en reemplazo del método clásico de extracción de semillas partenogenéticas haploides de S. tuberosum cuando se cruza esta especie con S. phureja.

La extracción de dihaploides de S. tuberosum a partir de cultivo de anteras tiene una eficiencia inferior al método partenogenético, por lo que se piensa que éste último resultará de difícil reemplazo (Wenzel et al., 1985). La técnica se ha empleado con éxito en la extracción de monohaploides a partir de dihaploides obtenidos partenogenéticamente, con las ventajas de herencia simplificada, eliminación de caracteres letales y clara distinción entre mecanismos de expresión de genes.

Los dihaploides pueden emplearse en programas de mejoramiento según el siguiente esquema (Iwanaga, 1985).

1. Extracción de haploides de padres 4x.
2. Selección de haploides que porten las características deseadas.
3. Producción de plantas homocigotas 2x por cultivo de microsporas y duplicación espontánea de cromosomas in vitro.
4. Selección por caracteres deseados en las plantas homocigotas 2x.
5. Cruzamiento de plantas 2x no relacionadas.
6. Producción de plantas 4x altamente heterocigotas por fusión de protoplastos.

Inducción in vitro de mutaciones de punto y estructurales

Variación somaclonal. El uso de protoplastos del mesófilo de la hoja para generar variación somaclonal ha tenido una excelente demostración en el cultivar Russet Burbank. Se encontraron variantes estadísticamente diferentes para más de 20 características, como período de madurez, hábito de crecimiento, uniformidad de tubérculos, color de la piel, rendimiento de tubérculos, producción de bayas, requisitos de fotoperíodo, y resistencia a enfermedades (Secor y Shepard, 1981; Shepard et al., 1980).

Se han encontrado variantes somaclonales también en los cultivares Bintje y Maris Band (Scowcroft et al., 1985).

El aislamiento y cultivo de protoplastos del mesófilo de la hoja de papa cultivar Russet Burbank requiere de hojas y plantas de edad precisa y de tratamientos de precondicionamiento específicos (Ming-Mei y Loescher, 1986).

Caracterización y selección de variabilidad deseada

Selección de variabilidad en poblaciones mediante el uso de patrones isoenzimáticos. Se ha postulado que el uso de padres altamente heterocigóticos en el mejoramiento de plantas de reproducción vegetativa, como la papa, puede simplificarse mediante el empleo de sistemas isoenzimáticos que sirvan de marcadores genéticos para caracteres monogénicos en cruzamientos intra e interespecíficos. Esto facilitaría la selección de plantas F1 altamente heterocigotas o plantas heteróticas (Moore y Collins, 1983).

Construcción de mapas genéticos utilizando isoenzimas. La técnica de electroforesis para un número importante de isoenzimas ha permitido construir mapas de loci en relación al centrómero de cruzamientos 4x-2x. Así se han determinado las distancias en mapas de los genes Mdh-1, 6-Pgd-3, Pgi-1, Idh-1, Prx-3, Skd-1 y Pgm-2 (Douches y Quiros, 1986).

Selección para susceptibilidad a virus mediante sondas genéticas. Se ha empleado una técnica consistente en una síntesis de una molécula de ADN sonda a partir de ARN de los virus PVY y PLRV empleando transcriptasa de reversión y separación del híbrido ARN/ADN. Se construye una molécula de ADN de doble hebra mediante polimerasa, la que se liga a un plasmidio que se emplea para transformar una bacteria Escherichia coli. Esta bacteria sirve para multiplicar el plasmidio, que luego permite extraer cantidades suficientes de ADN sonda marcado radioactivamente (Flavell, 1985). La prueba de susceptibilidad se realiza fijando savia de genotipos inoculados por exposición al campo en placas de nitrocelulosa, las que se tratan con el ADN sonda y se lee por radioautografía. El proceso de selección se reduce de esta manera en un año.

Uso de sondas genéticas para estudios de tuberización. Los estolones y tubérculos de las especies S. tuberosum, S. andigena y S. phureja acumulan grandes cantidades de glicoproteínas conocidas como patatina o tuberina. Estas proteínas presentan un alto grado de heterogeneidad al ser estudiadas electroforéticamente.

Se ha propuesto que la patatina sea empleada para estudiar los procesos de tuberización de la papa (Park, 1986), ya que es fácil de cuantificar por inmuno-electroforésis o ELISA o porque puede estudiarse al nivel de ácidos nucleicos por traducción in vitro o mediante tecnologías de ADN recombinante.

CONSECUENCIAS DE LA APLICACION DE LAS BIOTECNOLOGIAS SOBRE EL MEJORAMIENTO DE PLANTAS

La aplicación de las biotecnologías al mejoramiento de plantas parece que inducirá consecuencias que afectan tanto a la disciplina en sí, como a los programas que las utilicen.

Consecuencias sobre el mejoramiento genético en general

Creciente apropiación de conocimientos y recursos genéticos. Un hecho evidente que causará la aplicación de las biotecnologías al mejoramiento genético de plantas será la creciente apropiación de conocimientos y genes.

En la actualidad existe un gran interés por el tema de la protección de patentes y derechos de autor. Se piensa que esta protección legal se extenderá a cultivares nuevos obtenidos por métodos clásicos, biotecnologías y combinaciones de ambos; a partes de plantas; a técnicas específicas de mejoramiento; a productos útiles como herramientas para la ingeniería genética; y a técnicas de prueba y análisis. La Tabla 1 da un listado de diferentes elementos susceptibles de ser protegidos en el futuro en los EE.UU. (Williams, 1983).

El tipo y grado de protección dependerá de la naturaleza de la invención, siendo mayor cuanto más novedosa y original sea el producto o la técnica. En forma ascendente, esta protección se establecerá como patente general, patente de plantas, derechos de fitomejorador y secreto comercial.

Tabla 1. Invencciones aplicables al mejoramiento genético de plantas y que se supone podrían ser protegidas por patentes en el futuro (Williams Jr., 1983).

1. Nuevos cultivares producidos por transferencia genética de una especie a otra.
 2. Partes de plantas (flores, bulbos, rizomas, etc.).
 3. Técnicas específicas de mejoramiento:
 - 3.1. Cultivos de tejidos, células, protoplastos y organelos.
 - 3.2. Transferencia de material genético por fusión de protoplastos.
 - 3.3. Transferencia de material genético por ADN recombinante.
 - 3.4. Regeneración de plantas.
 4. Elementos útiles como herramientas de ingeniería genética.
 - 4.1. Vectores.
 - 4.2. Genes aislados de plantas.
 - 4.3. Adaptadores.
 - 4.4. Promotores.
 - 4.5. Microorganismos específicos a la planta.
 - 4.6. Líneas de células.
 5. Técnicas de evaluación y análisis.
-

Esta protección de productos, protocolos y técnicas en las que intervengan las biotecnologías, sin duda, reducirá las posibilidades de intercambio de germoplasmas y dificultará la utilización de los mismos.

Un aspecto importante que aún no está definido es cuál será el alcance que tendrá la patente de un progenitor o gen determinado. ¿Afectará esta protección a sólo la primera generación de cultivares o toda su descendencia?

Concepción de los objetivos del mejoramiento genético. La mayoría de los textos clásicos de mejoramiento genético de plantas caracterizan esta técnica en el ámbito cultural de la ciencia. Así, el objetivo primario del fitomejoramiento se define como la obtención de un nuevo cultivar de mejor comportamiento o calidad a los existentes. Para lograr este objetivo se recurre a los conocimientos científicos de la genética que permiten generar y seleccionar variabilidad.

El descubrimiento conduce a dos elementos de valoración social: una publicación y el traspaso del nuevo cultivar a los agricultores. El primero de estos elementos no se menciona en los textos de mejoramiento, sino que es un elemento propio de los sistemas de evaluación de comportamiento de investigadores y se supone que produce principalmente

satisfacción personal o puede constituir un elemento de retribución económica mediante ascensos para el investigador.

El traspaso del cultivar a los agricultores aparece como un objetivo secundario de la disciplina y se logra mediante los procesos de producción de semillas de calidad. Sólo recién en esta etapa aparece en los textos un elemento de connotación económica.

Resulta claro que, en esta concepción, la retribución económica al creador, sea individuo u organización, se menciona como objetivo inmediato sólo lateralmente. Este hecho probablemente se deba a una visión científico-altruista del mejoramiento genético o a que la posibilidad de hacerla real resultaba relativamente difícil.

La visión, sin embargo, está sufriendo de un cambio notable con el advenimiento de las biotecnologías. Estas son consideradas productos fácilmente patentables, y que en consecuencia, permiten retornos económicos directos. En este sentido es interesante mencionar que los escritos recientes utilizan el término invención, en sustitución de técnicas, métodos, o cultivares.

Lo dicho parece indicar que el nuevo sentido que tendrá el objetivo inmediato del mejoramiento genético de plantas será la invención de productos patentables que generen utilidades a los individuos o a las organizaciones dedicadas a esta actividad (Stetten, 1981). Esta es la razón por la cual las compañías transnacionales, especialmente las productoras de agroquímicos, han manifestado un creciente interés por invertir en biotecnologías a partir de 1980 (Buttel et al., 1985). En la actualidad existe la impresión que estas compañías tratarán de dominar el comercio futuro de cultivares.

A modo de ejemplo, se puede citar la revista BusinessWeek (1984), la que al referirse a la utilización de biotecnologías en la Agricultura decía que la Oficina de Patentes y Marcas de los EE. UU. estaba inundada por más de 1 000 aplicaciones en los últimos años.

Efectos de la aplicación de las biotecnologías sobre los principios de mejoramiento genético de plantas

El análisis de las aplicaciones de las biotecnologías al fitomejoramiento hace evidente que éstas permiten eficientemente crear, conservar y caracterizar variabilidad genética, y contribuir a la propagación, distribución y protección de genotipos; pero que no ofrecen posibilidades de una buena evaluación de genotipos promisorios para constelaciones de caracteres agronómicos, como las que deben poseer los nuevos cultivares (Moore y Collins, 1983). Por esta razón, no parece que las biotecnologías lleguen a sustituir, en el corto plazo, a la regla de los grandes números y a los métodos de selección de campo propios del mejoramiento genético convencional.

Otras limitaciones de las biotecnologías son su baja eficacia para regenerar individuos a partir de células iniciales (Brar et al., 1985), y el desconocimiento sobre los modos de lograr que los materiales genéticos foráneos introducidos en una especie logren expresar las características que se desean (Bliss, 1984). Ambas materias parecen estar aún al nivel de arte.

Consecuencias para los programas latinoamericanos de mejoramiento genético

Las consideraciones sobre apropiación de conocimientos y genes, y la concepción económica del fin inmediato del fitomejoramiento hacen pensar que los programas latinoamericanos se enfrentarán con crecientes dificultades para alcanzar sus objetivos si mantienen el esquema científico, técnico convencional actual. Ante esta situación los programas se enfrentarán a la elección de una de las siguientes cuatro alternativas:

1. Desaparecer, entregando el campo de las nuevas invenciones a las compañías transnacionales.
2. Asociarse con estas compañías, transformándose en colaboradores en la prueba y distribución de las nuevas invenciones.
3. Asociarse con otras organizaciones para desarrollar nuevas invenciones.
4. Desarrollar las nuevas invenciones en forma autónoma.

La decisión sobre cuál de las alternativas se debe adoptar es de índole política y deberá ser asumida individualmente por cada institución de investigación.

Horizonte posible del cambio

Las consecuencias anteriormente identificadas reclaman una estimación respecto al horizonte en el que ellas se manifestarán en nuestro continente.

El análisis de sólo algunos elementos indica que este cambio se va a producir en forma acelerada, y será muy dinámico y agresivo. Este juicio se sostiene sobre algunas consideraciones de orden técnico (Glick, 1981) y otras de orden comercial (Business Week, 1984).

En 1960 eran necesarios, aproximadamente, 50 hombres-año para sintetizar un oligonucleótido de 200 bases. Este mismo proceso tomaba sólo alrededor de 4,5 hombres-año en 1970, y prácticamente menos de uno al comienzo de esta década. Es la actualidad es un proceso que está computadorizado. En forma similar, en 1960 se especulaba sobre el costo millonario en dólares acerca de la posibilidad de determinar una secuencia de varios cientos de nucleótidos en un lapso de 20 a 30 años. Sin embargo, hacia 1970, este trabajo podía realizarse de un día para otro.

Estos pocos datos están demostrando que el desarrollo de las biotecnologías lleva un ritmo exponencial, lo que hace suponer que el de su aplicación al mejoramiento genético de plantas será similar. Sólo para destacar lo dicho, vale citar a la revista Business Week, la cual en 1984 destinó un extenso artículo principal a los aspectos biotecnológicos. Esta publicación vislumbraba que las aplicaciones en la Agricultura serían un negocio gigantesco, y daba la siguiente predicción: El valor de la semilla de nuevos cultivares genéticamente manipulados crecería de US\$ 8 millones en 1985 a US\$ 6 800 millones hacia el año 2000.

Estos antecedentes inducen a pensar que el momento de iniciar la acción ya ha pasado y que es necesario recuperar el tiempo perdido si se desea que los programas latinoamericanos lleguen a tener alguna significación efectiva en el mejoramiento genético de plantas en el futuro relativamente próximo.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ANCORA, G. 1985. Plant improvement through tissue culture at ENEA. In: IRRI. Biotechnology in International Agricultural Research. Proceedings Inter-Center Seminar on IARCs and Biotechnology. Manila, Philippines. pp. 159-167.
- BECKMANN, J.S.; SOLLER, M. 1986. Insertional mutagenesis, a tool to clone quantitative trait loci. In: Department of Plant Genetics and Breeding. Institute of Field and Garden Crop Scientific Activities 1982-1985. Agricultural Research Organization, The Volcani Center, Bet Dagan, Israel. pp. 209-210.
- BECKMANN, J.S.; SOLLER, M. 1986. Development of restriction fragment length polymorphism techniques in plants as a tool for strain identification and breeding. In: Department of Plant Genetics and Breeding. Institute of Field and Garden Crop Scientific Activities 1982-1985. Agricultural Research Organization, The Volcani Center, Bet Dagan, Israel. p. 210.
- BEVAN, M. 1981. Agrobacterium tumefaciens tumor inducing plasmids as genetic engineering vectors in plants. In: Keenbergh, M. (ed.). Proceedings of the International Conference on Genetic Engineering. Vol. V. Batelle Memorial Institute, Virginia, U.S.A. pp. 68-63.
- BLISS, F.A. 1984. The application of new plant biotechnology to crop improvement. HortScience 19:13-48.
- BROWN, A.H.D. 1978. Isozymes, plant population genetic structure and genetic conservation. Theoretical and Applied Genetics. 52:145-157.
- BRAR, D.S.; LING, D.H.; YOSHIDA, S. 1985. Plant regeneration from somatic cell cultures of some IR varieties of rice. In: IRRI. Biotechnology in International Agricultural Research. Proceedings Inter-Center Seminar on IARCs and Biotechnology. Manila, Philippines. pp. 169-177.
- BUTTEL, F.H.; KENNY, B.; KLOPPENBURG Jr., J. 1985. The IARCs and the development and application of biotechnologies in developing countries. In: IRRI. Biotechnology in International Agricultural Research. Proceedings Inter-Center Seminar on IARCs and Biotechnology. Manila, Philippines. pp. 383-394.
- COCKING, E.C. 1985. Protoplast fusion and its application in Agriculture. In: IRRI. Biotechnology in International Agricultural Research. Proceedings Inter-Center Seminar on IARCs and Biotechnology. Manila, Philippines. pp. 182-187.

- DOUCHES, D.S; QUIROS, C.F. 1986. Determination of linkage relationships of various isozyme markers through 4x-2x mating in potato species. *HortScience* 21:110.
- EZZELL, C. 1987. Field test for bright bacteria to go ahead soon. *Nature* 329:757.
- FLAVELL, R.B. 1985. Molecular and biochemical techniques in Plant Breeding. In: IRRI. *Biotechnology in International Agricultural Research. Proceedings Inter-Center Seminar on IARCs and Biotechnology.* Manila, Philippines. pp. 247-255.
- FREY, K.J. 1981. Capabilities and limitations of conventional plant breeding. In: K.O. Rachie y J.M. Lyman (eds.). *Genetic Engineering for Crop Improvement.* Rockefeller Foundation. U.S.A. pp. 15-62.
- GERLACH, W.L.; DENNIS, E.S.; PEACOCK, W.J. Approaches to the transformation of crop plants. In: IRRI. *Biotechnology in International Agricultural Research. Proceedings Inter-Center Seminar on IARCs and Biotechnology.* Manila, Philippines. pp. 257-267.
- GLICK, J.L. 1981. Genetic engineering and small business opportunities. In: Keenberg, M. (ed.). *Proceedings of the International Conference on Genetic Engineering.* Vol. 1. Batelle Memorial Institute, Virginia, U.S.A. pp. 13-18.
- GRIESBACH, R.J. 1986. Chromosome mediated transformation in Petunia hybrida. *HortScience* 21:696.
- HALL, T.C.; KEMP, J.D. 1981. Enhancing protein quality and quantity. In: Keenberg, M. (ed.). *Proceedings of the International Conference on Genetic Engineering.* Vol V. Batelle Memorial Institute, Virginia, U.S.A. pp. 36-67.
- HAYNES, F.L. 1954. Potato embryo culture. *Am. Potato Journal* 31:282-288.
- IWANAGA, M. 1985. Haploids, ploidy manipulation, and meiotic mutants in potato breeding. In: IRRI. *Biotechnology in International Agricultural Research. Proceedings Inter-Center Seminar on IARCs and Biotechnology.* Manila, Philippines. pp. 139-148.
- KHUSH, G.G.; VIRMANI, S.S. 1985. Some plant breeding problems needing biotechnology. In: IRRI. *Biotechnology in International Agricultural Research. Proceedings Inter-Center Seminar on IARCs and Biotechnology.* Manila, Philippines. pp. 51-63.
- MALIGA, P. 1985. Cell culture isolation and characterization of agronomically useful mutants of higher plants. In: IRRI. *Biotechnology in International Agricultural Research. Proceedings Inter-Center Seminar on IARCs and Biotechnology.* Manila, Philippines. pp. 111-120.
- MING-MEI, CHANG; LOESCHER, W. 1986. Plant preconditioning effects on protoplast yields in potato (Solanum tuberosum cv. Russet Burbank). *HortScience* 21:298.

- MOORE, G.A.; COLLINS, G.B. 1983. New challenges confronting plant breeders. In: S.D. Tanksley y T.J. Orton (eds.). *Isozymes in Plant Genetics and Breeding. Part A*. Elsevier, Amsterdam. pp. 25-58.
- MURASHIGE, T.; LI-CHUN HUANG. Organogenesis *in vitro*: structural, physiological, and biochemical aspects. In: IRRI. *Biotechnology in International Agricultural Research. Proceedings Inter-Center Seminar on IARCs and Biotechnology*. Manila, Philippines. pp. 227-239.
- OOMS, G.; KARP, A.; BURRELL, M.M.; TWELL, D.; ROBERTS, J. 1985. Genetic modification of potato development using Ri T-DNA. *Theoretical and Applied Genetics* 70:440-446.
- PARK, W.D. 1986. Potato tuber proteins as molecular probes for tuberization. *HortScience* 19:7-40.
- PHILLIPS, R.L. 1985. Cómo la llegada de la ingeniería genética afecta potencialmente el uso del germoplasma. In: América Latina y sus Recursos abundantes de Alimentos para el Futuro. Reporte del Foro Latinoamericano sobre Investigación en Fitomejoramiento. Caracas, Venezuela. pp. 191-216.
- RAGHAVAN, V. 1985. The application of embryo rescue in Agriculture. In: IRRI. *Biotechnology in International Agricultural Research. Proceedings Inter-Center Seminar on IARCs and Biotechnology*. Manila Philippines. pp. 189-197.
- RIVES, M. 1983. Introducing new technology to plant breeding. In: UPOV. *Genetic Engineering and Plant Breeding. Records of a Symposium held on the occasion of the 16th. Session of the International Union for the Protection of New Varieties of Plants*. pp. 53-61.
- SALTS, Y.; BECKMANN, J.S.; LAVI, U. 1986. Transformation of plant cells through microinjection. In: Department of Plant Genetics and Breeding. Institute of Field and Garden Crop Scientific Activities 1982-1985. Agricultural Research Organization, The Volcani Center, Bet Dagan, Israel. p. 208.
- SCHILDE-RENTSCHLER, L.; SCHMIEDICHE, P.E. 1984. Tissue culture: Past, present and future. *CIP Circular* 12(1):1-6.
- SCOWCROFT, W.R.; RYAN, S.A.; BRETTEL, R.I.S; LARKIN, P.J. 1985. Somaclonal variation in crop improvement. In: IRRI. *Biotechnology in International Agricultural Research. Proceedings Inter-Center Seminar on IARCs and Biotechnology*. Manila, Philippines. pp. 99-109.
- SECOR, G.A.; SHEPARD, J.F. 1981. Variability of protoplast derived potato clones. *Crop. Sci.* 21:102-105.
- SHAHIN, E.A.; SIMPSON, R.B. 1986. Gene transfer system for potato. *HortScience* 21:1199-1201.
- SHEPARD, F.J.; BIDNEY, D.; SHANIN, E. 1980. Potato protoplasts in crop improvement. *Science* 28:17-24.

- SIMMONDS, N.W. 1979. Principles of crop improvement. Longman Group Ltd., N.Y., U.S.A. 408 p.
- STETTEN, D. 1981. Recombinant molecules: Anxieties and Hazard. In: Keenberg, M. (ed.). Proceedings of the International Conference on Genetic Engineering. Vol. I. Batelle Memorial Institute, Virginia, U.S.A. pp. 54-68.
- TANKSLEY, S.D.; JONES, R.A. 1981. Application of alcohol dehydrogenase allozymes in testing the genetic purity of F1 hybrids of tomato. HortScience 16:179-181.
- TANKSLEY, S.D.; RICK, C.M. 1980. Isozymic linkage map of the tomato: Applications in genetics and breeding. Theoretical and Applied Genetics 57:161-170.
- VAECK, M. et al. 1987. Transgenic plants protected from insect attack. Nature 328:33-37.
- WENZEL, G.; FOROUGHI-WEHR, B.; FRIEDT, W.; KÖHLER, F. 1985. Anther culture in crop plants. In: IRRI. Biotechnology in International Agricultural Research. Proceedings Inter-Center Seminar on IARCs and Biotechnology. Manila, Philippines. pp. 65-73.
- WILLIAMS Jr., S.B. 1983. Intellectual property aspects of plant variety genetic engineering: View of an American lawyer. In: UPOV. Genetic Engineering and Plant Breeding. Records of a Symposium held on the occasion of the 16th. Session of the International Union for the Protection of New Varieties of Plants. pp. 23-51.
- WITHERS, L.A.; WILLIAMS, J.T. 1985. Research on long-term storage and exchange of *in vitro* plant germplasm. In: IRRI. Biotechnology in International Agricultural Research. Proceedings Inter-Center Seminar on IARCs and Biotechnology. Manila, Philippines. pp. 11-24.
- ZAMIR, D.; TANKSLEY, S.D.; JONES, R.A. 1981. Low temperature effect on selective fertilization by pollen mixtures of wild and cultivated tomato species. Theoretical and Applied Genetic, 59:235-238.

CAPITULO IV

Redes de Evaluación, Prueba e Intercambio de Materiales Genéticos Avanzados

Previous Page Blank

La Red Nacional de Ensayos de Papa de la República Argentina

MARCELO A. HUARTE, SILVIA CAPEZIO y M.C. MONTI

Responsable de Mejoramiento Genético; Asistente de Investigación, y Responsable del Laboratorio de Calidad, respectivamente. Unidad integrada entre el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) y la Facultad de Ciencias Agrarias (FCA), Balcarce, Buenos Aires, Argentina.

INTRODUCCION

La existencia de un plan de mejoramiento genético de papa se justifica cuando el área bajo cultivo pasa de 80 000 a 90 000 ha y cuando las exigencias del mercado hacen imprescindible una respuesta innovativa que supere a la introducción de cultivares extranjeros. El éxito del programa dependerá en buena medida del acople con tres factores importantes: la producción de semilla, la evaluación regional y las demostraciones con productores.

Dado que el plan de mejoramiento de papa ha tenido una sede única en Balcarce se hizo necesaria la creación de una Red de ensayos de papa con el fin de obtener cultivares adaptados a las condiciones de las zonas de experimentación mediante la evaluación continuada en las mismas.

LA RED NACIONAL DE PAPA

Los objetivos de la Red Nacional de papa son:

1. Seleccionar cultivares nacionales e importados para las distintas condiciones de cultivo en Argentina.
2. Apoyar el programa de mejoramiento evaluando clones avanzados.
3. Promover el conocimiento del cultivo de papa en áreas no tradicionales para su plantación.
4. Producir información de cultivares importados previa autorización de importaciones masivas.

Previous Page Blank

La Red Nacional de Papa está coordinada por la EEA Balcarce y en ella participan técnicos de diversas instituciones en todo el país. Se han efectuado ensayos hasta en 22 localidades, aunque en varias de ellas no se han repetido las experiencias con la continuidad deseada. Los trabajos fueron iniciados en el ciclo 1975/1976.

Desde la temporada 1983/1984 el material que se distribuye en la Red proviene de la multiplicación de tubérculos-semillas de categoría certificada que se lleva a cabo en la EEA Balcarce. En algunas áreas restringidas los ensayos se realizan con material producido en la misma área (EEA Ascasubi, EEA Obispo Colombres y AER Malargüe).

En las últimas tres temporadas se incluyeron los mismos cultivares en todas las localidades, ellos fueron: Primicia INTA, Sureña INTA, Pampeana INTA, Chacay INTA, Huinkul MAG, Spunta, Sierra Volcán INTA, Serrana INTA y B 77.861.11. Las localidades participantes en la temporada 1987/1988 (Figura 1) fueron:

- | | |
|------------------------------------|-------------------------------|
| 1. Río Gallegos - Santa Cruz | 12. Villa Dolores - Córdoba |
| 2. Perito Moreno - Santa Cruz | 13. Río Cuarto - Córdoba |
| 3. Comodoro Rivadavia - Chubut | 14. Villa Mercedes - San Luis |
| 4. Trelew - Chubut | 15. Esperanza - Santa Fe |
| 5. Luis Beltrán - Río Negro | 16. Paraná - Entre Ríos |
| 6. Hilario Ascasubi - Buenos Aires | 17. Tupungato - Mendoza |
| 7. Cerrillos - Salta | 18. Malargüe - Mendoza |
| 8. El Colorado - Formosa | 19. San Pedro - Buenos Aires |
| 9. Tafí del Valle - Tucumán | 20. Miramar - Buenos Aires |
| 10. Obispo Colombres - Tucumán | 21. Balcarce - Buenos Aires |
| 11. Córdoba - Córdoba | |

Los formularios y recomendaciones que se envían habitualmente a todos los participantes junto con las muestras de papa se presentan al final de este artículo.

Entre los beneficios obtenidos de los doce años de experimentación con la Red Nacional se cuentan:

1. El desarrollo de clones aptos para diferentes condiciones ecológicas la obtención de materiales de amplia adaptación. Como se observa en la Tabla 1, se ha profundizado el conocimiento de la aptitud de cultivares y áreas para producir altos rendimientos y valores de materia seca.

2. Conocimiento sobre el cultivo de la papa por parte de técnicos y productores en áreas marginales.

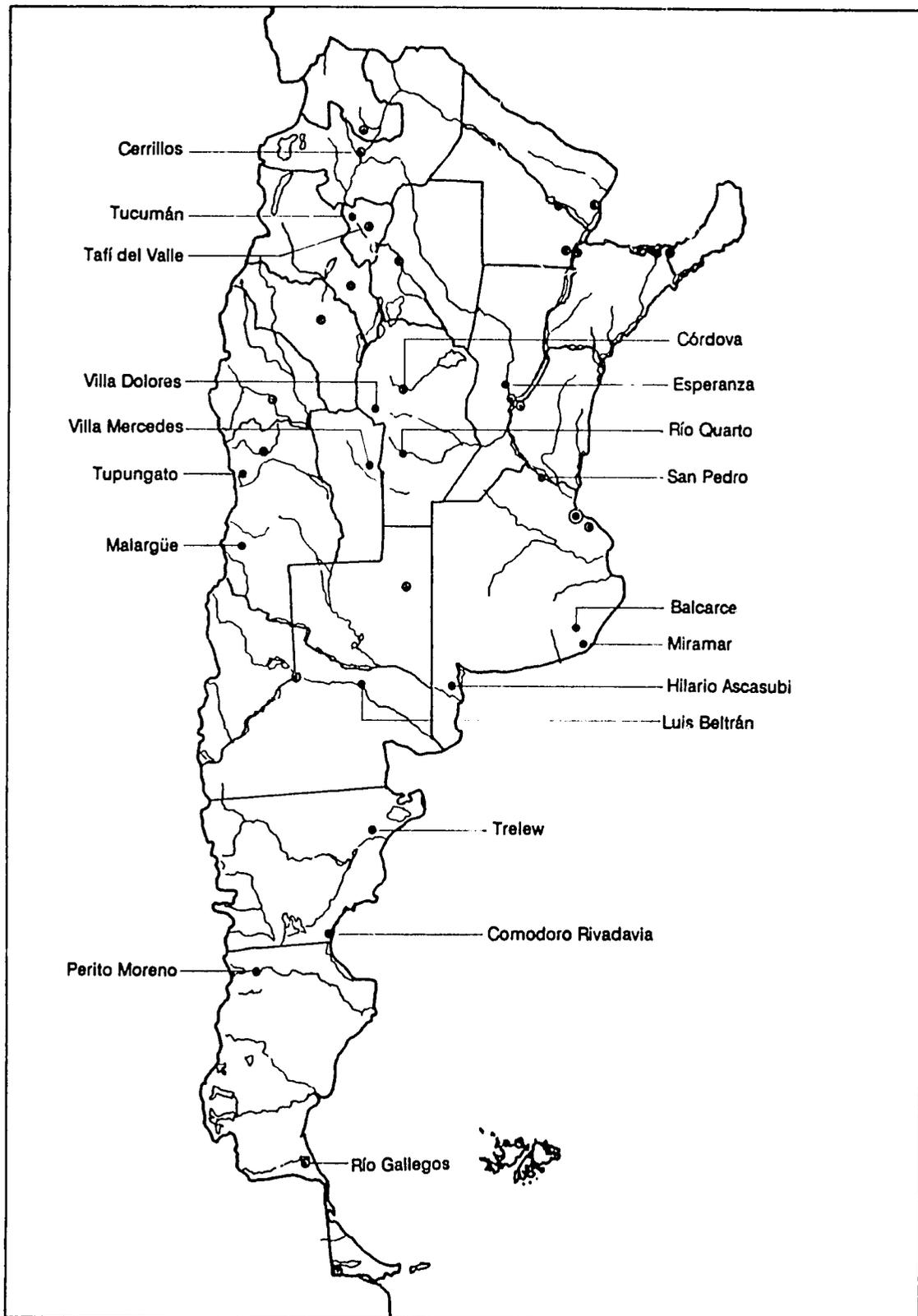


Figura 1. Localidades de la Red Nacional de Papa de la República Argentina

Tabla 1. Promedio del porcentaje de materia seca, rendimiento (t/ha), e índice del puesto por el rendimiento (promedio de rangos por rendimiento) de Serrana INTA y Huinkul MAG (testigo local) en 14 localidades de Argentina de 1976 a 1985

	Latitud	Número de ensayos	Serrana INTA			Huinkul MAG			
			Materia seca (%)	Rendimiento	Índice de rango por rendimiento	Materia seca (%)	Rendimiento	Índice de rango por rendimiento	
El Colorado	26°13'	14	17,4	14,7	2,4	17,3	8,8	6,4 ^a	
Famaila	26°51'	3	-	18,0	2,3	-	14,2	4,3	
Córdoba	31°25'	1	-	27,5	1,0	-	21,2	4,0	
Río Cuarto	33°08'	3	18,5	15,2	1,3	18,5	11,1	6,0	
San Pedro	33°41'	5	-	16,3	2,8	-	15,3	4,8	
La Consulta	33°44'	1	-	26,1	2,0	-	17,3	5,0	
Balcarce	37°45'	3	19,3	24,1	5,3	19,3	10,6	12,6	
Miramar	38°10'	2	-	15,1	2,5	-	10,4	6,5	
F.L. Beltrán	39°17'	2	-	19,4	5,5	-	6,0	5,4 ^b	
H. Ascasubi	39°23'	5	-	12,5	3,2	-	5,8	6,6	
Viedma	40°48'	4	20,4	21,2	6,0	20,0	18,9	7,5	
Esquel	42°54'	3	-	40,4	4,0	-	31,9	3,0 ^c	
Trelew	43°15'	2	-	8,9	4,5	-	7,3	6,0 ^b	
R. Gallegos	51°40'	5	24,3	19,6	4,4	23,2	18,5	4,2	
Promedio del índice para todos los ensayos				2,9			5,7		
Número de ensayos que ocuparon el primer lugar/número total de ensayos				20/52			1/47		

^a Huinkul MAG incluida en 12 ensayos.

^b Huinkul MAG incluida en un ensayo.

^c Huinkul MAG incluida en dos ensayos.

Fuente: Traducida de Huarte, Mendiburu, Monti y Butzonitch, 1986. Am. Potato Journal 63:695-697.

RECOMENDACIONES PARA LA REALIZACION DE UN ENSAYO COMPARATIVO DE COMPORTAMIENTO DE CULTIVARES DE PAPA

Manejo de los tubérculos-semillas previo a la plantación

Tan pronto se reciba el material, se debe sacar del envase y almacenar en un lugar fresco y seco hasta el momento de la plantación.

Se solicita acusar recibo de las muestras recibidas para el ensayo y solicitar la reposición de material, si éste hubiera llegado en mal estado.

Disposición experimental y dimensiones del ensayo

DISEÑO ESTADISTICO. Se sugiere utilizar un diseño en bloques completos al azar con tres repeticiones. Los bloques se harán perpendiculares a la pendiente predominante del terreno si la hubiere. La disposición aconsejada es la siguiente:

Bloque I	3	7	1	2	4	6	8	5
Bloque II	5	1	3	8	2	7	4	6
Bloque III	7	2	4	1	8	5	6	3

Los números dentro de cada bloque se corresponden con los cultivares para evaluar. Si una vez cortado el material alcanza incluir otra repetición, se distribuirán los cultivares al azar dentro de esa repetición.

DIMENSIONES DE LAS PARCELAS EXPERIMENTALES. Se recomiendan parcelas de cuatro surcos separados no menos de 0,65 m, con 15 plantas cada uno, distanciados 0,35 m.

Preparación de la cama de siembra, plantación y manejo del cultivo

Los trabajos por realizar se basarán en la experiencia zonal; de todas formas se reseñan los que se aplican en el campo experimental de la EEA Balcarce.

1. Se asegura una adecuada preparación de la cama de plantación, realizando el roturado del suelo, rastreadas y otras labores necesarias, con la suficiente anticipación.

2. Se procede a cortar el material al momento de la plantación. Se obtienen generalmente tres cortes de tamaño mediano por tubérculo, teniendo en cuenta que posean ojos (brotes) viables.
3. Unos cinco días después de la plantación se levantan los caballones con un aporcador.
4. A la emergencia se voltea el caballón con una rastra liviana. Este tratamiento se puede aplicar también unos días antes y después de la emergencia en caso de que la infestación de malezas sea grande, pero siempre se debe tener especial cuidado de no levantar el material plantado.
5. A continuación y hasta que las plantas comiencen a cerrar el surco, se aplican escardilladas de acuerdo a la evolución de las malezas.
6. Antes de que el surco se cierre completamente se aplica un aporque, labor que si se efectúa después de dicho estadio causa daño al follaje. Las carpidas (deshierbas) manuales suelen ser frecuentes.
7. La cosecha se puede realizar en forma semimecánica (con sacadora), si se dejan caminos suficientemente anchos (2 m) entre repeticiones y si se toma especial cuidado para que no haya mezclas. En algunos casos la cosecha se realiza con azada.

REGISTRO DE OBSERVACIONES PARA UN ENSAYO COMPARATIVO DE CULTIVARES DE PAPA

Se solicita completar el formulario de registro de observaciones durante el ciclo de cultivo. Para su llenado se brindan las siguientes sugerencias:

Planilla 1

1. Cultivares ensayados: indicar los cultivares intervinientes.
2. Caracterización del lote de plantación: especificar la topografía del terreno, tipo de suelo, cultivo antecesor, etc.
3. Preparación de la cama de siembra: enumeración y tipo de labores realizadas.
4. Barbecho: indicar la duración del período de barbecho.
5. Fecha de plantación: especificarla e indicar si es normal, anticipada o retrasada respecto a lo acostumbrado en la zona.
6. Labores culturales: indicar número, tipo de labores y estadio del cultivo en el momento de realización de las mismas. Especificar si se realizan en forma manual o mecánica.
7. Fertilizantes: indicar formulaciones, dosis y momentos de aplicación de los mismos.

8. **Plaguicidas: Insecticidas y fungicidas:** indicar formulaciones, dosis y momento de aplicación de los mismos. Señalar cuáles son las plagas o enfermedades por las que se realizan los tratamientos con los plaguicidas mencionados y cuál es el momento de ocurrencia de las mismas. **Herbicidas:** indicar formulaciones, dosis y momentos de aplicación. Señalar qué malezas se intenta controlar.
9. **Riego:** especificar si se aplica o no riego al cultivo. En caso de regarlo, indicar sistema de aplicación (por surcos, por aspersión, etc.), momento de iniciación del período de riego y número y frecuencia de las aplicaciones.
10. **Condiciones climáticas durante el cultivo:** indicar si han sido normales o si se han registrado adversidades. (Adjuntar a la Planilla 1 los registros de lluvias y temperaturas.)
11. **Fecha de cosecha:** especificarla e indicar si es normal, anticipada o retrasada respecto a lo acostumbrado en la zona.

Planilla 2

Se registrará el estado de madurez de los tubérculos-semillas mediante la visualización de las yemas del tubérculo. El dato se indicará con una "cruz" en el casillero correspondiente.

En caso de que se efectúe el desbrotamiento, indicarlo en la última columna de la planilla.

Planilla 3

Se indicarán las fechas de emergencia, de comienzo y plenitud de floración, de comienzo de la tuberización, de amarillamiento de las hojas y de entrega del cultivo (maduración y amarillamiento de las plantas).

Planilla 4

En este cuadro se intenta valorar la velocidad y uniformidad de la emergencia de los cultivares y el vigor y desarrollo vegetativo de los mismos. Con este propósito se recomienda asignar un puntaje por cada característica evaluada. La escala de puntuación aconsejada tiene un intervalo de 1 a 9.

Emergencia:

- (9) Muy rápida y uniforme. Bajo número de fallos.
- (1) Muy lenta y dispareja. Elevado número de fallos.

Aspecto agronómico y desarrollo:

- (9) Buena cobertura de parcela. Plantas vigorosas.
- (1) Escasa cobertura de parcela. Plantas débiles.

Planilla 5

Esta planilla es descrita en la columna correspondiente a "color de las flores", indicar la coloración (blanca, lila, rosa, celeste, etc.). En la columna "intensidad de floración", indicar si es escasa, profusa, etc.

Planilla 6

Se recomienda recorrer el cultivo en dos oportunidades para el registro de síntomas de enfermedades. Durante dichas recorridas, se asignará un puntaje por sanidad para los dos aspectos mencionados en la planilla. La escala de valoración tiene un intervalo del 1 al 9.

- (9) Cultivar no susceptible.
- (1) Cultivar muy susceptible.

En la base de la planilla, indicar las enfermedades fungosas (tizón tardío, tizón temprano, etc.) y las viróticas (virus del enrollamiento de las hojas, mosaicos, etc.) detectadas. Para el reconocimiento de la sintomatología correspondiente a las distintas enfermedades, se recomienda remitirse a los textos que figuran en la Bibliografía.

Planilla 7

Las observaciones se harán al cosechar, sobre una muestra representativa de los tubérculos de cada cultivar. En cada columna se asignará un puntaje excepto en la correspondiente a "corazón hueco", donde se consignará "sí" o "no" la presencia o ausencia de ese síntoma. Para su detección se deberá partir un tubérculo grande. La escala de valoración tiene un intervalo del 1 al 9.

Rajaduras y deformaciones:

- (9) Sin rajaduras, sin deformaciones.
- (1) Muy rajada, muy deformada.

Sarna y fusariosis:

- (9) Tubérculos muy dañados.
- (1) Tubérculos sin síntomas.

En la última columna de la planilla se asignará un puntaje de impresión general de la muestra analizada. La escala será:

- (9) Muestra de excelente calidad.
- (1) Muestra de baja calidad.

Una vez completo el formulario de registros, se remitirá junto con los datos de rendimiento. Además se solicita la remisión de muestras para análisis de calidad en laboratorio (15 tubérculos por clon o variedad, tomados de las tres repeticiones).

PLANILLA 1

Localidad _____

Campaña agrícola _____

1. Cultivares ensayados: _____

2. Caracterización del lote de plantación: _____

3. Preparación de la cama de plantación: _____

4. Barbecho: _____

5. Fecha de plantación: _____

6. Labores culturales: _____

7. Fertilizantes: _____

8. Plaguicidas: _____
Insecticidas: _____
Fungicidas: _____
Herbicidas: _____

9. Riego: _____

10. Condiciones climáticas durante el cultivo: _____

11. Fecha de cosecha: _____

12. Observaciones: _____

PLANILLA 6

Observaciones de sanidad en cultivo

No. de orden	Cultivar o clon	Primera Inspección Enfermedades		Segunda Inspección Enfermedades		Calificación media (1 a 9)
		Fungosas (1 a 9)	Viróticas (1 a 9)	Fungosas (1 a 9)	Viróticas (1 a 9)	

Fecha de las observaciones: _____

Enfermedades fungosas registradas: _____

Enfermedades viróticas registradas: _____

PLANILLA 7

Observaciones morfológicas de sanidad de los tubérculos

No. de orden	Cultivar o clon	Rajaduras (1 a 9)	Deformaciones (1 a 9)	Corazón hueco	Fusarium	Sarna	Calificación final	Observaciones

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- CALDERONI, A.V. 1978. Enfermedades de la papa y su control. Editorial Hemisferio Sur. Buenos Aires. 143 p.
- DE BOX, J.A. 1980. Virosis de la papa y de la semilla de la papa. Editorial Hemisferio Sur. Buenos Aires. 303 p.
- HOOKER, W.U. 1980. Compendio de enfermedades de la papa. Centro Internacional de la Papa, Lima. 166 p.

Evaluación y Prueba de Materiales Genéticos Avanzados en Chile

ALBERTO CUBILLOS

Ing. Agr., Ph.D., Director del Area de Producción Vegetal. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Chile.

INTRODUCCION

La investigación agrícola Chilena muestra numerosos ejemplos de acciones y esfuerzos interinstitucionales para realizar tareas en busca de soluciones de problemas de interés común.

La Fundación Rockefeller tuvo un papel decisivo en la creación del Instituto de Investigaciones Agropecuarias en 1964. Por esta razón, el INIA se benefició grandemente de la experiencia de la Fundación en materia de colaboración y ha tenido siempre una actitud favorable a este tipo de actividades.

Es difícil identificar las implicaciones conceptuales que permitan una clasificación de los diferentes tipos de redes de cooperación en el ámbito de la investigación agrícola.

En el presente trabajo se intenta definir lo que INIA considera que es una red, resumir las experiencias que ha tenido en materia de redes de evaluación y prueba de materiales genéticos, y caracterizar las condiciones que a su juicio determinan la eficacia de una red.

CONCEPTUALIZACION DE UNA RED EN MATERIA DE MEJORAMIENTO GENETICO

Naturaleza de la red

Existen numerosas actividades entre instituciones que se definen como una red. Todas presentan la característica de ser mecanismos estructurados para el intercambio de materiales genéticos y su información, pero existen grandes diferencias entre ellas.

El INIA considera que una red debería estar constituida por un acuerdo formal interinstitucional que supone la existencia de un núcleo de coordinación de las contribuciones de cada miembro y que significa un esfuerzo complementario de las labores normales de cada organización. De esta consideración se deduce que el acuerdo supone la asignación de recursos específicos para la ejecución de todas o parte de las actividades que se realizarán y que existe un mecanismo de estimulación y coordinación que participa en la administración de las interacciones como un todo.

Objetivo de la red

El acuerdo interinstitucional que determina la naturaleza de la red puede satisfacer varios objetivos simultáneamente. Hay objetivos explícitos, como mejorar la capacidad científica y tecnológica, la eficiencia de la investigación, la eficacia de la investigación, facilitar el acceso a los insumos, la diseminación de la información y la transferencia de tecnologías. Otros objetivos son latentes, como legitimar la institución, proporcionar estabilidad a los programas, incorporar recursos adicionales a los sistemas, desarrollar efectos sinérgicos, crear condiciones catalíticas, y explotar oportunidades.

Es frecuente que los miembros de una red tengan juicios propios y particulares sobre cada uno de los propósitos indicados. Se postula, sin embargo, que la red resulta más efectiva cuando estas percepciones tienden a coincidir.

Funciones de la red

Las funciones de las redes pueden clasificarse en cuatro categorías: medios de comunicación, mecanismos de intercambio, canales de colaboración e instrumentos normativos.

Actividades de la red

Una red en materia de fitomejoramiento de plantas puede justificarse por actividades de diversos grados de compromiso:

1. Intercambio de información sobre materiales genéticos: toma preferentemente la forma de un boletín informativo.
2. Transferencia de materiales genéticos y puesta a disposición de algunos de miembros de servicios e infraestructuras de investigación: la información generada no interesa a todos los participantes en igual grado.
3. Investigación coordinada de interés común, con ejecución independiente y procesos de coordinación en etapas establecidas del proyecto.
4. Investigación colaborativa de interés común mediante un programa único, que distribuye las responsabilidades con ajustes de programación y evaluación de progreso conjuntos.
5. Investigación conjunta, en la cual el problema, los objetivos y las metodologías son comunes, pero la administración puede ser conjunta o individual.

Es obvio que estas categorías suelen confundirse, pudiendo existir redes que participan con elementos de más de una de ellas.

Además, estas actividades pueden completarse con otras, como perfeccionamiento de personal y asistencia técnica en el diseño y la ejecución de proyectos.

PARTICIPACION DEL INIA EN REDES NACIONALES E INTERNACIONALES

Redes nacionales

ENSAYO COOPERATIVO DE VARIEDADES DE TRIGO. Es una red del tipo (c) de investigación coordinada con ejecución independiente y coordinación en alguna de las etapas. Ha sido la única red que se ha formado en el país. Está operando en forma continua desde 1976 con los siguientes objetivos:

1. Determinar el valor agronómico de los nuevos cultivares de trigo bajo diferentes condiciones ecológicas y de manejo en forma previa a su aceptación por el Programa Nacional de Certificación.
2. Estimular una cooperación más amplia entre los fitomejoradores en el uso del germoplasma y mejorar la eficiencia del gasto dedicado a la investigación.
3. Demostrar que este tipo de prueba cooperativa es eficiente y barato a fin de que sirva de modelo para la certificación de otras plantas cultivadas.

Participan en este esfuerzo diversas organizaciones como la Unidad Técnica de Semilla del Servicio Agrícola y Ganadero del Ministerio de Agricultura, que actúa como entidad coordinadora y supervisora; cuatro estaciones experimentales universitarias; dos a tres estaciones experimentales privadas; y el Instituto de Investigaciones Agropecuarias.

Previamente a la ejecución de los trabajos, los miembros aprueban el método, las localidades (aproximadamente 25), los cultivares y las líneas avanzadas por localidad, las condiciones de las semillas y su tratamiento, el manejo del ensayo por localidad, las observaciones para obtener, el método de cosecha, el muestreo, la inspección y la forma de presentar los resultados.

La ejecución es de responsabilidad de cada participante. Los datos son remitidos a la Unidad Técnica de Semilla, la que los procesa y distribuye entre los cooperadores.

El Ensayo Cooperativo ha presentado varios problemas que han amagado su existencia e impedido que sea adoptado como elemento de información para la certificación de otras plantas cultivadas. Estos problemas se han debido a que algunos de los participantes han utilizado la información generada con fines de propaganda o propósitos comerciales. Además, algunos de los cooperantes emplean la red sólo con el fin de legitimar su actividad.

Redes internacionales

REDES DE LOS CENTROS INTERNACIONALES DE INVESTIGACION AGRICOLA (CIIA). Chile ha participado en numerosos esfuerzos internacionales con los CIIA. Son esencialmente jardines (colecciones) y ensayos que se conforman a la definición de redes del tipo (b) de transferencia de materiales genéticos y puesta a disposición de algunos de los miembros de servicios específicos de evaluación.

El INIA es la contraparte nacional para los siguientes centros y especies:

CIAT	frijol, arroz	ICARDA	lenteja, garbanzo, habas
CIMMYT	trigo, triticale, maíz	ICRISAT	lenteja, garbanzo
CIMMYT/ICARDA	cebada	IRRI/CIAT	arroz
CIP	papa		

Los objetivos, las metodologías y, en especial, los materiales incluidos, son definidos a nivel del Centro, con muy poca interacción de las instituciones participantes.

PROGRAMA COOPERATIVO DE INVESTIGACION AGRICOLA DEL CONO SUR. El Programa Cooperativo de Investigación Agrícola del Cono Sur (PROCISUR) comprende actividades de los institutos nacionales INTA de Argentina, EMBRAPA de Brasil, INIA de Chile, DIAEF de Paraguay y CIAAB de Uruguay. Se creó como una típica red de intercambio de información la que, con el transcurso del tiempo, ha incorporado exitosamente actividades de intercambio de materiales genéticos, tales como:

LACOS	Jardín (colección) de líneas avanzadas de trigo del Cono Sur.
ERCOS	Ensayo de rendimiento de trigo del Cono Sur.
ELAR	Jardín (colección) de trigo para evaluación a royas; y recientemente
REFCOSUR	Red de evaluación de forrajeras del Cono Sur.

Estos esfuerzos participan de las características de las redes de tipo (d) de investigación colaborativa, ya que tanto los objetivos, la metodología y los resultados son de interés común y las responsabilidades se distribuyen en ejercicios de ajuste de programación y evaluación anuales.

PROGRAMA LATINOAMERICANO DE MAIZ. El Programa Latinoamericano de Maíz (LAMP) es un acuerdo entre el Servicio de Investigación Agrícola (ARS) del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos y 11 países latinoamericanos, incluyendo a Chile. El objetivo es preservar y desarrollar el uso de los recursos genéticos del maíz en beneficio de la humanidad.

Este esfuerzo se adapta a las definiciones de redes del tipo (c) de investigación coordinada y del (d) colaborativa, ya que existe un ente coordinador financiador, específicamente el ARS, y la metodología, materiales, resultados son evaluados y ajustados anualmente en conjunto.

CONDICIONES QUE DETERMINAN LA EFICIENCIA Y EFICACIA DE UNA RED

La experiencia de INIA en materias de redes indica que la eficacia y, en consecuencia, el éxito de ellas radica en que se cumplan a lo menos las siguientes condiciones:

1. Homogeneidad científica y tecnológica de los participantes, de modo que los problemas abordados, la visión que se tiene de los mismos y el lenguaje empleado sea común.

2. Compatibilización en los intereses de los participantes, tratando de balancear lo que cada uno de los miembros puede ofrecer y lo que puede obtener.
3. Objetivos claros, especialmente en lo que se refiere al uso que se va a dar a los resultados. Esto es de especial importancia en materias de intercambio genético donde los objetivos pueden ser muy diversos: prestigio, eficiencia, lucro, propaganda, etc.
4. Metas claras, que especifiquen los problemas para estudiar, los resultados esperados y sobre todo la dimensión que se debe dar al trabajo.
5. Compromiso institucional realista en materia de asignación de recursos humanos, financieros y físicos destinados en forma específica a la red.
6. Coordinación definida, tanto al nivel superior institucional, como al de los participantes en la ejecución, con el fin de desarrollar y mantener el compromiso institucional.
7. Intercambio fluido de ideas, informaciones y materiales.
8. Información educativa adecuada de los niveles de decisión política de las instituciones participantes con el fin de desarrollar una actitud comprensiva de respaldo a las actividades que se realizan.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- BONILLA, S.; CUBILLOS, A.G. 1987. Chile's experiences in Agricultural Research Networks. In: ISNAR, International Workshop on Agricultural Research Management. The Hague, ISNAR. pp. 131-136.
- GASTAL, E. 1986. Acción Cooperativa y la Eficiencia de la Investigación Agrícola. Trabajo presentado a la Primera Reunión Internacional de Sistemas Nacionales de Investigación Agrícola y Segunda Convención Global del IFARD. Brasilia, 38 p. (mimeo.)
- MARTINEZ NOGUEIRA, R. 1987. Agricultural Research Networks: An Analytical Framework. In: ISNAR, International Workshop on Agricultural Research Management. The Hague, ISNAR. pp. 119-130.
- UNIDAD TECNICA DE SEMILLA, SERVICIO AGRICOLA Y GANADERO, DIVISION DE PROTECCION AGRICOLA. 1982. Reglamento sobre ensayos cooperativos de trigo. Santiago. 6 p. (mimeo.)
- VENEZIAN, E. 1987. Chile and the CGIAR. A study of their collaboration in Agricultural Research. Washington, The World Bank. 190 p. (mimeo.)

Avaliação e Provas de Materiais Genéticos Avançados no Brasil

JOSE AMAURI BUSO, RAFAEL E. JABUONSKI y FRANCISCO J.B. REIFSCHNEIDER

Pesquisadores Centro Nacional de Pesquisa de Hortaliças (CNPQ), Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), Brasília DF, Brasil.

INTRODUÇÃO

Dentro do Programa Nacional de Pesquisa de Hortaliças (PNPH) há uma série de projetos comuns que integrados, constituem o Ensaio Nacional de Cultivares de Batata (ENCB). O ENCB compreende uma rede de ensaios nacionais coordenados pelo Centro Nacional de Pesquisa de Hortaliças (CNPQ), realizados com a colaboração de Empresas Estaduais de Pesquisa, outros Centros Nacionais da EMBRAPA, Universidades, Instituições Estaduais de Pesquisa e uma Cooperativa de produtores. Iniciado em 1977, vem sendo conduzido sem interrupção até a presente data.

FINALIDADES E ETAPAS DO ENCB

O ENCB tem as seguintes finalidades:

1. Selecionar as melhores cultivares importadas e nacionais para as condições brasileiras.
2. Prover informações ao Ministério da Agricultura, demais autoridades governamentais ligadas à importação de batata semente, agricultores, extensionistas, etc.
3. Apoiar programas de melhoramento do Brasil, na avaliação de cultivares e/ou clones avançados em diferentes regiões do país.
4. Prover à EMBRAPA-Serviço de Produção de Sementes Básicas e outros interessados, com informações, a fim de que estes promovam a multiplicação de batata semente básica das melhores cultivares.

O ENCB consiste de duas etapas:

Teste de primeira avaliação

São testes preliminares, realizados em cinco locais, um por Estado, sendo hoje conduzidos nos Estados do Rio Grande do Sul, Paraná, Minas Gerais, Espírito Santo e Distrito Federal. Juntas, as produções destes estados representam 75% da produção total

de batata consumo no Brasil. A duração desta etapa é de um ano, compreendendo duas épocas de plantio por local. O delineamento experimental é o de blocos casualizados aumentados, com as cultivares testemunhas "Baronesa" (Brasil), "Bintje" e "Radosa" (Holanda). As parcelas contém 20 plantas, em duas linhas. Geralmente há um número variável entre 25 a 40 novas cultivares, a cada ciclo. Cada país interessado pode indicar até 10 cultivares não testadas anteriormente. O objetivo desta etapa é indicar as cultivares que passarão para a etapa seguinte, a do Teste Avançado.

Teste avançado

É a avaliação final feita em um número maior de locais, utilizando os genótipos selecionados nos Testes de Primeira Avaliação. No momento são feitos experimentos em doze Estados, em 17 locais. A duração desta etapa é de dois anos, com algumas regiões apresentando duas épocas de plantio por ano. O delineamento experimental utilizado é o de blocos casualizados com quatro repetições. As parcelas contém 56 plantas (4 linhas com 14 plantas), sendo vinte úteis. As testemunhas utilizadas são as mesmas do Teste de Primeira Avaliação. Os caracteres observados são: vigor vegetativo, ciclo, floração e frutificação, produção total, produção por classe de diâmetro de tubérculos ($0 < 45$ mm; $0 \geq 45$ mm), problemas fisiológicos (crescimento secundário, rachaduras, coração oco, preto, e manchas internas).

Até momento, os programas de melhoramento no Brasil tem se utilizado pouco desta rede de avaliação. A maioria das cultivares testadas é de origem européia (Holanda, Suécia, Alemanha, Polónia, França). Espera-se que com um maior desenvolvimento dos programas de melhoramento no Brasil, haja um aumento substancial de clones avançados avaliados nesta rede de ensaios. Portanto, há facilidade de se avaliar clones realmente promissores dos programas brasileiros ou de outros programas com objetivos comuns nas principais regiões produtoras de batata do Brasil.

Evaluación y Pruebas de Materiales Genéticos Avanzados en el Uruguay

FRANCISCO VILARO, CARLOS CRISCI y DANIEL FERNANDEZ

Ing. Agr., Ph.D., Subdirector de Departamento; Ing. Agr. Jefe de Sección, Programa de Papa; Ing. Agr., Subdirector de División, respectivamente. Centro de Investigaciones Agrícolas "A. Boerger" (CIAAB). Estación Experimental "Las Brujas", Las Piedras, Canelones, Uruguay.

INTRODUCCION

El desarrollo del programa de evaluación iniciado alrededor de 1976 se realizó en forma paralela al del programa tubérculos-semillas. Se entiende que para lograr una difusión importante de cualquier material genético, éste debería estar adaptado a las condiciones de multiplicación de las zonas y épocas más aptas de acuerdo con sus características, es decir, debería posibilitar su multiplicación en forma continuada, por el productor semillerista y aun el comercial, en dos instancias cada uno. Otros esquemas de multiplicación y utilización que implicaran una sola plantación al año, no son considerados por tener menor importancia e implicar un mayor riesgo económico. En este trabajo se describen los principales aspectos de la evaluación de materiales genéticos de diverso origen.

METODOLOGIA DE EVALUACION

Se destaca que la evaluación para los distintos esquemas productivos se realiza en las zonas y épocas más apropiadas. Los distintos materiales genéticos se evalúan preferentemente en uno de los dos esquemas de producción posibles en el país. Estos esquemas fueron identificados como de cuatro cultivos en dos años, con evaluaciones en primavera y otoño en forma sucesiva, o de tres cultivos en dos años en las sucesiones de otoño, verano e invierno.

A la luz de las consideraciones precedentes y destacando las circunstancias más limitantes y las épocas de multiplicación inicial correspondientes, se establecen las estaciones de evaluación para cada zona de importancia del país. Estas comprenden primavera y otoño para cultivares precoces y de reposo corto en el noreste (Tacuarembó) y sur (San José); en invierno y otoño en el litoral norte (Salto) y sur (San José, costas del Río de la Plata) y verano en el litoral este (Maldonado-Rocha). Las épocas de arrase de los ensayos consideran en la actualidad un solo momento, variando desde tres meses a partir de la plantación en ensayos de primavera, a cerca de cuatro meses en las épocas restantes. La diferente aptitud de los cultivares y clones en alguna de estas instancias de evaluación se refleja en el comportamiento en las épocas particulares, pero también el resultado global de

las dos plantaciones sucesivas. Normalmente se preferirían aquellos materiales con cierta estabilidad de rendimiento entre épocas sucesivas. Esto último es menos probable si se considera el comportamiento en otoño y primavera, por ser las épocas más contrastantes desde el punto de vista de las condiciones climáticas. Con el conocimiento de las diferencias de comportamiento entre estaciones, pueden ajustarse correspondientemente las áreas por plantar con cada cultivar.

Los tubérculos-semillas para la primera plantación en cualquiera de estos ciclos son producidos bajo condiciones de aislamiento, saneamiento y control de enfermedades degenerativas y sometidos a similares condiciones de manejo. Hasta el presente, el material de propagación para la segunda plantación se obtenía en similares condiciones de aislamiento y control exhaustivo de enfermedades degenerativas. No obstante, actualmente se está considerando la modificación de esta metodología. La orientación que se tomaría sería utilizar para la segunda plantación lo obtenido en el ensayo anterior. Con este proceder, se asegurarían condiciones de evaluación más cercanas a lo normalmente utilizado por los productores y se lograría poner de manifiesto la diferente susceptibilidad a enfermedad' degenerativas de los distintos materiales.

La época elegida para realizar la evaluación preliminar en parcelas de observación, corresponde al verano en el litoral este. Seguidamente se incluyen en los ensayos correspondientes a la época de invierno. Por último, de acuerdo a su precocidad, reposo y demás características favorables, los distintos materiales se derivan en el siguiente otoño, para ser evaluados en uno de los dos esquemas considerados (Figura 1).

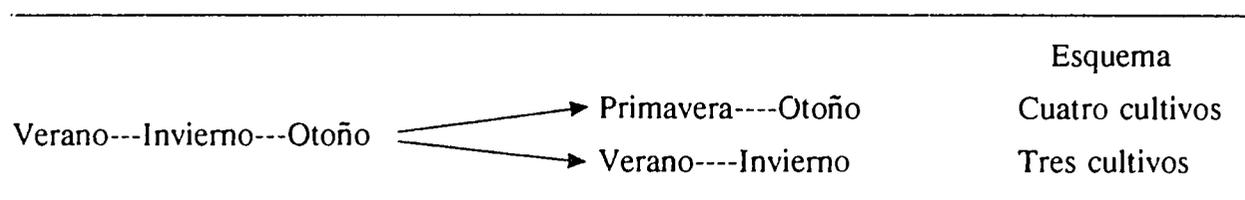


Figura 1. Esquemas de evaluación para cultivares de cuatro y tres cultivos en dos años.

Los ensayos regionales comparativos, por lo común comprenden parcelas de alrededor de 40 plantas replicadas en 4 bloques. La distancia entre plantas es de 25 cm en primavera y 30 cm en las otras épocas. Por lo común se realiza en condiciones de secano. El manejo general del ensayo procede con las pautas comunes para productores de relativo buen nivel tecnológico. Las evaluaciones durante el cultivo tienen en cuenta la velocidad de emergencia, hábito, tipo de planta, senescencia y susceptibilidad a enfermedades, especialmente virus, tizones y marchitamientos. La clasificación a la cosecha se realiza en tres fracciones y se determinan características de forma, aspecto y defectos.

Algunos Problemas Cuarentenarios, Normas y Procedimientos para el Intercambio de Germoplasma de Papa entre los Países de las Instituciones Integrantes del PROCIPA¹

OSCAR A. HIDALGO

Ph.D., Anteriormente Director Regional (Región II)-Sede Brasilia y Coordinador PROCIPA. Actualmente Director Regional (Región I), Centro Internacional de la Papa (CIP).

INTRODUCCION

Las instituciones nacionales de investigación agropecuaria tratan de conseguir la mayor cantidad de material genético de fuentes externas para facilitar los trabajos de obtención de nuevos cultivares. Estas cantidades, sin embargo, deben limitarse a importaciones lo más seguras que sea posible para evitar la introducción de plagas y enfermedades exóticas que pudieran poner en peligro los recursos genéticos nacionales. La introducción en pequeños volúmenes de material genético para investigaciones es usualmente más difícil que la introducción de grandes volúmenes de papa para plantar o para consumo. Esta situación, algo paradójica, probablemente se ha debido al poco cuidado que han tenido algunos investigadores en la introducción de material o a la falta de seriedad de otros pocos que hacen envíos sabiendo que sus materiales pudieran causar problemas.

Pese a que este tipo de situaciones es cada vez menos frecuente, se mantiene, sin embargo, un celo excesivo y desmesurado en algunas instituciones de sanidad vegetal o en las instituciones delegadas para este fin, que hace muy difícil la introducción de material genético, aun de aquellos investigadores e instituciones de conocida solvencia moral y técnica.

En una asociación del tipo del PROCIPA, en la que el aumento de la cooperación horizontal de tecnología entre países e instituciones es uno de los objetivos principales, puede conseguirse fácilmente que se establezca un activo, eficiente y seguro intercambio de material genético.

En este documento se indican algunos de los problemas sanitarios presentes en los países del Cono Sur de Sudamérica y en el Perú, así como las normas y procedimientos básicos de cada uno de ellos, los cuales servirán para entender la situación actual y, lo que es más importante, facilitar el intercambio de material genético de papa entre países.

¹Programa Cooperativo de Investigaciones en Papa (PROCIPA); Miembros: INTA (Argentina), EMBRAPA (Brasil), INIA (Chile), CIAAB (Uruguay) y el CIP.

PRINCIPALES PROBLEMAS SANITARIOS

En la Tabla 1 se incluye la relación de los principales agentes de enfermedades y plagas en cada uno de los países miembros del PROCIPA. Son muy pocos los agentes de estos problemas que no existen en todos los países del Cono Sur; entre ellos: pudrición anular (*Corynebacterium sepedonicum*), verruga/roña negra (*Synchytrium endobioticum*), gangrena (*Phoma exigua* var. *exigua*), gusano blanco (*Premnotrypes vorax*) y palomilla guatemalteca (*Scrobipalopsis solanivora*). Tres agentes están presentes en algunos de los países pero en áreas muy restringidas y en algunos casos su presencia es dudosa: tubérculo ahusado (PSTV), en el Brasil (?); carbón (*Tecaphora solani*) y nematodo del quiste (*Globodera rostochiensis*), en Chile; falso nematodo del nudo (*Nacobus aberrans*), en Argentina. Estos y otros problemas sanitarios son los más mencionados en las declaraciones de los Certificados Fitosanitarios de origen. La mayoría de los demás problemas sanitarios existe en dos o más países y generalmente en áreas específicas.

Es importante recalcar que generalmente estos problemas están restringidos, lo cual algunas veces es ignorado en la consideración de introducir o no un material de otro país. Por ejemplo, en todos los países de la Subregión se ha reportado la presencia de marchitez bacteriana (*Pseudomonas solanacearum*), pero es casi improbable que una institución, de las integrantes del PROCIPA, envíe a otro país tubérculos producidos en un lugar (invernadero o campo) en el que hubiese la mínima sospecha de la presencia de la enfermedad. Es posible, sin embargo, que otras enfermedades o plagas más comunes (algunos virus, *Streptomyces*, *Fusarium*, *Rhizoctonia*, *Alternaria*, etc.), dada su amplia distribución en los países receptores del producto, pudieran estar presentes en el cultivo o en los tubérculos cosechados.

Es necesario que las regulaciones cuarentenarias traten estos casos en forma realista y se permita que el material para importar tenga hasta un determinado porcentaje de tal o cual problema común. De otros problemas poco comunes o ausentes, deberá mantenerse el nivel 0 (cero), tal como lo muestran los ejemplos de la Tabla de Tolerancias del Brasil y Uruguay incluidas en los apéndices 1 y 2 al final de este artículo.

En todos los países de la Subregión y en el CIP, existen ya buenos programas de certificación de semillas entre cuyos objetivos está principalmente el de mantener, lo más bajo posible, los niveles de los problemas sanitarios aquí comentados. Existen además, muy buenos programas de producción de tubérculos-semillas de categoría prebásica incluyendo la multiplicación *in vitro*, pruebas serológicas y producción bajo condiciones controladas; todo esto para materiales comerciales cultivados en gran escala o para los mantenidos con el fin de producir tubérculos-semillas. Para facilitar el intercambio de este tipo de material, bastaría una adecuación de las normas. Para un intercambio mayor de material genético proveniente de los programas de mejoramiento, sería necesario, en primer lugar, conducir el programa con un esquema que permita la multiplicación, en condiciones controladas para exportación, de los materiales promisorios. Cada programa debe disponer de mejores condiciones de cuarentena para recibir los materiales de otros programas. La producción de semilla sexual para exportación de materiales previamente seleccionados agilizaría mucho el intercambio de material genético. Sería necesario, sin embargo, la implantación de las pruebas para PSTV; el CIP ha ofrecido ya su colaboración para llevar a cabo estas pruebas hasta que una institución de la organización se haga cargo de la prueba para brindarla a los demás miembros.

Tabla 1. Enfermedades y plagas (nematológicas e insectiles) presentes en cada país sede de las instituciones que integran el PROCIPA. Enero, 1988. (Compilado por O. Hidalgo.) Ver Nota 1.

Agentes de:	Países				
	Argentina	Brasil	Chile	Uruguay	Perú (CIP)
1. ENFERMEDADES					
* PLRV, PVY, PVX	+	+	+	+	+
PVM, PVA	-	+	+	-	-
* APMV/APLV	-	+ (M)	+ (M, L)	-	+ (M,L)
* TSWV	+	+	- (?)	+	-
* PSTV	-	+	-	-	-
Mos. Deformante	+	+	-	-	-
* <u>Pseudomonas solanacearum</u>	+	+	+	+	+
<u>Erwinia spp.</u>	+	+	+	+	+
* <u>Streptomyces sp.</u>	+	+	+	+	-
* <u>Corynebacterium sp.</u>	-	-	-	-	-
<u>Fusarium/Verticillium</u>	+	+	+	+	+
<u>Phytophthora/Alternaria</u>	+	+	+	+	+
<u>Rhizoctonia sp.</u>	+	+	+	+	+
* <u>Synchytrium endobioticum</u>	-	-	-	-	+
* <u>Phoma exigua</u>	-	-	-	-	+ (?)
* <u>Tecaphora solani</u>	-	-	+	-	+
2. PLAGAS NEMATOLÓGICAS					
* <u>Globodera spp.</u>	-	-	+	-	+
<u>Meloidogyne spp.</u>	+	+	+	+	+
<u>Nacobus spp.</u>	+	-	-	-	+
* <u>Ditylenchus sp.</u>		+			
3. PLAGAS INSECTILES					
* <u>Phthorimaea sp.</u>	+	+	+	+	+
<u>Leptinotarsa sp.</u>		-			
* <u>Premnotrypes sp.</u>	-	-	-	-	+
<u>Scrobipalopsis sp.</u>	-	-	-	-	-
<u>Agrotis sp.</u>	+	+	+	+	+
<u>Liriomyza spp.</u>	+	+	+	+	+
<u>Myzus/Macrosipum (otros)</u>	+	+	+	+	+
<u>Epidax sp.</u>	+	+	+	+	+

* Agentes de los que más comúnmente se solicita certificación de ausencia de los certificados fitosanitarios.

+ = Presente en algunas regiones del país.

-/+ (?) = Distribución dudosa.

- = No reportado.

Nota 1: Otras enfermedades o plagas no incluidas en esta Tabla podrán estar también presentes en alguno de estos países. Esta información está sujeta a revisión periódica.

En conclusión, de acuerdo con los conocimientos científicos acumulados hasta el presente sobre los agentes aquí comentados, de acuerdo también con las herramientas de detección hasta ahora disponibles y con la confianza que debe tener cada institución integrante del PROCIPA al intercambiar material, se puede afirmar que los riesgos de introducción de plagas y enfermedades exóticas se ha reducido significativamente y que las instituciones constituyentes del PROCIPA bien podrían, después de un acuerdo específico para este fin, agilizar el intercambio de material genético.

RESUMEN DE NORMAS Y PROCEDIMIENTOS

En la Tabla 2 se presenta en resumen los procedimientos más importantes para la introducción de muestras de material genético de papa para investigación. Se incluyen también, los nombres de las instituciones que fiscalizan la entrada del material. En los Apéndices 1 a 4, se incluyen informaciones sobre normas, tolerancias y algunos procedimientos específicos para Brasil, Chile, Uruguay y el CIP respectivamente. Todas estas informaciones fueron obtenidas de los trabajos y presentaciones en el Taller de Trabajo "Avances en la Producción de Semilla Prebásica de Papa en los Países del Cono Sur", realizado en octubre de 1987 en Canoinhas, Brasil, y publicado por el CIP (Hidalgo y Rincón, eds., 1989).

La introducción (importación) de material para tubérculos-semillas en volúmenes grandes está supeditada a permisos especiales otorgados por los Ministerios de Comercio y Agricultura. Brasil y Uruguay, todavía importan tubérculos-semillas en volúmenes grandes, los cuales son definidos cada año. En ambos países se exigen inspecciones y tomas de muestras en el puerto de llegada. Estos procedimientos son muy rápidos dada la perecibilidad del producto y la credibilidad en los exportadores, en otras palabras, debido a la confianza que tienen los países importadores en los programas de certificación en los países de origen. El material importado usualmente no pasa por ninguna cuarentena y es plantado directamente a campos de productores. Las importaciones de papa para consumo, eventualmente y contra todas las reglas, pueden también llegar a plantarse como ocurrió en la Argentina (1986/1987) con papas importadas de Polonia o como lo que ocurrió en Chile con papas importadas para consumo. Es muy probable que con estas papas se facilitó la introducción de la marchitez bacteriana (P. solanacearum) a la zona central del país.

Conociendo bien las normas y procedimientos es posible agilizar los envíos, pero es muy importante también facilitar el intercambio de materiales, evitando excesivos trámites burocráticos y adecuando los reglamentos de cuarentena y certificación, mediante una comisión con poder decisorio, que proponga normas cuarentenarias (y acuerdos realistas) a los funcionarios de las organizaciones de Sanidad Vegetal de los países del Cono Sur. Al respecto, las principales conclusiones del Taller de Trabajo sobre tubérculos-semillas realizado en Canoinhas, en octubre de 1987, deberán ser consideradas y ampliadas para hacer un efectivo intercambio de materiales, base para una verdadera transferencia horizontal de tecnología.

Tabla 2. Resumen de las normas y procedimientos para la introducción de muestras de material genético de papa para investigación a los países sedes de las instituciones integrantes del PROCIPA. Enero, 1988. (Compilado por O. Hidalgo.)

Procedimiento:	Exigido (x) por:				
	Argentina	Brasil	Chile	Uruguay	Perú (CIP)
1. Institución(es) fiscalizadora(s)	(?)	CENARGEN	SAG	DSV (MGAP)	MAG (CIP)
2. Antes del envío					
2.1 Acuerdo entre Importador-Exportador	x	x	x	x	x
2.2 Importador requiere lista de material para ser introducido	- (?)	x	x	-	x
2.3 Importador envía permiso: Resolución (R), Etiqueta (E) o número AFIDI (N) para que acompañe al material.	-	x (E)	x (R)	x (N)	x (R)
2.4 Adjuntar certificado fitosanitario de embarque.	-	-	-	x	-
2.5 Tiempo medio (días) para conseguir y enviar permiso.	-	15	15 (R)	2 (AFIDI)	15
3. Envío y recepción					
3.1 Lista y genealogía de materiales	x	x	x	x	x
3.2 Certificado fitosanitario de origen (CF) que acompañe al material.	x	x	x	x	x
3.3 Cláusula adicional en CF	-	x	x	x	x
3.4 Institución (S) y lugar a donde debe ser enviado el material.	INTA-CENTRAL (Buenos Aires)	CENARGEN (Brasilia)	SAG/INIA (Santiago)	CIAAB/DSV (Montevideo)	CIP (Lima)
3.5 Tiempo medio (días)* desde su envío a recepción.	15	30	15	20	15
3.6 Cuarentena:					
Tubérculos	-	x	x	-	x
Semilla sexual	-	-	-	-	-

x = requerido; - = no requerido; ? = dudoso.

N = AFIDI: Acreditación Fitosanitaria de Importación.

* = Tiempo basado en envíos desde el CIP, Lima

Instituciones:

INTA: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.

CENARGEN: Centro Nacional de Recursos Genéticos.

SAG: Servicio Agrícola y Ganadero.

DSV (MGAP): Dirección de Sanidad Vegetal (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca).

MAG: Ministerio de Agricultura y Ganadería.

Apêndice 1

BRASIL: PROCEDIMIENTOS Y TOLERANCIAS PARA IMPORTACION DE MATERIAL GENETICO DE PAPA

(Fuente: Lopes, 1987)

Para o caso da batata, germoplasma é normalmente recebido sob três formas:

1. Sementes verdadeiras: são enviadas ao CENARGEN, que fará as análises de rotina em amostra de, aproximadamente, 10% das sementes, liberando a seguir as sementes restantes a instituição solicitante.
2. Tubérculos: são enviados ao CENARGEN, que repassam o material para o CNPH para quarentena sob a supervisão desse. Após a quarentena, o germoplasma é repassado ao CENARGEN para distribuição aos interessados.
3. Cultivo in vitro, testado no país de origem: são enviados ao CENARGEN, que retirará uma amostra de cada genótipo para sua coleção, distribuindo o restante para multiplicação no CNPH ou alguma outra instituição interessada.

Nos últimos anos, a distribuição de germoplasma de batata do Brasil para outros países tem sido feita pelo CENARGEN através de CENARGEN através de plântulas in vitro, após devidamente testadas para a ausência de patógenos.

Tabela de tolerâncias

Agentes patogênicos e defeitos	Tolerância (%)	
	Semente	Consumo
<u>Sychitrium endobioticum</u>	0	0
<u>Corynebacterium sepedonicum</u>	0	0
<u>Pseudomonas solanacearum</u>	0	0
<u>Globodera rostochiensis</u>	0	0
Raças necroticas do P ¹ Y	0	0
<u>Streptomyces scabies</u> ^a	10	10
<u>Spongospora subterranea</u> ^a	5	10
<u>Rhizoctonia solani</u> ^a	10	20
<u>Fusarium ssp.</u>	3	3
<u>Alternaria solani</u>	3	3
<u>Meloidogyne spp.</u>	1	1
Podridões moles	1	1
Danos por insetos	6	6
Coração oco	6	6
Coração preto	6	6

^a 1/8 da superfície do tubérculo coberto.

Apéndice 2

CHILE: PROCEDIMIENTOS Y TOLERANCIAS PARA IMPORTACION DE MATERIAL GENETICO DE PAPA¹

(Fuente: Hidalgo y Rincón, 1989)

Resumen de normas para la introducción de material genético a Chile

1. Puertos habilitados para recibirlas. Infraestructura de control.
2. Cumplir con exigencias generales y especiales.
 - . Certificado fitosanitario de autoridad competente.
 - . Certificado que acredite el lugar de producción.
 - . Declaraciones adicionales. Fitosanitarias, tratamientos.
3. Exámenes de inspección a su arribo al laboratorio.
4. Cumplir cuarentena.
5. Cumplir tratamientos fitosanitarios.
6. No admitir su ingreso por motivos sanitarios y reexportarlos.
7. Destrucción de las mercaderías cuando las demás alternativas no puedan cumplirse.

Procedimientos para internación a Chile de material genético de papa

1. Tubérculos y microtubérculos (cuarentena).
 - 1.1 Sin tierra, envases primer uso.
 - 1.2 Sin pudriciones ni deformaciones.
 - 1.3 Libres de quistes de Globodera y Heterodera.
 - 1.4 Ausencia de Ditylenchus destructor.
 - 1.5 Libres de Premnotrypes spp.
 - 1.6 Streptomyces scabies: hasta 1/3 de superficie en 5% de los tubérculos
 - 1.7 Rhizoctonia solani: hasta 5% de superficie máximo, en 15% de los tubérculos.

¹Información presentada por el Ing. Agr. Alejandro G. Peña (SAG-Chile) durante el Taller de Trabajo "Avances en la Producción de Semilla Prebásica de Papa en los Países del Cono Sur". Canoinhas SC. Octubre, 1987.

1.8 Ausencia de:
Corynebacterium michiganense pv. sepedonicum
Pseudomonas solanacearum
Oospora pustulans
Phoma exigua var. foveata
Spongospora subterranea
Tecaphora solani
Phytophthora erythroseptica
Synchitrium endobioticum

1.9 En cultivo no más de 0.5% virus PLRV
PVY
PVX
PVA
PVS
PVM

1.10 Ausencia de Tomato Black Ring Virus (TBRV)
Tobacco Ringspot Virus (TRSV)
Andean Potato Latent V (APLV)
Andean Potato Mottle V (APMV)
Potato Spindle Tuber Vd (PSTV)

2. Esquejes, plántulas in vitro, cultivo de tejidos (invernadero)
Libres de virus
Libres de PSTV
3. Semilla sexual
Plantas madres negativas a PSTV.

Apéndice 3

URUGUAY: TOLERANCIAS PARA LA IMPORTACION DE MATERIAL GENETICO DE PAPA

(Fuente: Fernández, 1987)

Plagas para las cuales la semilla importada debe estar libre^a

Nombre común		Nombre Científico
Nematodos dorados	(O) ^b	<u>Globodera rostochiensis</u> <u>Globodera pallida</u>
Nematodo de la pudrición de la papa	(O)	<u>Dytilenchus destructor</u>
Podredumbre anular bacteriana	(O)	<u>Corynebacterium sepedonicum</u>
Podredumbre parda bacteriana	(O)	<u>Pseudomonas solanacearum</u>
Verruga o cáncer de la papa	(O)	<u>Synchytrium endobioticum</u>
Polilla de la papa	(E)	<u>Gnorimoschema operculella</u>
Polilla de la papa	(E)	<u>Leptinotarsa dosemlineata</u>

^a Debe declararse, además, que la semilla estuvo libre de congelamiento.

^b (O) Exigido en el certificado fitosanitario de origen; (E) Exigido en el certificado fitosanitario de embarque.

Padrones de tolerancia especificados en la reglamentación uruguaya

Nombre común		Nombre científico y nivel	%	Observaciones
Cualquier virus	(O)	---	0,5	
Total de todos los virus no latentes	(O)	---	1,0	
Total de marchitamiento pata negra y virus	(O)	---	2,0	
Mezcla varietal	(O)	---	1,0	
Pudriciones húmedas	(E)	<u>Erwinia</u> spp.	0,1	
Podriciones secas	(E)	Tipo <u>Fusarium</u> spp.		
		<u>Phytophthora infestans</u>	1,0	
Sarna común	(E)	<u>Streptomyces scabies</u>		
		Leve	30,0 ^a	^a Hasta 1% de la superficie con manchas.
		Moderada	5,0 ^b	^b Hasta 10% de la superficie con manchas.
		Leve + moderada	25,0	
Sarna pulverulenta	(E)	<u>Spongospora subterranea</u>	1,0	Con pustulas llamativas.
Sarna plateada	(E)	<u>Helminthosporium solani</u>	25,0	Si el % es mayor se aceptará el lote previa desinfección con TBZ.
Sarna negra	(E)	<u>Rhizoctonia solani</u>		
		Leve	20,0	1 a 5% del tubérculo afectado.
		Moderada	5,0	Hasta 15% del tubérculo afectado.
		Leve + moderada	15,0	
Sarna común más sarna negra	(E)	Leve	45,0	
		Moderada	9,0	
		Leve + moderada	36,0	
Tubérculos afectados por enfermedades y defectos	(E)		5,0	Excluyendo sarna leve, <u>Rhizoctonia</u> leve y decoloración vascular.
Tubérculos mal formados o con daño externo	(E)		2,0	
Tubérculos no pertenecientes a la variedad	(E)		1,0	
Materias extrañas	(E)		1,0	(por peso)

(O) Exigido en el fitosanitario de origen.

(E) Exigido en el fitosanitario de embarque.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- FERNANDEZ, D. 1987. Servicios de certificación y análisis de los principales problemas cuarentenarios en el Uruguay. In: Hidalgo, O. y Rincón, H. eds., 1989. Avances en la producción de tubérculo-semilla de papa en los países del Cono Sur. Lima, Centro Internacional de la Papa. p. 75-81.
- HIDALGO, O.A.; RINCON, H. (eds.). 1989. Avances en la producción de tubérculo-semilla de papa en los países del Cono Sur. Lima, Centro Internacional de la Papa. 200 p.
- HIRANO, E. 1987. Situação atual do sistema de certificação de batata semente no Brasil e análise dos aspectos fitosanitarios para o intercambio internacional de batata semente. In: Hidalgo, O. y Rincón, H. eds., 1989. Avances en la producción de tubérculo-semilla de papa en los países del Cono Sur. Lima, Centro Internacional de la Papa. p. 67-71.
- LOPES, C. 1987. Legislação para importação de batata no Brasil. In: Hidalgo, O. y Rincón, H. eds., 1989. Avances en la producción de tubérculo-semilla de papa en los países del Cono Sur. Lima, Centro Internacional de la Papa. p. 73-74.

CAPITULO V

Asuntos Especiales

Taller de Trabajo

- a) Organización y Entidades Representadas**
- b) Lista de Siglas**
- c) Lista de Participantes**
- d) Direcciones de autores**
- e) Programa**

Reunión del PROCIPA

- a) Acta de la III Reunión**
 - b) Programa**
-

TALLER DE TRABAJO: AVANCES EN MEJORAMIENTO GENÉTICO DE LA PAPA EN LOS PAISES DEL CONO SUR

a) SU ORGANIZACION, Y ENTIDADES REPRESENTADAS

Lugar y Fecha

Balcarce, (Buenos Aires) Argentina, 26-28 de enero, 1988

Organización

Centro Internacional de la Papa (CIP)
Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA)

Patrocinio

Programa Cooperativo de Investigaciones en Papa (PROCIPA)

Instituciones¹ y Empresas Representadas

Argentina

INTA, Univ. Mar del Plata, Estación Exp. "Obispo Colombres", Ministerio
Asuntos Agrarios (Prov. Buenos Aires), IDEVI

Brasil

EMBRAPA, CIF, Coop. COTIA

Chile

INIA

Uruguay

CIAAB

U.S.A.

Cornell University

Perú

CIP

¹Ver siglas al reverso.

b) LISTA DE SIGLAS

CIP **Centro Internacional de la Papa**

Argentina:

INTA **Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria**
UNMDP **Universidad de Mar del Plata**
MAA **Ministerio de Asuntos Agrarios**
IDEVI
EAAOC **Estación Experimental Agroindustrial "Obispo Colombes"**

Brasil:

EMBRAPA **Empresa Nacional de Pesquisa Agropecuaria**
CNPQ **Centro Nacional de Pesquisa de Hortaliças**
COTIA **Cooperative Agricole de COTIA**
CNPFT **Centro Nacional de Pesquisa de Fruteras de Clima Temperado**

Chile:

INIA **Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria**

Uruguay

CIAAB **Centro de Investigaciones Agrícolas "Alberto Boerger"**

c) LISTA DE PARTICIPANTES

País/Participante	Institución	Lugar
1. Argentina		
Bianchini, Pablo R.	INTA	San Pedro
Buteler, Mario R.	UNIV. CORDOBA	Córdoba
Butzonitch, Iván P.	INTA	Balcarce
Camadro, Elsa L.	UNMDP/INTA	Balcarce
Capezio, Silvia	UNMDP/INTA	Balcarce
Carmona, Dora	UNMDP/INTA	Balcarce
Colavita, Mónica L.	UNMDP/INTA	Balcarce
Eyherabide, Juan José	UNMDP/INTA	Balcarce
Flego, Diana C.	UNMDP/INTA	Balcarce
Huarte, Marcelo A.	INTA	Balcarce
Inchausti, Mariano	MAA	Miramar (Bs. As.)
Melegari, Alicia L.	INTA	Balcarce
Mendiburu, Américo O.	INTA	Balcarce
Muñoz, Julio Escar	UNIV. CORDOBA	Córdoba
Pozzo Ardizzi, María C.	IDEVI	Viedma
Vincini, Ana María	UNMDP/INTA	Balcarce
Zamudio, Néstor	EEOC	Tucumán
2. Brasil		
Lopes, Carlos A.	EMBRAPA/CNPH	Brasilia
Yokoo, Haruki	COTIA	Canoinhas

País/Participante	Institución	Lugar
3. Chile		
Cubillos, Alberto G.	INIA	Santiago
Rojas, José Santos	INIA	Osorno
Kalazich, Julio	INIA/Univ. Cornell	Ithaca - N.Y.
4. Estados Unidos		
Plaisted, Robert L.	Univ. Cornell	Ithaca - N.Y.
5. Perú		
Hidalgo, Oscar A.	CIP	Brasilia
Jatala, Parviz	CIP	Lima
Jayasinghe, Upali	CIP	Lima
Mendoza, Humberto	CIP	Lima
6. Uruguay		
Crisci, Carlos	CIAAB	Montevideo
Vilaró, Francisco	CIAAB	Montevideo

d) DIRECCIONES DE AUTORES Y COAUTORES

País/Institución	Dirección	Nombres
<u>Argentina</u>		
INTA	Casilla Postal 276 7620 Balcarce Buenos Aires	Botta, G. Butzonitch, Iván P. Camadro, Elsa L. Capezio, Silvia Chaves, E. Flego, Diana C. Huarte, Marcelo A. Melegari, Alicia L. Mendiburu, Américo O. Monti, M.C. Rojas, E. Zamudio, Néstor
<u>Brasil</u>		
CNPFT/EMBRAPA	Pelotas RS, Brasil	Brune, S. Castro, C.
EMBRAPA/CNPH	Caixa Postal 07.0218 70.359 Brasilia, DF	Buso, José Amauri Jabuonski, R.E. Lopes, Carlos A. Reifschneider, Francisco J.B.
<u>Chile</u>		
INIA	Casilla Postal 439-3 Santiago	Cubillos, Alberto G. Fernández, Carmen Rojas, José Santos Kalazich, Julio

País/Institución	Dirección	Nombres
<u>Colombia</u>		
CIP	Apartado Aéreo 92654 Bogotá 8, D.E.	Hidalgo, Oscar A.
<u>Perú</u>		
CIP	Apartado Aéreo 5969 Lima	De la Puente, Fermín Martin, Carlos Jatala, Parviz Jayasinghe, Upali Mendoza, Humberto
<u>Uruguay</u>		
CIAB	Est. Exp. Las Brujas Casilla Postal 33085 Las Piedras, Canelones	Crisci, Carlos Fernández, Daniel Maeso, Diego Vilaró, Francisco

e) PROGRAMA

Martes 26

08:00	Inscripción	
08:30	Apertura	
	Bienvenida	Coordinador, Programa de Papa, INTA
	Objetivos de la Reunión	Director Regional, CIP
	Apertura Oficial	Director Regional, Buenos Aires Sur, INTA

Sesion I: "Situación Actual de los Programas de Mejoramiento Genético en los Países del Cono Sur".

Moderador: M.A. Huarte (INTA).

Relatores: C.A. Lopes (EMBRAPA)/O.A. Hidalgo (CIP).

09:00	Argentina	M.A. Huarte (INIA)
09:30	Brasil	A. Buso (EMBRAPA)
09:50	Descanso	
10:20	Chile	J.S. Rojas (INIA)
10:40	Uruguay	F. Vilaró (CIAAB)
11:00	CIP	H. Mendoza (CIP)
11:30	Discusión General	
12:15	Almuerzo	

Sesión II: "Mejoramiento Genético para Fines Específicos: Metodologías y Resultados".

Moderador: F. Vilaró (CIAAB)

Relatores: M.A. Huarte (INTA)/J.A. Buso (EMBRAPA)

A. Mejoramiento para Resistencia a Virus

13:30	Argentina	M.A. Huarte/I.P. Butzonitch (INIA)
13:45	Brasil	J.A. Buso (EMBRAPA)
14:00	Chile	J.S. Rojas (INIA)
14:15	Uruguay	C. Crisci (CIAAB)
14:30	Perú	H. Mendoza (CIP)

A.1 Componentes de la Resistencia a Virus, con Especial Enfasis en PLRV

14:50 Perú U. Jayasinghe (CIP)

15:10 Descanso

B. Mejoramiento para Precocidad y Reposo Corto

15:40 Argentina M.A. Huarte/N. Zamudio (INTA)

16:00 Uruguay F. Vilaró (CIAAB)

16:15 Perú H. Mendoza (CIP)

16:40 Discusión General

17:30 Cierre

Miércoles 27

Sesión II: (Continuación)

Moderador: J.A. Buso (EMBRAPA)

Relatores: C. Crisci (CIAAB)/J.S. Rojas (INIA)

C. Mejoramiento para Resistencia a Tizón Tardío y Tizón Temprano

08:00 Brasil C.A. Lopes (EMBRAPA)

08:20 Uruguay C. Crisci (CIAAB)

08:35 Perú H. Mendoza (CIP)

D. Resistencia a Bacterias, Nematodos y otros Patógenos

09:00 Argentina A.L. Melegari/M.A. Huarte (INTA)

09:20 Brasil C.A. Lopes/J.A. Buso (EMBRAPA)

09:35 Chile A.G. Cubillos (INIA)

10:00 Perú P. Jatala (CIP)

10:30 Descanso

D.1 The Integration of Several Selection Objectives

10:50 U.S.A. R.L. Plaisted (Cornell University)

11:30 Discusión General

12:15 Almuerzo

Sesión III: "Posibilidades del Uso de Metodologías de Mejoramiento no Convencionales en los Países del Cono Sur"

Moderador: H. Mendoza (CIP)

Relatores: A.G. Cubillos(INIA)/A.O. Mendiburu (INTA)

E. Ingeniería Genética

13:30 Chile A.G. Cubillos (INIA)

E.1 Manipulación a Nivel de Plodia

14:00 Argentina A.O. Mendiburu (INTA)

Sesión IV: "Redes de Evaluación y Pruebas de Materiales Genéticos Avanzados en y entre los Países del Cono Sur"

Moderador: H. Mendoza

Relatores: A.O. Mendiburu (INTA)/A.G. Cubillos (INIA)

15:30 Argentina S. Capezio/M.A. Huarte (INTA)

15:40 Brasil J.A. Buso (EMBRAPA)

15:50 Chile A.G. Cubillos (INIA)

F. Problemas Cuarentenarios Limitantes en el Intercambio de Semillas. (Conclusiones del Taller de Trabajo de Semilla, Canoinhas, Brasil.)

16:00 CIP O.A. Hidalgo (PROCIPA)

16:10 Discusión

F.1 Posibilidades de Intercambio de Materiales para Evaluaciones Estandarizadas en los Países de la Región. Conclusiones.

17:00 Cierre

Jueves 28

Sesión V: "Conclusiones y Recomendaciones" (ver capítulo I)

Moderador: O.A. Hidalgo (PROCIPA)

Relatores: El primer relator de cada sesión. Se leerán y discutirán las principales conclusiones y recomendaciones de cada sesión, las cuales serán previamente preparadas en grupos.

10:30 Visita a las instalaciones del Programa de Papa en la Estación Experimental Agropecuaria Balcarce.

13:00 Almuerzo

14:00 Reunión del PROCIPA (ver programa al final del capítulo).

Reunión del PROCIPA

Nota de los editores: La III Reunión de Coordinación de Actividades del PROCIPA tuvo como meta analizar y determinar las acciones conjuntas sobre mejoramiento genético de la papa entre las instituciones integrantes de la red. Su realización en conjunción con el Taller sobre Avances en el Mejoramiento Genético de la Papa en los Países del Cono Sur de Latinoamérica, es un ejemplo adicional de coordinación y una magnífica muestra de integración para compartir recursos y plantear necesidades que ofrecen los países integrantes del PROCIPA. Esa cooperación sobresale en el acta de la reunión.

a) ACTA DE LA III REUNION DE COORDINACION DE ACTIVIDADES DEL PROGRAMA COOPERATIVO DE INVESTIGACIONES EN PAPA (PROCIPA)

Proyectos

- Mejoramiento Genético de Resistencia a Virus, Precocidad y otras Características Importantes (Institución líder: INTA-Argentina).
- Melhoramento Genético e outros Métodos de Controles de Doenças causadas por Pseudomonas sp., Meloidogyne spp., Alternaria sp. e Phytophthora infestans (Institución líder: EMBRAPA-Brasil).

I Lugar y fecha

Balcarce, Argentina: 28-29 de enero de 1988.

II Propósitos

1. Programar las principales actividades para realizar en cada institución integrante en el área de mejoramiento genético dentro del marco del PROCIPA, para ser sometidas a consideración del Comité Técnico.

2. Analizar las acciones de capacitación, intercambio de científicos y otras actividades, para ser sometidas a consideración de los Comités Técnico y Ejecutivo.

3. Proponer las bases para la colaboración en la transferencia horizontal de tecnología en el área de mejoramiento genético.

III Representantes

A.O. Mendiburu/M.A. Huarte	INTA-Argentina
C.A. Lopes	EMBRAPA-Brasil
A. Cubillos/J.S. Rojas	INIA-Chile
C. Crisci/F. Vilaró	CIAAB-Uruguay
H. Mendoza/P. Jatala/U. Jayasingue	CIP-Perú
O.A. Hidalgo, Coordinador	CIP/PROCIPA-Brasil

IV Invitados

R. Plaisted	Cornell Univ. U. S. A.
I. Butzonitch	INTA-Argentina
J. Kalazich	INIA-Chile

V Antecedentes

Este grupo de trabajo se ha reunido en Balcarce, después de un Taller de Trabajo organizado por el CIP e INTA, para dar cumplimiento a la sugerencia del Comité Técnico reunido en Lima en marzo de 1987, en el sentido de convocar a especialistas de las instituciones integrantes para analizar cada uno de los proyectos de trabajo del PROCIPA. Por lo tanto, los documentos, conclusiones y recomendaciones de este grupo de trabajo son sometidos a consideración de Comité Técnico del PROCIPA para su análisis y consideración.

VI Sesión I: Antecedentes y bases para discusión

La reunión presidida por el Coordinador del PROCIPA, Dr. Oscar A. Hidalgo se inició a las 14:00 del 28 de enero de 1988 en las instalaciones del INTA Balcarce. Se aprobó el Programa de Trabajo propuesto por el Coordinador; el Programa aprobado se incluye al final del acta.

1. Resumen de la situación actual

El Cordinador del PROCIPA presentó un breve informe de la situación actual. Destacó que ya se había recibido confirmación del INTA (Argentina) e INIA (Chile) sobre el envío de las cartas solicitadas por el futuro donante (Gobierno de Italia) y que aún no se tenía confirmación de tal acción de EMBRAPA (Brasil) y del CIAAB (Uruguay). Destacó además, que el Dr. Brändolini, quien visitó el CIP en diciembre de 1987, había informado a los funcionarios del CIP que su Instituto en Italia ya estaba trabajando en la adquisición de los equipos solicitados en el documento original, así como en la selección del personal que tendrá relación con el Programa.

2. Ofrecimientos y solicitudes de colaboración

Cada institución integrante presentó un documento de ofrecimiento y solicitudes de colaboración, los cuales se incluyen como Apéndice. Además, los participantes en esta reunión hicieron un ejercicio de agrupar en un cuadro los ofrecimientos y las solicitudes de cada institución. La Tabla 1 resume estas informaciones.

Tabla 1. Resumen de solicitudes (S) y ofrecimientos (O) de colaboración de las instituciones miembro de PROCIPA en mejoramiento genético de papa

Áreas de trabajo	Instituciones										
	INTA		EMBRAPA		INIA		CIAAB		CIP		
	S	O	S	O	S	O	S	O	S	O	
A) Desarrollo de tecnologías para tamizado y selección de material genético para:											
. <u>Erwinia</u> spp.	+	* *	+	-	-	-	-	-	-	+	+
. <u>Rhizoctonia</u> sp.	+	+	+	-	-	-	-	-	-	+	-
. <u>Verticillium</u> spp.	+	-	-	-	+	?	-	+	-	-	-
. <u>P. infestans</u>	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+
. <u>Fusarium</u> spp.	+	+	+	-	-	-	-	+	-	+	-
. <u>Alternaria</u> spp.	-	-	-	+	-	-	-	+	+	-	+
. <u>P. solanacearum</u>	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-	+
. <u>Streptomyces</u> sp.	-	+	-	-	-	-	-	-	-	+	?
. <u>Meloidogyne</u> spp.	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+
. PLRV	+	+	+	-	-	+	-	+	+	-	+
. PVY	+	+	+	-	-	-	-	+	+	-	+
. Calidad culinaria		+						+			+
. Manejo de información (Redes)	+	-	-	+	-	+	-	-	-	-	+
B) Material genético											
- Resistente a:											
. <u>Erwinia</u> spp.	x									x	●
. <u>Rhizoctonia</u> sp.	x		x							x	
. <u>Verticillium</u> spp.	x									x	
. <u>P. infestans</u>	x		x	o	x						●
. <u>Fusarium</u> spp.	x	●						x		x	
. <u>Alternaria</u> spp.		o	x	●	x			x			●
. <u>P. solanacearum</u>			x					x			●
. <u>Streptomyces</u> sp.	x	o			x						o
. <u>Meloidogyne</u> sp.	x		x								●
. <u>Globodera</u> spp.					x						●
. PVY	x	●	x	o	x			x	o		●
. PVX	x	●	x		x			x	o		●
. PV'S	x									x	
. PLRV	x	●	x	o	x	o		x	o	x	●
- Con características buenas para:											
. Hojuelas ("Chips")	x	●	x		x	●					o
. Precocidad/reposo corto	x	o			x	o		x	o		●
. Potencial de producción		●	x	●	x	●					●
. Contenido de materia seca		o	x	o	x	o					o
. Calor		o	x		x			x			●
. Frío	x										●
. Cruzamientos especiales	x	x	x	x	x			x		x	x
. Información de progenitores	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x
. Limpieza de materiales	x		x		x			x			●
. Banco de datos	x		x		x			x		x	

*+ = Solicita/ofrece; - = No solicita/no ofrece; ? = Por confirmar.

x = Solicita/ofrece: resultados de trabajo aún no disponibles o disponibles parcialmente.

o = Material genético en desarrollo (aún no disponible); ● = material genético avanzado disponible (clones o poblaciones).

Se observó que la mayoría de las instituciones necesitan desarrollar o doptar tecnologías de tamizado para resistencia o tolerancia a las enfermedades y plagas importantes. Por ejemplo, el INTA (Argentina) necesita tecnología para tamizar para resistencia a ocho enfermedades o plagas, pero tiene en proceso de desarrollo cinco de estas técnicas. La EMBRAPA (Brasil) cuenta con capacidad para tamizar para resistencia a P. infestans, P. solanacearum y Meloidogyne sp., pero necesita tecnología para tamizar para resistencia a virus. En el caso del INIA (Chile), solicita y ofrece menos debido principalmente a sus condiciones ambientales favorables para la producción de tubérculos-semilla de buena sanidad. El CIAAB (Uruguay) tiene varias necesidades pese a que también están desarrollando tecnologías específicas. Finalmente, fue indicado que el CIP ha desarrollado y pone a disposición de los miembros del PROCIPA una serie de metodologías de tamizado para resistencia a las principales enfermedades y plagas del cultivo, con excepción de las técnicas de tamizado para Erwinia, Phizoctonia, Fusarium y Verticillium, algunas de las cuales están en fase de desarrollo.

En la parte B de la Tabla 1 se presentan las necesidades de material genético y también se ofrecen aquellos que se han desarrollado y pueden ser transferidos a otras instituciones. En general, puede notarse que hay más solicitudes que ofrecimientos.

El INTA (Argentina) tiene para ofertar resistencia a virus, pero necesita de material genético con varias resistencias. Se hace notar que el INTA tiene varias ventajas comparativas por poseer personal científico especializado, por su material genético básico y por contar con los lugares adecuados para conducir la selección por resistencia principalmente a virus.

La EMBRAPA (Brasil), el INIA (Chile) y el CIAAB (Uruguay) también tienen necesidades variadas de materiales resistentes con un número variable de atributos específicos para los cuales se pueden ofrecer materiales.

El análisis conjunto de la Tabla 1 permitió visualizar claramente la naturaleza de los problemas individuales y colectivos de los miembros del PROCIPA. El problema más serio que sufren los cultivos de papa en estos países lo constituyen las enfermedades virósicas; el tizón tardío (P. infestans) es también otro problema en Argentina, Chile y Brasil, pese a que sólo este último país está desarrollando material resistente. La tolerancia al calor también es un problema que involucra a estos tres países. El CIP está interesado en materiales genéticos con resistencia a ciertas enfermedades que, pese a no tener una distribución global importante, merecen especial atención. De otro lado, el CIP cuenta con materiales genéticos con diversas resistencias y que podrían ser transferidos a aquellos interesados como material de selección, complementarios a los recursos genéticos actualmente existentes en las instituciones integrantes del PROCIPA.

3. Posibilidades de interacción

Los integrantes de este comité de trabajo sugieren a los Comités Técnico y Ejecutivo lo siguiente:

3.1 Promover visitas de trabajo planificadas de los científicos de las instituciones integrantes, en acciones específicas tales como selección de material genético "in situ". Para ello se deberá encontrar los recursos necesarios, no previstos en el proyecto original.

3.2 Es aconsejable interactuar con los otros Programas Cooperativos de Investigaciones en Papa en las áreas de investigaciones, intercambios de material genético y capacitación, con el convencimiento de que el PROCIPA tendría mucho que ofrecer.

VII Sesión II: Revisión y Programación de Actividades a Mediano y Largo Plazos

1. Investigación

1.1 Interés, acciones iniciadas y país líder en el desarrollo de tecnologías para tamizado y estudios genéticos.

Se procedió a identificar las técnicas de tamizado y los estudios genéticos que serían necesarios para ampliar los trabajos de selección de progenitores, desarrollo de poblaciones segregantes e identificación de clones promisorios. La metodología de trabajo para analizar estos temas incluyó las siguientes etapas:

- Identificar los problemas comunes que merecieran ser considerados de interés regional.
- Establecer el grado de desarrollo en que se encontraban los trabajos en cada área en las distintas instituciones integrantes, los cuales se catalogaron en tres categorías: "sin interés", "con interés" y "con acciones en desarrollo".
- Identificar los temas de interés común.
- Asignar, por consenso el liderazgo de los trabajos a aquella institución que pudiera realizarlo.

La Tabla 2 resume este ejercicio. Se decidió proponer 10 áreas de trabajo que serían de interés común. (Los trabajos en virus se consideran como una unidad).

Se decidió desarrollar tecnologías para tamizado y estudios genéticos de resistencia a Erwinia spp, Fusarium sp., Streptomyces scabies, Virus (PVY, PVX y PLRV) y calidad culinaria y para procesado, lideradas por el INTA (Argentina); resistencia a Phytophthora infestans, Alternaria spp., Pseudomonas solanacearum y Meloidogyne spp., lideradas por la EMBRAPA (Brasil); y precocidad y reposo corto liderada por el CIAAB (Uruguay).

Se hace notar al Comité Técnico que en el listado aparecen dos nuevos problemas que no habían sido considerados hasta el momento: Erwinia spp. y Rhizoctonia solani. En el caso de las enfermedades inducidas por Erwinia spp. se llegó a la conclusión que habían tomado una creciente importancia en la región, por lo que merecía ser incluida. Una consideración similar se tuvo con la enfermedad inducida por Rhizoctonia solani, la cual no fue incluida como prioritaria, ya que se estimó que era aconsejable recabar más información y antecedentes antes de tomar una decisión.

En las informaciones contenidas en la Tabla 2 se puede apreciar que los 10 atributos prioritarios podrían considerarse como "columnas de mejoramiento", sobre los cuales se podrían llevar a cabo sendos proyectos de trabajo.

Tabla 2. Interés, acciones iniciadas por el país líder en el desarrollo de tecnología para el tamizado, estudios genéticos y selección de material genético

Area de trabajo: Tecnología para tamizado y estudios genéticos	INTA	EMBRAPA	INIA	CIAAB	CIP	Actividad del PROCIPA (Líder)
1. Resistencia a:						
<u>Erwinia</u> spp.	a**	a	i	i	i	sí
<u>Rhizoctonia solani</u>	a	a	n	i	i	no
<u>Verticillium</u> spp.	i	n	i	i	i	no
<u>Phytophthora infestans</u>	i	a**	i	i	a	sí
<u>Fusarium</u> spp.	a**	i	i	i	i	sí
<u>Alternaria</u> spp.	n	a**	i	a	a	sí
<u>Pseudomonas solanacearum</u>	n	a**	i	i	a	sí
<u>Streptomyces scabies</u>	a**	n	i	i	a	sí
<u>Meloidogyne</u> spp.	a	a**	n	n	a	sí
<u>Globodera rostochiensis</u>	n	n	a	n	a	no
PVY	a**	a	i	a	a	sí
PVX	a**	n	i	i	a	sí
PVC	i	n	n	i	i	no
PLRV	a**	a	a	a	a	sí
2. Características para:						
Calidad culinaria y procesamiento	a**	i	a	n	a	sí
Precocidad y reposo corto	a	n	a	a**	a	sí
Calor	i	i	i	i	a	no
Frío	i	n	i	i	a	no
Componentes de rendimiento	a	i	i	a	a	no

n = no tiene interés

i = sí tiene interés

sí = tiene interés

a = desarrolla acciones

** = institución líder

Después de un amplio debate sobre la mejor manera de integrar estos proyectos o "columnas", en los que se esgrimieron argumentos conceptuales, ecológicos y prácticos, se llegó a la conclusión que la asignación de responsabilidades por cada proyecto de la Tabla 2 no sería lo más conveniente para cumplir, en el tiempo y en el espacio, las metas del PROCIPA. A continuación se indican algunas de estas razones:

- El establecimiento de proyectos separados o "columnas de mejoramiento" para posteriormente conjugar los caracteres seleccionados individualmente es un método de mejoramiento poco eficiente. Por ejemplo, establecer dos "columnas" de mejoramiento, una para resistencia a PLRV y otra para *P. solanacearum*, conduciría a lograr poco progreso en la combinación de ambas resistencias debido a que son dos caracteres de herencia muy compleja y poco heredables.

- Los métodos de tamizado tiene una eficiencia variable y en consecuencia el progreso bajo selección puede ser muy diferente. Por ejemplo, el tamizado para resistencia al PVX y al PVY es muy eficiente pero para resistencia a *Erwinia* no lo es. El progreso en combinar estas dos resistencias estaría limitado por el poco avance logrado en la selección por resistencia a *Erwinia*.

- El principal problema del cultivo de la papa en los países del Cono Sur de Sudamérica lo constituyen las enfermedades viróticas (PLRV, PVY y PVX). Sería aconsejable por lo tanto, que los programas de mejoramiento de Brasil y Uruguay consideraron la resistencia a estos patógenos en sus programas de selección varietal.

Debido a estas complejidades y considerando que el objetivo del fitomejoramiento es de síntesis o conjugación y no de aislamiento, se decidió proponer un enfoque poblacional. Para ello se vio por conveniente identificar poblaciones de interés nacional y luego definir los caracteres componentes de poblaciones de utilidad común entre instituciones.

1.2 Desarrollo de poblaciones con caracteres considerados de interés nacional, regional y del PROCIPA.

Las poblaciones de interés del PROCIPA se determinaron mediante el siguiente proceso: primero se identificaron los trabajos en aquellas poblaciones de interés institucional (nacional), luego las de interés común de las diferentes instituciones y, finalmente, las que el PROCIPA debería abordar.

1.2.1 Poblaciones de interés institucional (nacional).

Cada institución identificó las poblaciones con atributos múltiples de su interés. El INTA (Argentina), la EMBRAPA (Brasil) y el INIA (Chile), tres poblaciones cada una; el CIAAB (Uruguay) identificó sólo una.

Hubo acuerdo entre las instituciones en que los atributos para resistencia a los virus PVX, PVY y PLRV eran de una importancia tal que debían considerarse como una sola característica, llamada resistencia a virus. Las poblaciones propuestas se detallan en la Tabla 3.

1.2.2 Poblaciones con atributos múltiples de interés regional (de interés común entre las instituciones).

Al analizar las poblaciones de interés particular para las diferentes instituciones, se identificaron también algunas poblaciones de atributos múltiples que eran, a su vez, de interés común y por lo tanto, podían ser consideradas como de interés regional.

Tabla 3. Poblaciones con atributos múltiples, de interés institucional (nacional)

Institución (país)	Identificación de la población	Atributos combinados que debe tener la población
INTA (Argentina)	A-1	Resistencia (R), a <u>Fusarium</u> spp. Resistencia a <u>Streptomyces scabies</u>
	A-2	Resistencia a <u>Erwinia</u> spp. Resistencia a <u>Meloidogyne</u> spp.
	A-3	Resistencia a virus Calidad culinaria y para procesamiento Precocidad y reposo corto
EMBRAPA (Brasil)	B-1	Resistencia a <u>Erwinia</u> spp. Resistencia a <u>Fusarium</u> spp.
	B-2	Resistencia a Virus Resistencia a <u>P. Solanacearum</u> Resistencia a <u>Meloidogyne</u> spp.
	B-3	Resistencia a Virus Resistencia a <u>P. infestans</u> Resistencia a <u>Alternaria</u> spp. Precocidad y reposo corto
INIA (Chile)	C-1	Resistencia a virus Calidad culinaria y para procesamiento
	C-2	Resistencia a virus Resistencia a <u>P. solanacearum</u> Resistencia a <u>Meloidogyne</u> spp.
	C-3	Resistencia a infestans Resistencia a <u>Meloidogyne</u> spp. Reposo corto
CIAAB (Uruguay)	D-1	Resistencia a virus Resistencia a <u>Alternaria</u> spp. Precocidad y reposo corto

Es interesante destacar que este análisis permitió definir que la resistencia combinada a los virus PVX, PVY y PLRV es una característica común altamente deseable que debe ser incluida en los cultivares de papa que se desee producir o introducir a los países del Cono Sur.

Se identificaron seis poblaciones de interés regional, que se detallan en la Tabla 4, indicándose los países para los cuales éstas son de interés.

Tabla 4. Poblaciones con atributos múltiples de interés común (Regional) para los países del Cono Sur

Atributos múltiples de la población	Institución (país) interesada			
	INTA (Argentina)	EMBRAPA (Brasil)	INIA (Chile)	CIAAB (Uruguay)
1. Resistencia (R) a virus	sí	sí	sí	sí
2. Resistencia a virus Precocidad y reposo corto	sí	sí	-	-
3. Resistencia a virus Resistencia a <u>Alternaria spp.</u> Precocidad y reposo corto	-	sí	-	sí
4. Resistencia a virus Calidad culinaria y para procesamiento	sí	-	sí	-
5. Resistencia a virus Resistencia a <u>Meloidogyne spp.</u>	-	sí	sí	-
6. Resistencia a virus Resistencia a <u>P. solanacearum</u> Resistencia a <u>Meloidogyne spp.</u>	-	sí	sí	-

1.2.3 Poblaciones con atributos múltiples que son de interés en el marco del PROCIPA. Finalmente, se procedió a compatibilizar el interés de las instituciones miembro de las seis poblaciones con atributos múltiples (Tabla 4), con los objetivos de los dos Proyectos de Mejoramiento Genético del PROCIPA. Para ello el Proyecto No. 2 "Mejoramiento genético de la resistencia virus, precocidad y otras características importantes" y el No. 3 "Melhoramento genético e outros métodos de controle de doenças causadas por Pseudomonas sp., Meloidogyne sp., Alternaria sp. e Phytophthora infestans" se dividieron en tres subproyectos cada uno. La responsabilidad de ejecución de cada subproyecto fue asignado a una institución líder. La Tabla 5 resume esta clasificación y asignación de responsabilidades. El INTA (Argentina) tomó la responsabilidad de tres subproyectos (poblaciones); EMBRAPA (Brasil), de dos; y el CIAAB (Uruguay), de uno. Esta propuesta se basa en las necesidades y en el mejor aprovechamiento de las ventajas comparativas de cada miembro (disponibilidad de métodos de tamizado, lugares de prueba y germoplasma resistente). Cabe mencionar que el CIP manifestó gran interés por participar en la generación y evaluación de las seis poblaciones definidas.

Tabla 5. Instituciones (países) líderes de proyectos y subproyectos sobre mejoramiento genético de la papa, para ser conducidos en el marco del PROCIPA

Institución (país) líder del proyecto	Proyectos y subproyectos	Institución (país) líder del subproyecto
	Proyecto No. 2	
INTA (Argentina)	Mejoramiento genético de la resistencia a virus, precocidad y otras características importantes.	
	Resistencia (R) a virus/calidad culinaria y para procesamiento.	INTA (Argentina)
	Resistencia a virus/R. a <u>Alternaria</u> spp./precocidad y reposo corto.	CIAAB (Uruguay)
	Resistencia a virus/resistencia a <u>P. solanacearum</u> /R. a <u>Meloidogyne</u>	EMBRAPA (Brasil)
	Proyecto No. 3	
EMBRAPA (Brasil)	Melhoramento genético e outros métodos de controle de doenças causadas por <u>Pseudomonas</u> sp., <u>Meloidogyne</u> spp., <u>Alternaria</u> sp. e <u>Phytophthora infestans</u> .	
	Resistencia a virus/R. a <u>Erwinia</u> spp./R. a <u>Meloidogyne</u> spp.	INTA (Argentina)
	Resistencia a virus/resistencia a <u>P. infestans</u> /R. a <u>P. solanacearum</u> .	EMBRAPA (Brasil)
	Resistencia a virus/R. a <u>Fusarium</u> spp./R. a <u>Streptomyces scabies</u> .	INTA (Argentina)

2. Producción e Intercambio de Materiales

Ambos proyectos de mejoramiento del PROCIPA deberán generar diversos materiales genéticos que serán distribuidos entre las instituciones (países) miembros. Esta distribución deberá realizarse empleando materiales libres de enfermedades y patógenos peligrosos. El intercambio de materiales genéticos entre los países del Cono Sur presenta dificultades cuarentenarias que es necesario tratar de resolver. Por esta razón, se procedió a analizar la situación de la siguiente manera.

2.1 Definir la forma en que las diferentes instituciones pueden recibir y enviar materiales genéticos.

El resumen de uno de estos análisis se da en la Tabla 6. En general, los países indicaron que preferían recibir materiales vegetativos en la forma de microtubérculos o de plántulas in vitro libres de patógenos, o en la forma de semilla sexual, con prueba que indique ausencia de PSTV.

Tabla 6. Tipos de materiales de propagación que las instituciones del PROCIPA están en condiciones de recibir y enviar

Material de propagación	INTA Argentina		EMBRAPA Brasil		INIA Chile		CIAAB Uruguay		CIP Perú	
	R*	E*	R	E	R	E	R	E	R	E
Tubérculo de campo	+	+	+	+	-	+	-	+	F	-
Minitubérculos	+	+	+	+	-	+	+	+	F	+
Microtubérculos	+	-	+	+	+	-	+	+	+	+
Plántulas <u>in vitro</u>	-	+	+	+	+	-	+	+	+	+
Semilla sexual	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

*R = Recibir (el Reglamento)

*E = Enviar (Programa Nacional)

+ = Sí permite/sí está en condiciones para enviar

- = No permite/no está en condiciones para enviar

F = Sí permite, pero con Certificado Fitosanitario Internacional.

2.2 Solicitar al CIP dos servicios específicos al PROCIPA.

Como las instituciones integrantes no podrían satisfacer las condiciones del punto anterior, se acordó solicitar al CIP lo siguiente:

. Probar contra PSTV los materiales de semilla sexual que produzcan los programas de mejoramiento.

. Limpiar de patógenos transmisibles los materiales vegetativos que se desee incorporar a ensayos de evaluación, tanto por el PROCIPA como en intercambios bilaterales.

2.3 Se acordó, además, crear un Ensayo Experimental de Evaluación de Clones Avanzados de Papa del PROCIPA.

El fin del Ensayo es identificar inicialmente las dificultades que pueden producirse en el intercambio de materiales genéticos entre los miembros. El Ensayo comprenderá un número no superior a tres cultivares o clones avanzados por país, los que serán distribuidos por el CIP en la forma de materiales in vitro. El INTA quedó encargado de preparar un

protocolo de conducción del Ensayo. Este protocolo será distribuido entre los miembros, a más tardar en mayo de 1988, para recibir observaciones y sugerencias.

3. Intercambio de Científicos

Se revisó el plan de intercambios y se acordó incorporar las mismas consideraciones que se tomaron en la Revisión del Taller de Trabajo sobre Tubérculos-Semillas realizado en Canoinhas, del 29-30 de octubre de 1987.

4. Capacitación y Seminarios

Se revisó el Plan de Capacitación y Seminarios y se acordó no realizar mayores cambios. Sin embargo, se consideró conveniente sugerir a los Comités Técnico y Ejecutivo que estudien la posibilidad de agregar a este tipo de actividades la realización de Talleres especiales sobre mejoramiento genético para resistencia al PLRV, resistencia a *Erwinia* spp. y calidad culinaria y para procesamiento. Estos talleres tendrían como objetivo actualizar y profundizar conocimientos sobre la genética y el tamizado de estos atributos y, en consecuencia, estarían diseñados para hacer participar a los virólogos, entomólogos, bacteriólogos, mejoradores, etc. de las instituciones integrantes e invitados especiales.

5. Necesidades de Consultores y Becas

Se revisó el Programa de Consultores, encontrándose que la cantidad y duración eran apropiados. Se analizaron las capacidades científicas que deberían presentar los consultores, llegándose a las siguientes conclusiones.

Los consultores de duración corta deberán poseer capacidad para asesorar en:

- . Tamizado para resistencia a patógenos del follaje.
- . Tamizado para resistencia a patógenos del suelo
- . Tamizado para resistencia a *Erwinia* spp.
- . Tamizado para resistencia a PVX, PVY y PLRV.
- . Utilización de especies diploides.

La duración de las consultorías de corto plazo deberá ser de un mes, con excepción de la del especialista en tamizado para virus que debería durar dos meses.

En cuanto al consultor de larga duración, debería ser especialista en mejoramiento genético de papa, con el propósito de realizar trabajos colaborativos en el Programa Argentino, por un plazo de dos años.

APENDICE 1: OFRECIMIENTOS Y SOLICITUDES

Incluye documentos originales de ofrecimiento, solicitud de colaboración y revisión del programa de actividades a mediano y largo plazos en investigación, materiales, intercambios, capacitación, consultores, etc. presentados por cada institución integrante del PROCIPA.

EMBRAPA (Brasil)

Ofrecimientos

1. Treinamentos oferecidos no Brasil

- 1.1 Metodologia para avaliação de germoplasma para resistência a Alternaria solani.
- 1.2 Metodologia para avaliação de germoplasma para resistência a Phytophthora infestans.
- 1.3 Metodologia para avaliação de germoplasma para resistência a Pseudomonas solanacearum.
- 1.4 Controle integrado de murcha bacteriana em batata consumo.
- 1.5 Metodologia em levantamento a nível para raça ou biovar, de P. solanacearum em diferentes regiões, para fins de estabelecer programas de melhoramento.
- 1.6 Controle integrado de doenças de batata.
- 1.7 Metodologia de instalação e operacionalização de redes de experimentos (Ensaio Nacionais).

2. Produtos

- 2.1 Materiais avançados, clones ou cultivares, brasileiras, para testes em outras regiões (pequenas quantidades, como tubérculos ou in vitro).
- 2.2 Possibilidade de participar no Ensaio Nacional de Cultivares de Batata, com até 10 cultivares ou clones avançados, por país do Cone Sul.
- 2.3 Possibilidade de se testar clones avançados dentro de nossos programas, seguindo a metodologia utilizada.

3. Consultorias:

- 3.1 Metodologia de avaliação de resistência a Alternaria, Phytophthora e Pseudomonas.
- 3.2 Controle integrado de doenças.

Solicitação

1. Materiais

- 1.1 Clones avançados e cultivares para uso como progenitores em programas específicos.
- 1.2 Realização de cruzamentos de difícil execução, no Brasil e oferecimento de semente botânica de cruzamentos específicos.
- 1.3 Detecção por sorologia de P. solanacearum.

2. Informações

- 2.1 Informações sobre progenitores e sobre genótipos em geral, especificamente sobre capacidade de combinação.
- 1.2 Informações e resultados sobre metodologias de avaliação para resistência a PLRV e PVY.

Revisão e Programa de Atividades a Médio e Longo Prazo

1. Investigação a curto e médio prazo

- 1.1 Avaliação e seleção para resistência a A. solani e caracteres hortícolas em batata.
- 1.2 Avaliação e seleção para resistência a PLRV e PVY e caracteres hortícolas em batata.
- 1.3 Avaliação e seleção de fontes de resistência a P. infestans.
- 1.4 Avaliação e seleção para resistência a P. solanacearum e caracteres hortícolas em batata.

2. Investigação a longo prazo

- 2.1 Desenvolvimento e/ou adaptação de metodologia de inoculação e critérios de avaliação de resistência a Meloidogyne em batata.
- 2.2 Estudo de interação de Meloidogyne y Pseudomonas em diferentes clones e cultivares de batata.

3. Produção de materiais

- 3.1 Há possibilidade de se avaliar e selecionar populações segregantes por número limitado de gerações e posterior envio para o país interessado (necessidade de acordo prévio).

4. Intercambio de pesquisadores
 - 4.1 Melhorista do programa argentino, trabalhando com resistência a PLRV e PVY, para permanecer no programa brasileiro por duas semanas.
 - 4.2 Melhorista do programa brasileiro, trabalhando com resistência a PLRV e PVY, para permanecer no programa argentino por duas semanas.
 - 4.3 Outros especialistas poderão entrar no esquema de intercambio, dependendo do interesse e disponibilidade de ambas as partes.

5. Capacitação e seminários
 - 5.1 Curso Regional de Melhoramento Genético Visando Resistência a Doenças por Fungos de Parte Aérea e Murcha Bacteriana (Projeto 3). Duração 20 dias, para 10 alunos, US\$30 000, Ano 2 ou 3.
 - 5.2 Seminário Regional sobre Melhoramento Genético Visando Resistência a Doenças por Fungos da Parte Aérea e Murcha Bacteriana. Ano 4 ou 5, US\$10 000.
 - 5.3 Seminário Regional sobre Redes de Avaliação de Germoplasma. Ano 2, US\$10 000.

6. Necessidade de Consultores e Bolsas
 - 6.1 Bolsas na Itália
 - . Uma na área de melhoramento genético de batata, 45 dias.
 - . Uma área de avaliação de resistência a doenças, por 30 dias.
 - 6.2 Consultorias
 - . Um consultor na área de doenças de parte aérea e de solo, 30 dias.
 - . Um consultor na área de utilização de espécies diplóides no melhoramento de batata, 30 dias.

CIAAB (Uruguay)

Ofrecimientos

1. Capacitación

Estadías cortas de profesionales para compartir tareas en los aspectos de investigación mencionados.

2. Materiales

Disponibilidad de materiales genéticos por el Programa en forma de semilla sexual y clones avanzados saneados.

3. Investigación

- 3.1 Metodología de evaluación de resistencia a Alternaria solani y virus en distintos tipos de materiales genéticos.
- 3.2 Selección para resistencia a virus, A. solani y posiblemente P. solanacearum, así como para precocidad de tuberización, reposo corto y calidad comercial, con estabilidad de rendimiento bajo condiciones ambientales variables.
- 3.3 Desarrollo de una población mejorada por selección recurrente para los mismos caracteres.
- 3.4 Determinación de progenitores con habilidad combinatoria para adaptabilidad a condiciones y exigencias del país.

Solicitudes

1. Capacitación

Entrenamiento en servicio en los objetivos citados en investigación.

2. Materiales

- 2.1 Recepción de progenies de cruzamientos para características de interés, bajo forma de semilla sexual.
- 2.2 Recepción de clones avanzados para su evaluación en el país.
- 2.3 Prueba de materiales para PSTV.

3. Investigación

Estudiar metodologías para mejorar la eficiencia del proceso de selección para resistencia a enfermedades inducidas por A. solani, Fusarium spp., S. scabies y P. solanacearum.

4. Intercambio

Participar en la etapa inicial y avanzada de selección de clones en áreas con características de interés para el país.

INIA (Chile)

Ofrecimientos

1. Capacitación en el país

Estadía de profesionales para compartir tareas de investigación y/o trabajos de mejoramiento genético que realiza el programa de fitomejoramiento.

2. Materiales genéticos avanzados

- . Alto rendimiento.
- . Alto contenido de materia seca.
- . Con resistencia a PLRV.
- . Con resistencia a Globodera rostochiensis.

Nota: Estos materiales se ofrecen en el corto plazo como tubérculos. En el mediano plazo pueden ser ofrecidos in vitro.

3. Servicios

- 3.1 Realizar cruzamientos específicos que sean de interés de alguna de las instituciones integrantes del PROCIPA.
- 3.2 Mantener y multiplicar genotipos (progenitores), que sean de interés de algunas instituciones integrantes.
- 3.3 Manejo de información computadorizada para el manejo de padres generación de cruzamientos, avance de la etapa de selección y generación de ensayos de rendimiento.

Solicitudes

1. Materiales genéticos avanzados con:

- . Resistencia a virus (PLRV, PVY y PVX).
- . Alto contenido de sólidos y buena calidad de hojuelas ("Chips").
- . Alto rendimiento.
- . Precocidad y reposo corto.
- . Resistencia a nematodos (Globodera rostochiensis y Meloidogyne spp.).

INTA (Argentina)

Ofrecimientos

1. Capacitación

Entrenamiento en servicio y consultorías en todos los aspectos relacionados con el programa de mejoramiento.

2. Investigación

Metodologías de evaluación, desarrollo de poblaciones mejoradas por selección recurrente y selección de progenitores en cualquiera de los siguientes proyectos:

- . Calidad culinaria
- . PLRV (PVY, PVX)
- . Erwinia sp.
- . Nematodos (Meloidogyne)
- . Precocidad y reposo corto
- . Fusarium y sarna
- . Manipulaciones cromosómicas.

3. Materiales

3.1 Minitubérculos y plantas in vitro de cultivares y clones avanzados.

3.2 Semilla sexual y familias de tubérculos de materiales provenientes de los proyectos enunciados y del programa convencional.

Solicitudes

1. Capacitación

Capacitación en servicio en diversos aspectos del mejoramiento genético.

2. Investigación

2.1 Desarrollo de metodología de tamizado para resistencia a Erwinia, Rhizoctonia, Verticillium, Phytophthora, Fusarium y Meloidogyne.

2.2 Ordenamiento y análisis de información proveniente de redes de ensayos.

3. Materiales

3.1 Semilla sexual y plantas in vitro de materiales con características de interés en el programa argentino.

4. Intercambio

4.1 Participación en la selección de clones en áreas con características de interés para la Argentina.

CIP

Ofrecimientos

1. Capacitación y asesoramiento

1.1 Capacitación de miembros de los programas de los países del área del Cono Sur en técnicas de mejoramiento, y en métodos y técnicas de tamizado para los factores considerados en los programas del PROCIPA.

- 1.2 Asesoría en las áreas de genética, fitopatología y nematología que fueron solicitadas.
2. Investigación
 - 2.1 Desarrollo de técnicas experimentales para evaluación de los trabajos de tamizado y evaluación de campo.
 - 2.2 Información disponible sobre técnicas de mejoramiento y métodos de tamizado para los factores considerados para los proyectos de mejoramiento.
3. Materiales
 - 3.1 Material genético con las resistencias y los atributos exigidos por los programas de mejoramiento del PROCIPA.
 - 3.2 En forma limitada, materiales para detección de patógenos, incluyendo PSTV.

Solicitudes

1. Capacitación

Contar con la colaboración de miembros del PROCIPA para participar como consultores en cursos de capacitación que el CIP ofrece.
2. Investigación
 - 2.1 Participación en las redes de evaluación de los materiales producidos por los proyectos del PROCIPA.
 - 2.2 Colaboración en los varios ensayos internacionales organizados por el CIP.
 - 2.3 Colaboración para obtener datos sobre la distribución e importación de plagas y enfermedades para la base global de datos del CIP.
 - 2.4 Accesibilidad a procedimientos, metodologías e información que se generen durante el desarrollo de los proyectos.
3. Materiales

Accesibilidad a materiales genéticos avanzados para ser incluidos en las poblaciones de mejoramiento del CIP.

b) PROGRAMA

Jueves 28

- 14:00 Aprobación del programa propuesto.
- 14:30 Sesión I: "Antecedentes y Bases para Discusión"
Moderador: O. Hidalgo (CIP)
Relatores: C.A. Lopes (EMBRAPA)/C. Crisci (CIAAB)
- Resumen de la situación actual del PROCIPA - O.A. Hidalgo (EMBRAPA)
- Ofrecimiento de colaboración a otras instituciones¹ Representantes Oficiales
- Solicitud de colaboración de otras instituciones¹ Representantes Oficiales
- Posibilidades de interacción con otras redes de investigación O.A. Hidalgo (PROCIPA)
- 17:30 Cierre

Viernes 29

- 08:00 Sesión II: "Revisión y Programación de Actividades a Mediano y Largo Plazo".
- Moderadores: M.A. Huarte (INTA)/C. A. Lopes (EMBRAPA)
Relatores: A. Cubillos (INIA)/F. Vilaró (CIAAB)
- Investigación.
- Producción e Intercambio de Materiales.
- Intercambio de Científicos.
- Capacitación y Seminarios.
- Necesidades de Consultores y Becas.

¹Cada institución deberá llevar preparada su lista de ofrecimientos y solicitudes en las áreas de investigación, materiales, capacitación, intercambios, etc.

- 12:00 Almuerzo
- 14:00 Redacción de Acuerdos y Recomendaciones
- 18:00 Cierre
- 20:30 Cena de Clausura

Sábado 30

- 07:00 Retorno a lugares de origen