



**5 al 10 de Octubre, 2008,  
Vitoria-Gasteiz, Euskadi, España**

***Avances en Ciencia y Desarrollo  
de la Patata para una Agricultura  
Sostenible***

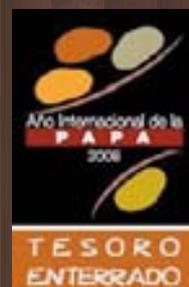
**III Congreso Iberoamericano de Investigación  
y Desarrollo en Patata**



NEKAZARITZA, ARRANTZA  
ETA ELIKADURA SAILA  
DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA,  
PESCA Y ALIMENTACIÓN

P  
A  
T  
A  
T  
A  
A

2  
0  
0  
8



# **AVANCES EN CIENCIA Y DESARROLLO DE LA PATATA PARA UNA AGRICULTURA SOSTENIBLE**

RESÚMENES DE CONTRIBUCIONES

# PATROCINADORES



Departamento de Educación,  
Universidades e Investigación

III Congreso Iberoamericano de Investigación y Desarrollo en Patata  
5 al 10 de Octubre, 2008,  
Vitoria-Gasteiz, Euskadi, España

# AVANCES EN CIENCIA Y DESARROLLO DE LA PATATA PARA UNA AGRICULTURA SOSTENIBLE

RESÚMENES DE CONTRIBUCIONES

E. Ritter, J.I. Ruiz de Galarreta  
NEIKER – Tecnalia, Instituto Vasco de Investigación y Desarrollo Agrario



NAKAZARITZA, ARRANTZA  
ETA ELIKADURA SAILA  
DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA,  
PESCA Y ALIMENTACIÓN

Eusko Jaurlaritzaren Argitalpen Zerbitzu Nagusia

Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco

Vitoria-Gasteiz, 2008

Un registro bibliográfico de esta obra puede consultarse en el catálogo de la Biblioteca General del Gobierno Vasco: <<http://www.euskadi.net/ejgvbiblioteca>>.

Edición: 1.ª octubre 2008

© Administración de la Comunidad Autónoma del País Vasco  
Departamento de Agricultura, Pesca y Alimentación

Edición: Eusko Jaurlaritzaren Argitalpen Zerbitzu Nagusia  
Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco  
Donostia-San Sebastian, 1 – 01010 Vitoria-Gasteiz

Coordinadores de la edición: E. Ritter, J.I. Ruiz de Galarreta

Internet: [www.euskadi.net](http://www.euskadi.net)

Impresión: Estudios Gráficos ZURE, S.A.  
Carretera Lutxana-Asua, 24-A - Erandio-Goikoa (Bizkaia)

ISBN: 978-84-457-2804-8

D.L.: BI-2807-08

# ÍNDICE

Organizadores y Comités .....	5
Ponencias invitadas .....	9
Contribuciones orales .....	41
• Recursos Genéticos y Mejora .....	43
• Agronomía y Fitopatología .....	85
• Genómica .....	109
• Sistemas y Producción de Semilla y Desarrollo .....	129
• Comercialización .....	143
Presentaciones de Póster .....	147

# ORGANIZADOR

<b>NEIKER-Tecnalia</b> <b>Instituto Vasco de Investigación y Desarrollo Agrario</b> Campus Agroalimentario de Arkaute, Apdo. 46, E-01080 Vitoria-Gasteiz (Alava), España	
<b>Tel.:</b> +34 902 540546	<b>Fax:</b> +34 902 540547
<b>E-mail:</b> patata2008@neiker.net	<b>Página Web:</b> <a href="http://www.patata2008.com">http://www.patata2008.com</a>

## Comité Organizador

José Ignacio Ruiz de Galarreta (Coordinador)

Ainhoa Gracia (Marketing)

Yolanda Barredo (Secretaría)

Iranzu Telletxea (Secretaría)

Joaquín Salazar (Tesorero)

F. Javier Legorburu

Sonia Castañon

Enrique Ritter  
(Presidente Semana de la Patata)

## Comité Científico

Meredith Bonierbale, CIP, Lima Perú

Ana Carrasco, APPACALE, Burgos

Gustavo Fermín, ULA, Mérida, Venezuela

Marc Ghislain, CIP, Lima, Perú

Marcelo Huarte, INTA-Balcarce, Argentina

Javier Legorburu, NEIKER-Tecnalia,  
Vitoria-Gasteiz

Ángel Mingo, UPNA, Pamplona

Salomé Prat, CNB, Madrid

Domingo Ríos, CCBAT, Tenerife

Francisco Vilaró, INIA-Las Brujas, Uruguay

Sonia Castañon, NEIKER-Tecnalia,  
Vitoria-Gasteiz

José Ignacio Ruiz de Galarreta,  
NEIKER-Tecnalia, Vitoria-Gasteiz

## **Comité de Honor**

Excelentísimo Sr. Lehendakari del Gobierno Vasco

Ilustrísimo Sr. Alcalde de Vitoria

Excelentísimo Sr. Consejero de Agricultura, Pesca y Alimentación del Gobierno Vasco

Ilustrísima Sra. Diputada Foral de Agricultura de Álava

Ilustrísima Sra. Diputada Foral de Agricultura de Bizkaia

Ilustrísimo Sr. Diputado Foral de Desarrollo de Medio Rural de Gipuzkoa

Ilustrísimo Sr. Vice consejero de política e Industrias Agroalimentarias de Gobierno Vasco

Ilustrísimo Sr. Director de Innovación y Desarrollo Tecnológico de Gobierno Vasco

Sr. Presidente de Neiker-Tecnalia



**PONENCIAS INVITADAS**

# REDUCIENDO EL HAMBRE Y LA POBREZA A TRAVÉS DE LAS PAPAS

Pamela K. Anderson

*Directora General del Centro Internacional de la Papa (CIP), Apartado 1558,  
Lima 12, Perú, correo electrónico: cip-dg@cgjar.org*

Originaria de los Andes e introducida en el resto del mundo hace sólo quinientos años, la papa se ha convertido en el tercer cultivo alimentario más importante del mundo. El arroz y el trigo, originarios del Asia y cultivos tradicionales de esa región, son los líderes en importancia. El maíz, otro cultivo del nuevo mundo, es considerado frecuentemente como el tercero en importancia, pero una parte significativa de su producción se dedica a la alimentación de ganado y a la producción de combustible. Las razones para la adopción global de la papa son variadas; entre ellas están su amplia adaptabilidad, su eficiencia en la producción y su valor nutritivo. La papa se cultiva en 155 países en cada uno de los cinco continentes, en agro-ambientes que van desde el círculo polar ártico hasta el ecuador. Al comparar los cultivos de granos con los de raíces y tubérculos podemos observar que éstos últimos tienen un mayor índice de cosecha, un mayor potencial de rendimiento de materia seca y energía, y una mayor eficiencia en el uso del agua. Debido a su corto ciclo de cultivo, la papa también supera a los granos en producción de energía y varios micronutrientes por área por día.

En una conferencia en el año 2000, y reconociendo la utilidad de contar con unos objetivos ambiciosos y concretos, las naciones del mundo se comprometieron a alcanzar una serie de objetivos de desarrollo, conocidos posteriormente como las Metas de Desarrollo del Milenio (MDM). Las MDM establecieron objetivos específicos y cuantificables para reducir la pobreza, el hambre, la mortalidad materno-infantil, y proteger el medio ambiente, entre otros. El Centro Internacional de la Papa (CIP), una organización internacional y miembro del Grupo Consultivo para la Investigación Agrícola Internacional, tiene como misión utilizar sus recursos, capacidades y conocimientos para utilizar la ciencia de papa y el camote a contribuir en la reducción de la pobreza, el hambre y la desnutrición y propugnar la sostenibilidad ambiental en los sistemas de producción de papa y camote. Estas misiones se alinean muy cercanamente con las metas de los MDM.

El reciente Informe sobre Desarrollo Mundial (IDM) dedicado a la agricultura —el primero en 25 años— producido por el Banco Mundial basado, destacó las características especiales de las regiones en desarrollo en los primeros años del siglo 21. Refiriéndose a estas regiones como mundos en desarrollo diferentes, el IDM los divide en tres: el mundo en desarrollo basado en la agricultura, en la transformación y el mundo en desarrollo basado en la urbanización. Aunque hay ejemplos que podemos encontrar en cualquier lugar, los países del África Sub-Sahariana comprenden a la mayoría de los países en desarrollo basados en la agricultura, la mayor parte de Asia se define como mundo en transformación y los países de América Latina como parte del mundo en urbanización. EL IDM luego trata sobre el rol de la agricultura en cada uno de estos tres mundos en desarrollo y en los niveles de pobreza, hambre, desnutrición y retos ambientales que podemos encontrar en cada uno de ellos. Tras examinar las características y retos en cada uno, el IDM hace recomendaciones de políticas para mejorar el rendimiento y contribución del sector agrícola.

La papa se encuentra en cada uno de estos mundos en desarrollo. El área sembrada y la producción de papa son ahora mayores en los países en desarrollo que en el mundo industrializado. Este cambio tan importante se da como resultado de medio siglo de crecimiento constante en los países en desarrollo combinado con una reducción de la producción en el mundo industrializado. En particular, la India y la China, los gigantes de Asia han logrado aumentos espectaculares y hoy en día juntos producen cerca al 30 por ciento de la producción mundial total. En el África Sub-Sahariana el área sembrada de papa se ha duplicado durante la última década, empujando a esta región por delante de América Latina como productora de papa. La mayor parte del aumento en la producción se ha dado por un crecimiento

en el área sembrada. Los rendimientos promedio en los países en desarrollo son aproximadamente la mitad de aquellos de los países industrializados, lo cual da señales a los diseñadores de política y los líderes en temas de tecnología en la necesidad de mejorar la productividad.

Los sistemas de producción de papa en los países en desarrollo enfrentan retos muy particulares que limitan su productividad y potencial de desarrollo. Debido a que requieren noches frías para alcanzar la tuberización, encontramos papas en las zonas altas de las regiones tropicales. Las zonas de altura de los trópicos son famosas por su heterogeneidad y como resultado de ésta las regiones productoras de papa están diseminadas en zonas ecológicamente variables y típicamente en zonas con infraestructura física muy pobre. Los habitantes de las zonas altas son frecuentemente marginados cultural y económicamente y por consiguiente reciben muy pocos servicios de sus gobiernos. Los sectores paperos en los países industrializados están altamente organizados e integrados en sistemas agro-industriales donde el gobierno y el sector privado contribuyen mutuamente en el crecimiento del sector. En contraste, en los países en desarrollo, los sectores paperos se caracterizan por sus altos niveles de desorganización con muy poco desarrollo institucional e inversiones mínimas en la agro-industria.

Así como los mundos en desarrollo del IMD varían, el rol de las papas varía en cada uno de ellos. La flexibilidad en su uso en la dieta y el papel que juegan en la economía es otro de los factores que contribuyen a su popularidad. Como cultivo alimenticio, las papas pueden ser un alimento básico, un vegetal o una pieza en el menú de los restaurantes de comida rápida al estilo occidental, alimento al que aspiran acceder millones de personas en el mundo en desarrollo. Las papas se cultivan en sistemas agrícolas de subsistencia con muy pocos elementos externos, son comercializadas en mercados tradicionales locales y mercados comerciales emergentes, así como en cadenas de agro-negocios altamente integradas.

Así como crece la producción, el comercio internacional de papas también ha crecido. Sin embargo el crecimiento del comercio se ha mantenido al nivel de la producción y el porcentaje de la papa comerciada con relación a la producción se ha mantenido estático en alrededor del cuatro por ciento. Este porcentaje bajo de comercio refleja la naturaleza del cultivo. Voluminoso, perecible y susceptible a barreras de comerciales fitosanitarias, la papa se consume mayormente en los países en los que se producen. El crecimiento del comercio se explica casi exclusivamente por el crecimiento del negocio de las papas fritas congeladas. Este negocio a su vez sigue de manera cercana el crecimiento del negocio de los restaurantes de comida rápida donde las papas fritas son una pieza en el menú que éstos ofrecen. Una imagen popular las papas asocia altos ingresos con disminución en su consumo. Esto se basa en la imagen de la papa como un producto fresco utilizado como un alimento básico rico en carbohidratos. El consumo de papa como un vegetal fresco de alto valor o como una comida procesada contradice esta relación. En muchos países industrializados los consumidores comen más papa procesada que fresca.

Este panorama global puede ser examinado en mayor detalle en los mundos en desarrollo al examinar los impulsores del crecimiento. Habiendo reconocido su importancia desde hace mucho tiempo, en India y China la papa es un cultivo de alta prioridad entre los planificadores agrarios. En estos dos países que están pasando por una rápida transformación, los sectores urbanos están creciendo rápidamente, las desigualdades en los ingresos se están incrementando rápidamente y el sector agrícola tiene el reto de simultáneamente proveer seguridad alimentaria a las poblaciones rurales pobres más grandes del mundo al mismo tiempo que responder a la diversificación de las dietas de las clases medias en rápido crecimiento que se encuentran en las mega ciudades. Las inversiones de los gobiernos en temas de investigación y mejoramiento de los mercados de los insumos han incrementado los rendimientos a niveles mucho mayores que los niveles promedio del mundo en desarrollo. Aunque la mayor parte de la producción se sigue destinando a los mercados de productos frescos, las inversiones del sector privado en agro-industria –alguna de ellas de las empresas internacionales más grandes– están organizando lentamente cadenas de valor. En China en particular, las inversiones en producción de semilla mejorada son impulsores en el incremento de la productividad. En India, las inversiones del sector público y privado en almacenaje en frío que pueda absorber la producción estacional de las planicies ha estabilizado los precios, mejorado la rentabilidad en el campo y alentado una mayor producción. Las variedades tempranas de arroz en las planicies del este han abierto un nicho en el ciclo de siembra que llenaba la papa.

La notable duplicación en el área sembrada en el África Sub-Sahariana refleja una respuesta de los agricultores, tanto de subsistencia como los orientados al comercio. Los altiplanos en el África Sub-

Sahariana están densamente poblados y la transferencia de la propiedad de los campos a lo largo de las generaciones ha dado como resultado pequeñas empresas agrícolas diseminadas a lo largo de su territorio. En algún punto los campos en el África Sub-Sahariana cruzan el umbral de cultivos de granos, donde el imperativo económico y de subsistencia de la familia campesina contribuye al cambio, hacia cultivos más productivos como son las raíces y tubérculos. El alto valor de la papa la coloca como la estrella entre las elecciones disponibles. Por la historia de su introducción durante la era colonial, la producción de papas se ha orientado siempre hacia el comercio. Como las ciudades en el África Sub-Sahariana crecen a una tasa de tres a cinco por ciento por año, el poder satisfacer la demanda urbana es un gran estímulo para el incremento de la producción en la región.

En América Latina, la producción de papa continúa siendo el cultivo de un alimento básico rico en carbohidratos para millones de pequeñas familias campesinas. Sin embargo, al ser un continente mayormente urbanizado, los sectores agrícolas están cada vez más industrializados. En los centros urbanos de muchos países de la región la mayor parte de los alimentos se comercializan en los supermercados. Las franquicias de restaurantes de comida rápida están también muy bien representadas en muchos países. Las cadenas de supermercados y restaurantes están imponiendo nuevas reglas de mercadeo en los productores, llevándolos a la organización y a través de ésta a nuevas demandas de servicios y tecnologías. Debido a que está localizada en los altiplanos, la producción de papa está dominada por pequeños terratenientes y organizarlos es un reto.

El CIP consulta de manera constante con sus socios e inversores en los países en desarrollo y nuestra agenda de investigación refleja las múltiples prioridades encontradas ahí. Desde el crecimiento en la productividad al mejoramiento genético o través de la evasión de pérdidas, hasta la conexión con los mercados y la producción sostenible, el CIP busca proveer soluciones a los mayores retos.

# RED IBEROAMERICANA DE INNOVACIÓN EN MEJORAMIENTO Y DISEMINACIÓN DE LA PAPA (RED LATINPAPA): UNA PLATAFORMA PARA COMBATIR LA POBREZA RURAL EN AMÉRICA LATINA

Stef de Haan<sup>1</sup>, Merideth Bonierbale<sup>1</sup>, Carolina Bastos<sup>1</sup>, Carlos Ñustez<sup>2</sup>, Francisco Vilaro<sup>3</sup>, Julio Gabriel<sup>4</sup> y Domingo Ríos<sup>5</sup>

## INTRODUCCIÓN

Durante las últimas décadas las capacidades tecnológicas de los programas de mejoramiento genético de la papa en América Latina han crecido, resultando en un aumento de los rendimientos nacionales en muchos países. A pesar de los éxitos en ambientes seleccionados, aun persiste un déficit de estrategias comprobadas de disseminación eficiente de nuevas variedades de papa que coloca a estos productos de fitomejoramiento al alcance de los pequeños agricultores pobres en ambientes marginales. Por otro lado, la cooperación interinstitucional entre y dentro países, cada uno con diferentes demandas y ofertas, es esencial para lograr impacto con la innovación tecnológica (productos & procesos) en un contexto de creciente complejidad en América Latina: pobreza en la zona andina, crecimiento de industrias de procesamiento y supermercados, rápida urbanización, y cambio climático.

Esta problemática fue identificada, discutida y finalmente priorizada por representantes del sector de papa provenientes de 10 países latinoamericanos durante una reunión internacional que se realizó en septiembre del 2004 en el CIP, Lima, Perú. Fue clave el pronunciamiento concertado sobre la falta de una plataforma que facilite el intercambio de experiencias y promueva la colaboración interinstitucional nacional e internacional. En base a esta necesidad se crea la Red LatinPapa cuyos socios incluyen: programas nacionales de investigación (INIA's), universidades, redes nacionales y regionales de investigación e innovación, organizaciones no-gubernamentales (ONG's), sector privado (semilleristas / industrias) y organizaciones de base (agricultores organizados / cooperativas).

La iniciativa es apoyada por el Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA España) y el Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria (FONTAGRO). Actualmente la Red LatinPapa esta conformada por once países Iberoamericanos: España, Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Ecuador, Perú, Uruguay y Venezuela. La iniciativa fue lanzada oficialmente durante el taller de arranque, realizada del 15 al 18 de enero del 2008 en el Perú.

## OBJETIVOS

Fortalecer la colaboración entre investigadores y entidades de Iberoamérica que realizan trabajos de fitomejoramiento e innovación tecnológica con el cultivo de papa para lograr impacto en la seguridad alimentaria y la economía de pequeños agricultores de la región. Todo ello enmarcado en cuatro objetivos específicos (ejes estratégicos):

1. Intercambio, documentación y evaluación de germoplasma
2. Disseminación eficiente de nuevas variedades robustas

---

<sup>1</sup> Centro Internacional de la Papa - Perú, Av. La Molina 1895, Apdo. 1558, Lima 12, Peru, s.dehaan@cgiar.org.

<sup>2</sup> Universidad Nacional de Colombia, Bogota, Colombia.

<sup>3</sup> Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, Montevideo, Uruguay.

<sup>4</sup> Fundación PROINPA, Cochabamba, Bolivia.

<sup>5</sup> Centro de Conservación de la Biodiversidad Agrícola de Tenerife, Islas Canarias, España; \* Comité de Gestión Red LatinPapa

3. Sistemas de semilla, operativas y adaptadas al contorno
4. Información compartida, aprendizaje institucional y sostenibilidad operacional

El primero busca que los actores del sector y los miembros de la Red tengan mayor acceso a germoplasma avanzado de papa. El segundo propone la liberación acelerada de nuevas variedades y adopción temprana de esquemas innovadores de disseminación. El tercero busca enlazar tecnologías de producción de semilla a sistemas formales e informales de distribución. Por último, el cuarto eje propone que miembros de la RED, socios estratégicos y actores de cadenas de valor cuenten con un sistema de información y comunicación compartido.

## METODOLOGÍA DE TRABAJO

La metodología de la Red LatinPapa se base en la colaboración interinstitucional, horizontal e interdisciplinaria entre entidades de investigación & desarrollo (I&D) para cada uno de los cuatro ejes estratégicos (germoplasma, disseminación, sistemas de semillas, sistemas de información). Los enfoques se centran en sistemas de innovación y cadenas de valor. El enfoque de sistemas de innovación constituye un nuevo paradigma de I&D que reconoce que el flujo de tecnologías e información entre personas, entidades e instituciones es clave para un proceso innovador. Además que se requiere de interacción entre los actores para convertir una idea en un proceso, producto o mercado que beneficia a agricultores que viven en condición de pobreza. El alcance de una innovación depende de un complejo conjunto de relaciones entre actores que producen, distribuyen y aplican conocimiento. Para ello es importante el enfoque de cadenas de valor, ya que busca la integración y colaboración entre aquellas organizaciones que desarrollan, difunden y utilizan tecnologías pro-pobres.

## ORGANIZACIÓN

La Red LatinPapa cuenta con un comité de gestión, que tiene a su cargo los trabajos de organización, gestión y sostenimiento internacional durante un periodo de dos años. Adicionalmente, en cada país existe un punto focal de la red nacional. Se cuenta con cinco grupos de trabajo temáticos: 1. germoplasma, 2. disseminación, 3. semilla, 4. sistemas de información, 5. incidencia política.



## Algunos avances a la fecha

### General

- Se está implementando el Plan Operativo Anual (POA) 2008, el cual consta de 26 actividades multilaterales a nivel internacional y 51 actividades nacionales. Cada una de las 77 actividades cuenta con un plan de trabajo detallado a fin de facilitar el monitoreo. Las actividades son muy diversas, abarcando desde pre-mejoramiento hasta la difusión de nuevas variedades. Todas partieron de necesidades de los socios de la Red LatinPapa.

### Internacional

- Se han firmado las cartas de entendimiento con la mayoría de los países y organizaciones socias.
- A partir de Noviembre del 2007 el CIP inició las coordinaciones para la distribución de germoplasma a los socios de la Red LatinPapa y el material fue distribuido a la mayoría de los socios.
- Se concluyó la primera fase de la construcción, implementación y puesta en línea de la página Web de Red LatinPapa. Dicha página cuenta con varias herramientas: catálogo de clones avanzados, bases de datos, protocolos, directorio de semilleros, entre otros. Ver: <http://research.cip.cgiar.org/confluence/display/redlatinpapa>
- El CIP y la Alianza Cambio Andino han iniciado una serie de ensayos de Selección Participativa de Variedades (SPV) con diferentes consorcios en Perú y Colombia, incluyendo a semilleros, industrias, ONG's entre otras organizaciones.
- Se está desarrollando material y currícula para capacitaciones internacionales; entre ellos en análisis de genotipo por ambiente (GxA) utilizando GIS (curso en Balcarce, Argentina, diciembre 2008), evaluación para resistencia a virus y citogenética.

### Nacionales

- *Argentina.* El INTA ha realizado reuniones para la conformación de un consorcio de productores de la provincia de Rosario, que conllevará a un contrato de producción con una cadena de supermercados. Convenio con la empresa McCain para la liberación, difusión y adopción de una nueva variedad de papa. Promoción de dos nuevas variedades nacionales en Balcarce y Jujuy.
- *Bolivia.* Participación de PROINPA y su grupo de agricultores en diversas ferias y eventos populares para la promoción de nuevas variedades de papa mejorada. Coordinación para la implementación de parcelas para evaluación participativa de variedades con agricultores y diversos actores de la cadena.
- *Brasil.* Reunión de EMBRAPA con la Red Brasileña de Papa de la Región Sur, para concretar alianzas estratégicas y desarrollar actividades de evaluación participativa, promoción de variedades y cursos de capacitación para producción de semilla. Se ha iniciado la edición del catálogo de variedades.
- *Chile.* Se constituyó el Consorcio Papa Chile, integrado por agricultores organizados desde la Región Metropolitana a la Región de Los Lagos, a iniciativa del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) y la Universidad de Los Lagos. El objetivo principal es "aumentar la competitividad del rubro papa para potenciarlo y proyectarlo al mercado internacional, a través de variedades, semilla, minitubérculos y diversos productos procesados.
- *Colombia.* La UNC propagaron los clones avanzados provenientes del CIP. Actualmente están implementando experimentos para la evaluación de clones promisorios de papa con características de alta importancia agronómica y procesamiento, para su posterior disseminación. CORPOICA junto con el CIP está desarrollando investigación en producción de semilla prebásica con aeroponía.
- *Costa Rica.* El INTA ha formado el Comité Técnico Nacional de la Agrocadena de Papa (Agrocadena Papa) que integra al sector privado y público con el objetivo común de evaluar conjunta-

mente nuevas opciones tecnológicas. También ha iniciado la propagación y validación de clones elites en fincas de productores. Se ha iniciado la implementación de cursos para capacitación en producción de semilla a nivel de pequeños agricultores.

- *Ecuador.* El INIAP ha instalado parcelas de clones avanzados de papa para la evaluación participativa con diferentes actores de la cadena. También ha organizado eventos populares para la promoción de nuevas variedades nacionales. Además ha iniciado la sistematización de actividades de producción de semilla que buscan vincularse con los sistemas de producción de semilla por agricultores a través del Consorcio de Productores de Papa (CONPAPA).
- *España.* Se ha consolidado la conformación de la Red Nacional de Innovación cuyo objetivo es organizar y hacer operativa una red española de mejora y transferencia de tecnología en patata, así como servir de foro para el intercambio de información y conocimientos sobre necesidades del sector, identificar tecnologías emergentes y crear un consorcio que represente a todos los eslabones de la cadena con el fin de aumentar la competitividad de este cultivo. Así mismo ha implementado a Web de la Red Patata: [www.neiker.net/neiker/papata](http://www.neiker.net/neiker/papata)
- *Perú.* El INIA ha iniciado la propagación de clones avanzados, firma de convenios para la evaluación participativa de clones promisorios conjuntamente con agricultores organizados y otros actores de la cadena de papa. También esta desarrollando un manual de capacitación para producción de semilla de calidad en campos de agricultores.
- *Uruguay.* El INIA ha organizado reuniones para constituir la Mesa Nacional de Papa, con el objetivo de establecer alianzas para la diseminación y promoción de nuevas variedades nacionales de papa.
- *Venezuela.* El INIA ha implementado ensayos de evaluación de nuevos clones con una Red nacional de la evaluación participativa.

# ANTECEDENTES Y SITUACIÓN ACTUAL DE LA INVESTIGACIÓN ESPAÑOLA EN PATATA: RED NACIONAL DE INNOVACIÓN

Jose Ignacio Ruiz de Galarreta  
NEIKER-Tecnalia, Campus Agroalimentario de Arkaute. Apartado 46,  
E-01080 Vitoria, España; jiruiz@neiker.net

A comienzos del siglo XX el cultivo de la patata en España sufrió un decrecimiento importante, acentuándose la crisis entre los años 1920 y 1930, donde la fama que tenían las zonas productoras de la provincia de Alava, prácticamente desapareció. Las Instituciones Forales Vascas, trataron de implantar en sus respectivos territorios la experiencia que en el campo de la experimentación, formación y divulgación agraria, se estaba poniendo en marcha en países europeos como Bélgica o Francia. En este contexto, surgió la Granja Modelo de Arkaute (1853) en Alava, que es el momento en que podemos hablar del inicio de la investigación española en este cultivo.

Desde su entrada en funcionamiento en 1855 hasta 1870, la Granja Modelo orientó su actuación a un programa de reconversión y transformación del campo que tuvo como elementos básicos el ensayo de variedades de diferentes cultivos. Hasta 1940, pasó por diversas reorganizaciones y es entonces cuando el Estado se hizo cargo de la misma, con el fin de que a través del Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias (INIA) se pudieran desarrollar trabajos de interés y beneficio para el sector. Así pasó a denominarse Estación de Cultivo y Mejora de Plantas de Vega, la cual adoptó el nombre en 1948, de Estación de Mejora de la Patata (EMP).

Hacia 1933 la regeneración y multiplicación de variedades nacionales era el principal objetivo de la incipiente EMP, buscando alto rendimiento y resistencia a la sequía, junto a precocidad. Pero los escasos avances obtenidos con las variedades locales hizo que hubiera que importar en 1934, 41 variedades para estudiar su adaptación y aprovechar la selección realizada en los países de origen. De entre ellas se pueden destacar Saskia y Robijn (Basabe) de Holanda, Saucisse Rouge e Institut Beauvais de Francia, Allerfrüheste Gelbe (Palogán), Erntedank, Oberarnbacher Frühe (Santa Lucia), Ackersegen (Sergen) y Merkur (Alava) de Alemania y Katahdin de EE.UU, entre otras. En 1950 ya sumaban la cifra de 213. Al mismo tiempo se inició la producción de semilla certificada mediante la selección clonal hasta 1941, fecha en que se fundó el Servicio Nacional de Semillas que asumió la función. No obstante, la EMP continuó con la obtención de material base y prebase. Tras la guerra civil española, se iniciaron los primeros cruzamientos con variedades extranjeras introducidas previamente, obteniendo la primera variedad propia denominada Eminencia, precoz y de alto rendimiento, la cual no ha llegado hasta nuestros días.

Entre 1950 y 1954 la investigación se encaminó al desarrollo de actividades relacionadas con la mejora genética y sanitaria, diversificándose en diferentes secciones (Sánchez-Monge, 1988) tales como Virología con estudios de susceptibilidad, sintomatología, transmisión de las principales virosis y técnicas de detección como la callosa en tubérculo para el virus de enrollado. Así comienzan a surgir estudios que se publican y presentan a foros internacionales como la *Third Conference on Potato Virus Diseases in Lisse-Wageningen*, lo que sería el precursor de la Sección de Virología de la Asociación Europea de Investigación en Patata (EAPR). Otros estudios en la EMP se encaminaron hacia la Ecología para evaluar mediante ensayos agronómicos la adaptación de las variedades a las condiciones locales de cultivo, así como a la producción de Patata Base y Prebase. Por último el área de Genética y Citogenética estudiaba diferentes especies del G. *Solanum* y la caracterización de viejas variedades cultivadas para su posible uso en programas de mejora genética.

En los años 50 nace la revista ASPAS promovida por la Asociación para el Fomento de Estudios sobre la Patata, donde se publicaron un gran número de artículos de alto valor científico. Destacan trabajos realizados como el de "Obtención de nuevas variedades españolas de patata 1951-1960", de Alberto Zubeldia y Gerardo López Campos, que obtuvo el segundo Premio Nacional de Investigación Agraria en 1962. Resaltar en estas aportaciones los nombres de Antonio García Orad y Francisco Pérez

de San Román con una serie de publicaciones en los Anuarios del INIA, en el European Potato Journal (actualmente Potato Research), así como otras revistas de ámbito internacional.

Posteriormente, los objetivos del programa de mejora genética fueron reorientados hacia precocidad, tolerancia a la sequía y a las heladas. En este último caso se emplearon las especies *S. acaule*, *S. demissum*, *S. toralapanum*, *S. simplicifolium* y *S. andigena* como parentales. Para la tolerancia a la sequía se emplearon otras especies como *S. stenotomum*. Estos trabajos se realizaron desde 1957 junto con la Estación de Horticultura de Valencia para obtener dos cosechas en un año y así se enviaron al Registro de Variedades Comerciales 3 nuevas variedades. Dos de ellas, Lora y Aurea (más tarde Gaura), procedentes del programa de precocidad, e India del de resistencia a la sequía. (Zubeldia, 1963).

Durante estos años se realizaron varios trabajos en epidemiología de transmisión de virus como el del enrollado (Pérez de San Román, 1963) y saneamiento de variedades americanas de virus X y virus S mediante termoterapia y cultivo de meristemos en colaboración con el Ministerio de Agricultura (USDA) de Estados Unidos. En 1979, la investigación agraria en España fue regionalizada, pasando la EMP a depender del Gobierno Vasco en 1981. Así una nueva generación de científicos retomaba actividades como Mejora Genética, Cultivo de Tejidos, Nematología, Patología y Serología. Los objetivos de la mejora de la patata se centraron en precocidad, rendimiento y resistencia a enfermedades como *P. infestans* o mildiu, virus del enrollado y virus Y, pasando la Estación a llamarse a finales de los 80 Granja Modelo-CIMA (Centro de Investigación y Mejora Agraria). En 1989 el CIMA organiza la sección de Virología de la Asociación Europea para la Investigación de la Patata (EAPR). En este periodo se adopta la técnica ELISA para la detección precoz de virus. También se implementan otras técnicas de diagnóstico de bacterias así como la eliminación de virus mediante termoterapia y micropropagación. El CIMA participa en varios proyectos europeos para la elaboración de mapas genéticos de patata. Asimismo, organiza el 8<sup>th</sup> Virology Section Meeting de la EAPR en 1992, el I Congreso Iberoamericano de Patata en el año 2000 y la 16<sup>th</sup> Triennial Conference de la EAPR en 2005.

I-Con el objetivo de mejorar tanto las actividades en I+D+i (Investigación, Desarrollo e Innovación) como la gestión de las mismas, se comenzó en la EMP un proceso de transformación que culminó con la constitución en 1998 de la Sociedad Pública NEIKER-Instituto Vasco de Investigación y Desarrollo Agrario. Actualmente, NEIKER-Tecnalia es una Sociedad Pública del Gobierno Vasco y además desde finales del 2006, miembro de TECNALIA, Corporación Tecnológica cuyo fin es contribuir al desarrollo económico y social a través del fomento de la Innovación Tecnológica. A partir de los años 80 más de 20 variedades de patata se han ido registrando por NEIKER, destacando Zorba y Nagore por su calidad industrial y Gorbea para consumo en fresco. Cabe destacar, asimismo, los trabajos relacionados con la Genómica, en la elaboración de mapas genéticos de esta especie.

La empresa APPACALE, instalada en Burgos, dependiente de la Junta de Castilla-León y la Asociación de Agricultores de Patata de Siembra, inicia en la década de los 90 un programa de mejora genética y obtención de nuevas variedades y en 2006 inscribe sus dos primeras variedades denominadas Nela y Jimena.

Por otra parte, en Canarias, se han realizado básicamente, trabajos de experimentación en patata que hasta 1980 fueron conducidos por los especialistas del Servicio de Extensión Agraria, ubicados en la Escuela de Capacitación Agraria de Tacoronte. Asimismo, el Instituto Canario de Investigaciones Agrarias (ICIA) y más recientemente el Servicio de Agricultura y Desarrollo Rural del Cabildo Insular de Tenerife, han llevado a cabo durante las últimas décadas, ensayos agronómicos de variedades y clones avanzados. Fruto de los mismos se han incorporado nuevos cultivares en el agro canario como son Valor, Galáctica, Fruid y Merlín, entre otras. El Cabildo Insular de La Palma ha contribuido al conocimiento de las variedades locales cultivadas en esta isla.

La empresa Cultivos y Tecnología de Tenerife (CULTESA), mayoritariamente participada por el Cabildo Insular de Tenerife, ha saneado variedades antiguas, obteniendo material prebase y base, que ha sido evaluado morfológicamente y agronómicamente en los últimos años. De estos trabajos se ha obtenido la variedad Negra Oro, que ha sido distribuida entre los agricultores, contribuyendo a la coexistencia de dos sistemas de difusión de la semilla, el tradicional realizado por los propios agricultores y el uso de semilla saneada y seleccionada.

Recientemente, Ruiz de Galarreta y Ríos (2008) realizan una publicación en la que se realiza una descripción varietal de los cultivares tradicionales canarios, variedades antiguas peninsulares y las obtenidas en España por Centros de Investigación como NEIKER y APPACALE.

Otros Centros y Universidades desarrollan investigaciones actuales en el ámbito de este cultivo, como el Instituto de Agrobiotecnología y la Universidad Pública de Navarra, con estudios relacionados con la Fisiología de la tuberización, agronomía y calidad desde hace varios años, así como en Biotecnología relacionados con la producción de agrofármacos. El CSIC-IRTA de Cataluña dirige investigaciones relacionadas con la función de diversos genes en la respuesta de la tuberización al fotoperíodo, así como el estudio de factores ambientales y genéticos que regulan la floración en patata.

El Centro Nacional de Biotecnología lleva a cabo investigaciones relacionadas con el control genético de los patrones de la ramificación. La Universidad de Santiago de Compostela dirige sus líneas de investigación en este cultivo al diagnóstico y epidemiología de virus y nematodos. La Universidad de Lleida lleva a cabo estudios relacionados con la fisiología del cultivo y técnicas asociadas al Cultivo de Tejidos en esta especie.

Con el conjunto de estos Centros de Investigación y coordinada por Neiker-Tecnalia, en 2008 se inicia la Red Española de Innovación y Desarrollo, denominada Red Papata, con el objetivo de la mejora y transferencia de tecnología en este cultivo, así como servir de foro para el intercambio de información y conocimientos sobre necesidades del sector, identificar tecnologías emergentes y crear un consorcio que represente a todos los eslabones de la cadena con el fin de aumentar la competitividad de este cultivo.

La Red Papata persigue unos objetivos estratégicos como la identificación de necesidades y conocimientos de los diferentes sectores implicados, así como definir los mecanismos de comunicación para una mejor transmisión de conocimientos. Con ello pretende promover la cooperación entre las diferentes partes para la participación en proyectos de I+D+i y definir los factores a nivel científico, económico e industrial que permitan incrementar la competitividad del cultivo. Todo ello para divulgar diferentes iniciativas internacionales existentes acerca de este cultivo

Asimismo, se plantea unos objetivos tecnológicos como tener un mayor acceso a germoplasma avanzado de patata utilizando metodología estándar, promover la liberación acelerada de nuevas variedades, mejorar las tecnologías existentes con el fin de disponer de una Red de Innovación que tenga sostenibilidad e interacción con las Redes de I+D+i existentes. Para todo ello se ha establecido en una primera fase de formalización de la Red el sistema de comunicación mediante la página web [www.neiker.net/neiker/papata](http://www.neiker.net/neiker/papata) que facilita la cooperación entre las diferentes partes implicadas además de poder incorporarse a la Red Latinoamericana Latinpapa.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- SÁNCHEZ-MONGE M.A., 1988. La investigación sobre patata (*Solanum tuberosum* L.) en España (1933-1988). An. Aula Dei 19: 45-54.
- PÉREZ DE SAN ROMÁN F., 1963. Vulnerabilidad de la patata al virus del enrollado. Anales INIA 11: 89-156.
- ZUBELDIA A., 1963. Selection of young potato seedlings for earliness. Eur. Potato J. 6: 178-185.
- Ruiz de Galarreta J.I., Rios D.J (Eds.). 2008. Variedades de Patata y Papas Españolas. Ed. Neiker-Tecnalia, Vitoria-Gasteiz, Spain 197 pp.

## AGRADECIMIENTOS

Parte de los trabajos anteriormente mencionados han sido financiados por el Departamento de Agricultura, Pesca y Alimentación del Gobierno Vasco y por el INIA (RTA2008-00045-C02-01).

# USO DE ESPECIES SILVESTRES Y CULTIVADAS EN MEJORAMIENTO DE LA PAPA CULTIVADA

Prof. Andrés Contreras M. Ing. Agr.  
Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Austral de Chile.  
Casilla 567 Valdivia-Chile. [acontrer@uach.cl](mailto:acontrer@uach.cl)

El género *Solanum* ofrece una gran riqueza de especies distribuidas, en su longitud, desde el suroeste de Norteamérica, pasando por toda América Central y Sur, hasta llegar a latitudes más allá de los 50° Sur hasta el Archipiélago de los Chonos, 10.000 km al Sur. En su amplitud crece a nivel del mar a cordillera, sobre 4.500 m de altitud y aún “allende los Andes” penetrando áreas de Venezuela, Brasil, Uruguay, Paraguay y Argentina.

En toda esta vasta región, Estrada (2000) indica que crecen 226 especies silvestres y 8 cultivadas. El número cromosomal es  $x=12$  y en estas el 74,6 % son diploides, el 3,8% son triploides, el 14,8% son tetraploides, el 1,6 % son pentaploides y el 5,5% son hexaploides

La variedad de climas, tipos de suelo, fotoperíodo, nos indica un tremendo y hermoso potencial de genes que nos permitiría abordar cualquier desafío de mejoramiento genético.

Si bien la papa cultivada era común y connatural a los pueblos americanos, esta por su diversidad natural ha ofrecido y ofrece su “alimento enterrado” a los seres humanos que acá crecen. Sin embargo cuando ésta fue llevada a Europa, en el siglo XVI, fue desconocida y demoró en ser sustento alimenticio de ellos debido a prejuicios religiosos y a su parentesco con plantas “maléficas” como la Belladona y Mandrágora, entre otras.

## PRIMERAS INTRODUCCIONES A EUROPA

Antes de 1840's las pocas introducciones no fueron usadas en mejoramiento, mas bien eran entregadas a botánicos como Gerard y Clusius que las describieron en su tiempo, y no pasaron de ser curiosidades botánicas ( Salaman, 1926-38; Fuess, 1935, Imperial Bureau of Plant Genetics,1936). Estos materiales iniciales provendrían de Colombia y Perú.

El año 1765 John Howard of Cardington, Bedfordshire, introduce papas “fresh from America”, las que fueron ampliamente cultivadas a lo menos hasta 1840 con nombres como Howard, Cluster, Conglomerated, Suffolk y Surinam (Davidson, 1934).

Lindley (1848) y Schlechtendal (1841) señalan introducciones de Perú, Colombia y México, ninguna de esos materiales fue usada en mejoramiento y fueron considerados curiosidades o materiales muy silvestres. Sin embargo Klotzsch (1849-1852) introduce *S. demissum* de México, la que comenzó a usar en cruces. A partir de ese material se origina en Europa la raza W alemana con resistencia a *Phytophthora infestans*.

Glendinnig (1983) cita a Knight ( 1831) que escribe que en 1585 las papas desplazaron a la “cabbages from cottagers gardens”. Con esta expansión, las enfermedades al cultivo se fueron intensificando. Entre estas el enrollamiento se recuerda como una enfermedad severa en 1760. Cartwright (1806) citado por Salaman (1926) señala que una forma de corregir el constante deterioro de las variedades existentes fue la multiplicación sexual. (Knight, 1814) indica la importancia de obtener nuevas variedades por semilla sexual. Así la proliferación de variedades a fines del siglo XVIII y principios del XIX, aparentemente se debió a los logros de este sistema y no a las nuevas introducciones.

De esta manera apreciamos un incipiente trabajo de mejoramiento vía siembra de semilla sexual y posterior selección para adaptación a días largos, tamaño y forma de tubérculos (Glendinnig, 1983).

Hawkes (1966) cita a Millar el cual realiza selecciones para tuberización temprana. Al respecto toma bayas de floración temprana para esta selección.

Tomas Andrew Knight, considerado el primer mejorador de cualquier cultivo, que se aproxima a sistemas modernos, propone en 1807 la polinización cruzada para combinar caracteres, obteniendo éxito en esta metodología entre 1810 y 1831. Hizo interesantes observaciones como que las variedades de ciclo corto no florecen y describe métodos para estimular la floración. Además, indica, como producir papas muy precoces (Glendinnig (1983)

Durante el siglo XIX la frecuencia de introducciones a Europa aumentó, sin embargo la mayoría de este fue descartado. Plaisted (1972) y Plaisted y Hoopes (1989), indica que entre 1848 al 1852 Goodrich recibió 12 clones, la mayoría descartado junto a sus progenies siendo la excepción la que llamó Rough Purple Chili (Púrpura Casposa de Chile. Esta la obtuvo del consulado chileno en Panamá en 1851, y de cuyo material realiza autofecundaciones consiguiendo la Garnet Chili y de esta la Early Rose, y este linaje se encuentra en casi todas las variedades modernas. Hawkes (1979), señala que las primeras variedades precoces derivan de la Early Rose.

## USO VARIEDADES ANTIGUAS Y ESPECIES SILVESTRES EN LA CREACIÓN DE NUEVOS CULTIVARES

**Cuadro 1.** Variedades básicas iniciales en Europa

Variedad	Ancestro	Año	Progenie	Año	Origen
Zwiebel	Desconocido		2	1889	GER
Western red	Desconocido		1	<1865	USA
Alte Daber	Desconocido		16	1871-1928	CHI
Flourball	Sutton's Flourball y Desconocido	1870-1895	9	1924-1935	GB
Bountiful	Onwards x Early Red Emperor	<1874	3	1882	GB
Rough Purple Chili	Desconocido		Garnet	1857	CHI
Garnet chili	Rough Purple Chili seedling	1857	7	1862-1878	USA
Early Rose	Garnet Chili seedling	1867	71	1870-1990	USA
Erste von Nassengrund	Desconocido		3	1874-1900	GER
Cuzco	Desconocido		Early Goodrich	1880	PE
Blue Don	Desconocido		3	1820-1894	GB
Paterson's Victoria	Desconocido		26	1871-2007	CHI

**Fuente:** <http://www.plantbreeding.wur.nl/potatopedigree/>, Siebeneick (1948); Ross (1958); Hawkes (1979); Plaisted y Hoopes (1989); Van Rathlef (1932).

El linaje de este material inicial, en mayor o menor proporción se encuentra en la mayoría de los cultivares actuales en el mundo.

Al estudiar el trabajo de van Rathlef (1932) "Die Stammtafeln des Weltsortiments der Kartoffel und ihre generativ fruchtbaren Sorten" curiosamente encontramos el uso de especies silvestres y nativas cultivadas como Cuzco, Daber, Paterson Victoria, Púrpura Casposa de Chile. Este último material excepto Cuzco corresponde a *S. tuberosum* del Sur de Chile. Este mismo autor indica más de 300 variedades en línea directa con la Púrpura Casposa de Chile.

En el catálogo Mundial de Variedades de Papa del 2007 (Hils and Pieterse (2007), revisando las variedades y estudiando el pedigree (<http://www.plantbreeding.wur.nl/potatopedigree/>), nos encontramos que el panorama de base genética no varía mucho del señalado por van Rathlef en 1933. Las nuevas variedades provienen de otras europeas y que en su estudio en cuarta o quinta y sexta generación hacia atrás encontramos la estrecha base indicada por este autor.

La estrechez de la base genética de las papas presentes en el catálogo mundial y sobre todo en los generados en países desarrollados, se debe a la genética de *S. tuberosum* que es un auto-alotetra-

ploide segmental, que ha permitido seguir generando variedades aprovechando la vasta variabilidad aún en cruces consanguíneos (Hawkes, 1956).

De las especies silvestres usadas, escasas son las variedades generadas y que estén vigentes.

**Cuadro 2.** Uso de especies silvestres en la creación de cultivares

Especies	Cultivares	Año
S. phureja	35	1944-2005
S. demisum	92	1947-1986
S. stoloniferum	17	1943-1999
S. acaule	5	-
S. spgazzinii	1	-

Fuente: <http://www.plantbreeding.wur.nl/potatopedigree/>

Ross (1979) indica a 346 cultivares que tienen genes de *acl*, *and*, *dem*, *phu*, *spe*, *sto*, *tub* (Chile), *vrrn*. Y diversas publicaciones del Centro Internacional de la Papa señalan la formación de "bulk" de materiales con resistencia a diversos patógenos y que se envían a varias partes del Mundo para ser incluidos en los programas nacionales de mejoramiento.

## MÉTODOS DE MEJORAMIENTO

El proceso de mejoramiento de papa, o más bien en plantas de reproducción vegetativa, a diferencia de esas de reproducción generativa, requieren de un cruzamiento y después solo vienen selecciones en el tiempo para encontrar la o las variedades, ya que los caracteres son fijados inmediatamente y son estables vía la reproducción clonal.

Simple el esquema, pero exige una evaluación previa de los materiales parentales que posean los genes que deberemos amalgamar en una nueva variedad, aumentando la diversidad. Esta especie es altamente heterocigota, intolerante al inbreeding (problemas de autofecundación).

El *mejoramiento convencional* sigue el sistema: selección progenitores nivel 4x, cruza intervarietales, autofecundación, cruza entre hermanos, retrocruza al padre original, cruza interespecífica (sp. cultivadas - sp. silvestres).

Aquí rol importante juega la ploidía, compatibilidad, consanguinidad, balance de endosperma, ya que en muchos casos no se presenta la compatibilidad para efectuar con éxito la formación de un cigoto.

Sin embargo el mejoramiento moderno nos ofrece herramientas para obviar lo anterior con nuevas *metodologías no convencionales* como: uso de especies puente, polinización *in Vitro*, duplicación cromosomal, reducción cromosomal (haploides), fusión protoplas-mática, ingeniería genética (marcadores moleculares), biobalística, semilla sexual. Todos estos métodos serán efectivos en la medida que se tenga material, se evalúe y se use adecuadamente para los objetivos y fines de cada país, así, a través del tiempo se han conseguido:

1. Amplias colectas durante muchos años

**Cuadro 3.** Colectas entre 1930 y 1971

PAÍS	NÚMERO	
ALEMANIA	4	<b>CASI EL 100% EN BANCOS GENÉTICOS FUERA DEL CONTINENTE LATINOAMERICANO</b>
DINAMARCA	3	
INGLATERRA	8	
URRS	3	
USA	5	

Se agrega gran cantidad de colectas realizadas por investigadores latinoamericanos: Carlos Ochoa, Cárdenas, Gandarillas, Huaman, Okada, Clausen, Estrada, Gabriel, Ortega, Contre-ras etc.

2. Gran número de bancos genéticos en países desarrollados y en centro de origen conocidos y desconocidos.

El resultado de un cuestionario para la Estrategia de Conservación Global de la Papa, y presentado en Workshop of Potato Ex situ Collection Curator to Develop a Global Potato Conservation Strategy. Lima - Perú -24 -25 -26 agosto 2005 señala lo siguiente :

- 21 colecciones de papa mantienen cerca de 55.700 accesiones
- En los últimos 10 años se introdujeron 13200 nuevas accesiones, sin embargo se reportan pérdidas en todos los bancos genéticos.
- El germoplasma mantenido está razonablemente clasificado.
- El nivel de caracterización es muy diverso y amplio.

### 3. Evaluaciones

En el área centro de origen de la especie es posible contar con más de 4.500 variedades nativas, y las especies silvestres. Este material genético ha sido evaluado y debido a su amplia dispersión en el área de origen, presenta valiosos genes de resistencia a enfermedades y plagas, condiciones de estrés abiótico (calor, frío, sequía, salinidad, aluminio etc.), contenido nutritivo en almidones, antioxidantes vitamina C aminoácidos etc., que ofrecen al mejoramiento un potencial de insospechados usos.

**Cuadro 5.** Fuentes de genes de resistencia y otros caracteres deseables al mejoramiento en especies de *Solanum*. (1)

AGENTE CAUSAL	ESPECIES CON ENTRADAS RESISTENTES (2)
AGENTES BIÓTICOS	
<b>Hongos</b>	
Phytophthora infestans	acl, adr, avl, ber, blv, bst, bcp, blb, can, crc, cur, chc, dms, grl, hou, iop, mcd, mlt, mtp, opl, pcs, phu, plt, pnt, spl, stn, sto, scr, tar, tor, tbr, adg, ver.
Synchytrium endobioticum	acl, ajh, ver, blv, chc, cha, cur, grl, juz, lph, mga, mcd, phu, spl, spg, stn, scr, tar, tbr, adg
Spongospora subterranea	acl, ajh, chc, cha, cmi, cur, mcd, phu, spl, tbr, adg
Alternaria solani	acl, adg, blb, chc, phu, slt, stn, tar, tor
Verticillium albo-atrum	acl, ber, bst, buk, cph, chc, grl, lph, mcd, mrn, med, mga, mcd, mtp, mlt, hou, opl, phu, pld, pta, plt, rap, spl, stn, scr, tar, tor, tbr, adg
Fusarium spp.	adg, ver, chc, tbr
Rhizoctonia solani	adg, chc, phu
Angiosorus solani	adg
<b>Bacterias</b>	
Rasltonia solanacearum	acl, ver, blv, brd, blb, chc, jam, mga, mcd, phu, pnt, spl, stn, sto, scr
Erwinia carotovora	acl, aln, crc, chc, blv, blb, cmi, grl, lph, mga, mcd, oka, phu, pnt, scr, tbr
<b>Virus</b>	
PVX	acl, ver, brc, chc, cur, grl, hdm, ifd, juz, lph, opl, phu, spl, scr, tar, tbr, adg
PVY	acl, ver, blv, chc, dms, hou, ifd, mcl, mga, mcd, phu, pnt, spl, sto, tar, tbr, adg
PLRV	acl, ajh, brd, chc, dem, etbr, grl, mrm, mga, mcd, pnt, pta, pld, rap, stn
PSTVd	acl, ver
PVM	chc, grl, lph, mga
<b>Nematodos</b>	
Globodera spp.	acl, adg, aln, blv, brc, cap, cph, chc, cha, crc, gnd, grl, hdm, ifd, juz, ktz, lph, mga, mcd, oka, opl, phu, pld, spl, spg, scr, tar, tor, vrn

AGENTE CAUSAL	ESPECIES CON ENTRADAS RESISTENTES (2)
Meloidogyne incognita	acl, amb, adg, chc, blv, cha, cap, cph, cur, grl, ifd, lph, mga, mcd, phu, plt, spl, tar, tbr
Nacobbus aberrans	blb, spl, vrn, brd
Ditylenchus spp.	acl, ajh, adg, chc, ifd, mcd, phu, spl, stn, scr, tar
<b>Insectos</b>	
Leptinotarsa decemlineata	acl, chc
Epitrix cucumeris	acl, ver, blv, cap, chc, cmi, dms, grl, ifd, jam, mga, mcd, phu, pld, spl, sto, tar, tbr, adg
Myzus persicae	ver, bst, buk, blb, cap, chm, grl, ifd, lgl, med, mga, mlt, sto, tor
Premnotrypes vorax	acl, adg, cur, pld
Liriomiza huidobrensis	ver, tar
Phthorimaea operculella	chc, ver, mga, phu, spl, scr, tar, tbr
Empoasca fabae	ber, blg, bst, bcp, blb, brc, can, chc, chm, cmi, cph, col, dms, etb, fdz, grl, imt, jan, mcd, mga, mtp, oxc, pld, plt, spl, sto, tar, tor, trf, vio.
Leptinotarsa decemlineata	ber, blv, cap, chc, cmm, jam, opl, pnt, pld, tar, trf.
Psylliodes affinis	aln, ber, blg, blv, bst, blb, cph, cmm, inm, imt, iop, mrn, mga, mcd, mcc, mtp, pam, pnt, pld, pur, sct, sch, sto, tar, to, ver, wbr.
<b>AGENTES ABIÓTICOS</b>	
Heladas	acl, ach, ajh, adg, blv, bst, brc, brd, cap, can, cmm, cmi, cur, chc, chm, dms, etb, grl, ifd, juz, mga, mcd, mlt, mtp, opl, pcs, sct, spl, stn, scr, sct, stn, tar, tor, tuq
Calor (reducción del rendimiento por exceso de respiración)	acl, aln, ber, bcp, blb, crc, chc, dem, jam, ktz, pny, pta, spg, sto, scr, tar, ver.
Sequía (reducción del rendimiento por reducción de fotosíntesis)	amp, adg, y tbr, ver, gnd, ifd, lph, med, mga, mcd, pta, plt, sct, spl, spg, wbr
Salinidad (reducción de rendimiento por estrés de iones)	acl, chc, tar
<b>CONTENIDO NUTRACÉUTICO</b>	
Sólidos totales	tbr
Proteína	phu, tbr
Almidón	tbr
Flavonoides	tbr
Antioxidantes	and, tbr
Calidad culinaria	tbr

**Fuente:** (1) Datos obtenidos de Ross (1958), Hannemann y Bamberg (1986), Hannemann (1989), Ochoa (comunicaciones personales), Vayda (1994) Estrada (2000) y notas personales del autor. (2) Se indica la abreviatura de la especie.

4. Gran cantidad de publicaciones sobre sistemas y formas de realizar cruzamientos

5. Múltiples congresos, simposios, talleres, focus group, seminarios, encuentros etc.

Como resultado de ello tenemos variedades y cultivares, conocidas y desconocidas, en gran cantidad y que hoy se usan en todo el mundo para alimentación de los pueblos.

### Creación de variedades en América Latina

En cada país latinoamericano existen variedades nativas, muchas de estas con información interesante sobre características genéticas, sin embargo, en nuestra propia región dichos materiales tienen

poco uso, uno porque al parecer nos gusta mas lo extranjero que lo propio, y además que recursos públicos y/o privados no se destinan a proyectos de mejoramiento de largo aliento.

**Cuadro 6.** Estado del uso de variedades, e introducciones en países Latinoamericanos (en porcentaje)

País	variedades nativas	creadas país	Cultivares introducidos
Argentina	1	15	84
Brasil			100 ?
Bolivia	90?	5?	5?
Chile	0,1	9,9	90
Colombia	15 – 20	75 – 80	0,5 procesa
Ecuador	10	90	
México	?		99?
Perú	20	72,5	7,5
Uruguay	0	10	90

**Fuente:** Antecedentes aportados por diversos curadores en el Workshop of Potato Ex situ Collection Curator to Develop a Global Potato Conservation Strategy. Lima - Perú -24 -25 -26 agosto 2005

Los programas de mejoramiento son largos y esto para un mejorador investigador no es atractivo ya que lo aleja de las publicaciones que son el incentivo de ascenso, de mayor renta o bien de estar “in” en los congresos internacionales.

Se agrega a esta problemática que cuando se usan parientes silvestres o ploidías distintas, se dificulta el progreso rápido... sin embargo existe la necesidad imperiosa de incluir los genes de estos maravillosos materiales de la familia *Solanaceae*, y no buscar “vía tranguenia” genes de otros géneros y/o reinos, que hoy significa rechazo por parte importante de seres humanos y atenta a la diversidad biológica.

Los desafíos actuales son inmensos, y estos van por la vía de la rusticidad que implica producir en condiciones subóptimas o bien con menor usos de agua y agroquímicos. Por otro lado el calentamiento global, la escasez de la energía y el alto precio de los fertilizantes deben estar en la mira del mejoramiento futuro, como también generar alimentos saludables.

Es posible que se tenga menor rendimiento, pero habrá también un menor costo y un balance productivo positivo que permitirá producir mejor calidad que cantidad mucha de la cual hoy se pierde.

Ante la perspectiva de papas pigmentadas en su pulpa, con almidón resistente, alto en proteína, otros componentes que la trasformen más en “gourmet”, el rendimiento puede pasar a segundo o tercer plano. Con ello se puede conseguir variedades diploides o triploides... y en este sentido el mejorador debe atreverse a conseguir nuevos productos... y para ello se tiene un germoplasma maravilloso.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BUKASOV, 1933. The potato of South América and their breeding possibilities. Supplement 58, Bulletin Applied Botany, Leningrad. 192 p.
- BURTON, W.G. 1948. The Potato. Chapman and Hall, London.
- Davison, W.D.1934.History of potato varieties. Journal of the Department of Agriculture of the Republic of Ireland. 33: 57-81.
- ESTRADA, N. 2000. La biodiversidad en el mejoramiento genético de la papa. CIP, IPGRI, PRACIPA, IBTA, PROINPA, COSUDE, CID. 372 p.
- FUESS, W. 1938. Die Geschichte der Kartoffel. 95 p.

- HAWKES, J., 1958. Significance of wild potatoes and primitive forms for potato breeding. *Euphytica* 7:257-270.
- HAWKES, J. 1956. Taxonomic studies on the tuber-bearing Solanums. 1: *Solanum tuberosum* and the tetraploid species complex. *Proc. Linn. Soc. Lond.* 166: 97- 144.
- HAWKES, J. 1979. Genetic poverty of the potato in Europe. *Conf. Broadening Genet. Base Crops, Wageningen, 1978.* Pudoc. 19-27
- HAWKES, J. 1972. Evolution of the cultivated potato *Solanum tuberosum* L. *Symp. Biol. Hung.* 12: 183-188.
- GLENDINNING, D.R. 1983. Potato introductions and breeding up to the early 20<sup>th</sup> century. *New Phytologist* 94:479-505.
- HERMSEN, J. 1974. Utilization of non-cultivated species. Report of the First Planning Conference on Utilization of Genetic Resources. CIP, Lima, Perú. 27-32.
- HILS, U., AND L. PIETERSE (eds). 2007. *World catalogue of Potato Varieties 2007*. AgriMedia 253 p
- VAYDA, M. 1994. Environmental stress and its impact on potato yield. In: Bradshaw and Mackay (ed) . 1994. *Potato Genetics*. 239- 261.
- KNIGHT, 1814. On the beneficial results of planting potatoes which have grown late in the preceding year. *Transactions of the Horticultural Society of London.* 1:244-247.
- LUJÁN, L. 1996. <http://www.redepapa.org/lujan.pdf>.
- MATSUBAYASHI, M. 1991. Phylogenetic relationships in the potato and its related species. *Chromosome engineering in plants: Genetic, Breeding, Evolution. Part B.* Elsevier Science Publishers B.V. 93- 118.
- ESTRADA, N. 2000. La biodiversidad en el mejoramiento genético de la papa. *Centro de Información para el Desarrollo- CID.* 372p.
- GLENDINNING, D. R. 1983. Potato introductions and breeding up to the early 20<sup>th</sup> Century. *New Pathologist* 94:479-505.
- GLENDINNING, D. R. 1979. Enriching the potato gene-pool using primitive cultivars. . *Conf. Broadening Genet. Base Crops, Wageningen, 1978.* Pudoc. 39-45.
- HANNEMANN, R. E. 1989. The potato germplasm resource. *Amer. Potato Journal* 66: 655-667.
- HANNEMANN, R. E. AND J. BAMBERG. 1986. Inventory of tuber-bearing *Solanum* species. *Research Div. Coll. Agric. Life Sciences. Univ. Wisconsin.* 216 p.
- HERMSEN, J. 1974. Utilization of non cultivated species. Report of the First Planning Conference on Utilization of Genetic Resources. 23-34. Lima, Perú.
- IMPERIAL BUREAU OF PLANT GENETICS, 1936.
- PLAISTED, R. L. 1972. Utilization of germplasm in breeding program – Use of cultivated tetraploid. In *Prospects for the Potato in the Developing World.* E.R. French (ed), Lima, Perú.
- Plaisted, R.L. y R.W. Hoopes, 1989. The past record and future prospects for the use of exotic potato germplasm. *Amer. Potato Journal* (66):603-627.
- OCHOA, C. 1972. Los *Solanum* tuberíferos silvestres del Perú (*Secc. Tuberarium*, Sub-secc. *Hyperbasarthrum*). Lima, Perú. 297 p.
- ROSS, H. 1958. Ausgangsmaterial für die Züchtung. In Kappert and Rudolf (eds) *Handbuch der Pflanzenzüchtung.* 3 Züchtung der Knollen und Wurzelfruchtarten. Paul Parey 43-59.
- ROSS, H. 1979. Wild species and primitive cultivars as ancestors of potato varieties . *Conf. Broadening Genet. Base Crops, Wageningen, 1978.* Pudoc.
- RATHLEF, VAN, R. 1932. Die Stammtafeln des Weltsortiments der kartoffel und ihre generative fruchtbaren Sorten. *Kühn Archiv* 33:296-431.

SALAMAN, R. 1926. Potato Varieties. Cambridge. University Press, Cambridge.

SALAMAN, R. 1937. The potato and its early home and its introduction in to Europe. The Jpurnal of the Royal Horticultural Society. 62: 61-77; 112-23,153-62, 253-66.

SALAMAN, R. 1938.

SIEBENEICK, H. 1948. Stammtafeln des deutschen Kartoffelsortiments 1947.

SUTTON, A. W. 1985. Potatoes. Simpkin, Marshall, Hamilton, Kent and Co., London.

# RECURSOS GENÓMICOS EN PATATA

Enrique Ritter

NEIKER-Tecnalia. Campus Agroalimentario de Arkuate. Apartado 46.  
E-01080 Vitoria-Gasteiz, España. eritter@neiker.net

La genómica ha contribuido a un mayor conocimiento genético de muchas especies vegetales entre las que se incluye la patata. Además de su importancia para el conocimiento básico de estudios genéticos y evolutivos, incluyendo los análisis de biodiversidad, los marcadores moleculares son de utilidad para construir mapas de ligamiento y para localizar rasgos mono y poligénicos, que permitan introducir y seleccionar de manera eficiente individuos con características específicas. Estos marcadores posibilitan la selección de individuos en fases juveniles en los programas de mejora. Además, los marcadores juegan un papel importante en el aislamiento y clonación de genes. Debido a su importancia económica y a sus características fisiológicas, la patata representa un modelo de gran interés para aplicaciones genómicas y se han desarrollado numerosos recursos genómicos en las últimas décadas.

Inicialmente se desarrollaron ya en los años 70 y 80 diferentes tipos de marcadores moleculares (isoenzimas, RFLP, RAPD, AFLP, SSR, CAP, SCAR, EST, etc.). Estos se utilizaron para la identificación varietal, el análisis de la biodiversidad, estudios filogenéticos, la obtención de mapas genéticos, el mapeo de caracteres cualitativos como resistencias monogénicas y en diferentes análisis de QTL (Ritter et al. 2005).

Entre los numerosos mapas genéticos que se han construido en patata, destacan tres. El mapa de marcadores SSR (Milbourne 1998) que permite alinear mapas de diferentes entornos genéticos, el mapa ultradenso de referencia en patata (UHD map; van Os et al. 2006) que contiene más de 10.000 marcadores, principalmente AFLP pero también marcadores de referencia como RFLP y SSRs y recientemente el mapa del transcriptoma (Ritter et al. 2008) a partir de genes expresados constitutivamente utilizando la técnica cDNA-AFLP.

Los caracteres cuantitativos de los análisis QTL consideran diferentes resistencias poligénicas a estreses bióticos y abióticos, el rendimiento y sus componentes, la tuberización, la dormancia y contenidos en almidón y azúcares reductores (Ritter et al. 2005).

Posteriormente se han realizado análisis comparativos de genomas, de genes candidato y de QTLs que han permitido alinear los mapas de patata tomate y pimiento, ver relaciones entre genes de resistencia en diferentes especies (Grube *et al.* 2000) y las asociaciones que existen entre QTLs y genes candidatos (Menendez et al 2002). La compilación e integración de todos estos resultados genera un “mapa funcional” de la patata (Gebhardt et al. 1999), que contiene “regiones estratégicas” donde se acumulan genes de interés para diferentes caracteres.

En los últimos años se han desarrollado en patata diferentes herramientas genómicas para identificar directamente los genes que influyen en un carácter de interés. Estas técnicas incluyen la aplicación de la genética inversa, la producción de EST a partir de librerías enriquecidas, la construcción de librerías de BACs, mapas físicos, cDNA-AFLP diferencial, micro-chips de cDNAs, secuenciación masiva de ESTs, “Tilling”, qRT-PCR, eQTLs, LDA, “3D-Imaging”, “DNA melting Analysis (HRM)”, SNP e inserciones de T-DNA, entre otras. Dichas técnicas permiten también estudiar y comparar los efectos de las variantes alélicas de un gen determinado. Marcadores específicos que corresponden a alelos de estos genes se pueden utilizar directamente en MAS, independientemente del entorno genético.

Finalmente se ha establecido el “Potato Genome Sequencing Consortium (PGSC)” con el objetivo de revelar la secuencia completa del genoma de la patata (850 Mbp) hasta finales del año 2010.

Es conveniente unir toda la información con respecto a marcadores, QTLs, genes, clones de BACs y secuencias en un único “mapa funcional consensuado”. El volumen de datos genómicos que se viene generando en patata es enorme y es necesario presentar los datos interpretados y relacionados a cual-

quier usuario con el fin de obtener sinergia y colaboración entre diferentes grupos de investigación. Para maximizar la difusión de resultados y estimular la explotación de los recursos generados es necesario establecer bases de datos en Internet con amplias opciones de búsqueda.

Más que detallar los avances, se centra a continuación en citar y describir algunos sitios en Internet que contienen información genómica detallada sobre patata y especies relacionadas. La tabla 1 contiene un listado de estos enlaces e información resumida.

Los detalles del mapa ultra denso de referencia y sus marcadores así como de una librería de BACs anclada a este mapa y otra información relevante se puede encontrar en la "Potato and Tomato Genetic and Genomic Database" (<https://cbsgdbase.wur.nl/>).

Información sobre el mapa del transcriptoma, co-localizaciones entre TDFs y QTLs publicados y genes candidato de resistencia con expresión diferencial muestra el enlace <http://www.neiker.net/neiker/PGC>.

La descripción e información detallada sobre el proyecto de secuenciación en patata se encuentra en <http://potatogenome.net/>.

Una fuente importante y amplia de recursos genómicos en patata y otras solanáceas es el proyecto "Potato Functional Genomics" (<http://www.potatogenome.org/nsf5/>), financiado por NSF (National Science Foundation, EEUU) en el que colaboran diferentes universidades y el instituto TIGR (Institute for Genomic Research, Rockville MD, EEUU; <http://www.tigr.org/tdb/sol/>). El instituto TIGR ha generado numerosos ESTs y mantiene una base de datos de expresión de genes involucrados en estrés biótico y abiótico dentro de las solanáceas. Toda esta información y las secuencias de patata procedentes del GenBank, se han utilizado para generar el Índice de genes de *Solanum tuberosum* de TIGR (StGI; <http://compbio.dfci.harvard.edu/tgi/cgi-bin/tgi/gimain.pl?gudb=potato>). La base de datos presenta todos los genes de *S. tuberosum* y proporciona datos sobre sus patrones de expresión, funciones celulares y relaciones evolutivas. Otras aplicaciones del StGI permiten la búsqueda a partir de secuencias de nucleótidos y/o proteínas, partiendo del nombre del producto del gen, por vías metabólicas o por nombre de librerías de cDNAs.

Recientemente el Instituto TIGR se fusionó con otros centros para formar el "J. Craig Venter Institute" y ya no proporciona el micro-chip de patata que contenía más de 10.0000 cDNAs relevantes. Diferentes casas comerciales ofrecen ahora servicios de "expression profiling". Otra alternativa es la "Potato Oligo Chip Initiative: POCl".

Otro ejemplo es la base de datos USDA-ARS SolGenes, desarrollada por la Universidad de Cornell (<http://www.sgn.cornell.edu/>). El alcance de SolGenes abarca al cultivo de la patata, el pimiento y tomate y sus parientes silvestres. El núcleo consiste en mapas de varias especies. La base de datos está equipada con aplicaciones que permiten mostrar regiones cromosómicas con sus respectivos marcadores. Estos están intercalados y documentados por literatura, catálogos de sondas, loci y enzimas de restricción. Esta base se completa con estudios sobre la identificación varietal, QTLs, ensayos de campo y resultados de selección asistida por marcadores. Cuenta además con enlaces a colecciones de germoplasma.

Una alternativa con características parecidas ofrece "UK CROPNET" <http://ukcrop.net/perl/ace/search/SolGenes>.

El "Centre of Biosystems Genomics" (Wageningen, Holanda) inició un proyecto sobre genómica de la patata en el que colaboran universidades, institutos I+D, industrias de mejora genética y de procesamiento de la patata y empresa de biotecnología (<http://www.biosystemsgenomics.nl/research02.html>). Este proyecto se divide en varios subproyectos relacionados con la calidad medioambiental, la calidad para el consumidor y las industrias y la explotación de la variabilidad genética. Un enfoque está dirigido a la comprensión, el control y la utilización de genes de resistencia a plagas y enfermedades, con especial énfasis en *P. infestans*.

**Tabla 1.** Enlaces importantes en INTERNET sobre Recursos Genómicos en Patata

Nombre	Dirección	Descripción
Canadian Potato Genome Project	<a href="http://www.cpgp.ca/">http://www.cpgp.ca/</a>	Mutantes en patata, EST, genes únicos, microarrays

Nombre	Dirección	Descripción
NSF Potato Genome Project	<a href="http://www.potatogenome.org/nsf5/">http://www.potatogenome.org/nsf5/</a>	Enlaces a numerosas páginas con toda clase de información genómica
Potato and Tomato Genetic and Genomic Database	<a href="https://cbsgdbase.wur.nl/">https://cbsgdbase.wur.nl/</a>	Información sobre el mapa ultra denso de referencia en patata y secuencias de BACs anclados, otra información
Potato Genome Sequencing Consortium	<a href="http://potatogenome.net/">http://potatogenome.net/</a>	Información sobre el Proyecto de Secuenciación en Patata
Potato Genetic Resources at NEIKER	<a href="http://neiker.net/neiker/PGR">http://neiker.net/neiker/PGR</a>	Información sobre el mapa del transcriptoma y proyecciones de QTLs publicados
Solanaceae Genome Network	<a href="http://www.sgn.cornell.edu/">http://www.sgn.cornell.edu/</a>	Base de datos con información genética, fenotípica y taxonómica de Solanaceas y otras familias relacionadas. La información genómica se representa de forma comparativa
TIGR -Institute for Genomic Research	<a href="http://www.tigr.org/tdb/sol/">http://www.tigr.org/tdb/sol/</a> (ahora en Michigan State University)	Secuencias y anotaciones de BACs, EST, genes, SNPs, genes ortólogos, SSRs
UK CROPNET	<a href="http://ukcrop.net/perl/ace/search/SolGenes">http://ukcrop.net/perl/ace/search/SolGenes</a>	Mapas genéticos, QTLs, genes, germoplasma, literatura
Bill Fry's Lab at Cornell	<a href="http://ppathw3.cals.cornell.edu/fry/index.htm">http://ppathw3.cals.cornell.edu/fry/index.htm</a>	Biología y manejo de <i>Phytophthora infestans</i>
Evolving Resistance in Solanaceae	<a href="http://solevol.ccgb.umn.edu/index.php">http://solevol.ccgb.umn.edu/index.php</a>	Análisis de evolution de genes de resistencia en diferentes Solanaceas

Otro enfoque considera la identificación de genes que controlan caracteres de calidad relacionados con el crecimiento (tuberización, dormancia y germinación) y con el procesamiento (chips, cocción, almidón). En el marco de estos proyectos se desarrollan micro-chips específicos para el transcriptoma de los caracteres mencionados, cribados de proteínas y metabolitos a gran escala y análisis de la variabilidad genética en el germoplasma del género *Solanum*.

Canadá financia el "Canadian Potato Genome Project" (<http://www.cpgp.ca/>) La página contiene un listado de mutantes en patata, EST, genes únicos y otra información. Otras fuentes de información genómica contienen temáticas especializadas sobre genes específicos o patógenos de patata.

En resumen, se puede observar que se están realizando tremendos esfuerzos de la comunidad científica internacional a fin de avanzar en el conocimiento y la explotación del genoma de la patata.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- GEBHARDT C., SCHÄEFER-PREGL R., OBERHAGEMANN P., CHEN X., CHALOT-BALANDRAS C., RITTER E., CONCILIO L, BONNEL E., HESSELBACH J., SALAMINI F. 1999 Function Maps of potato. EBPN, Proceedings of Phytosphere 99.
- GRUBE R. C., RADWANSKI E. R., JAHN M. 2000 Comparative Genetics of Disease Resistance Within the Solanaceae. *Genetics* 155: 873-887
- MENENDEZ C. M., RITTER E., SCHÄEFER-PREGL R., WALKEMEIER B., KALDE A., SALAMINI F. & GEBHARDT C. 2002. Cold Sweetening in Diploid Potato: Mapping Quantitative Trait Loci and Candidate Genes. *Genetics* 162: 1423-1434.
- MILBOURNE D., MEYER R. C., COLLINS A. J., RAMSAY L. D., GEBHARDT C., WAUGH R. 1998 Isolation, characterization and mapping of simple sequence repeat loci in potato. *Mol Gen Genet* 259: 233-245.

- RITTER, E., RUIZ DE GALARRETA, J.I., VAN ECK, H.J. AND SÁNCHEZ, I. 2008. Construction of a potato transcriptome map based on the cDNA-AFLP technique. *Theor. Appl. Genet.* (in press).
- RITTER, E., LUCCA, F., SÁNCHEZ, I., RUIZ DE GALARRETA, J.I., ARAGONÉS, A., CASTAÑÓN, S., BRYAN, G., WAUGH, R., LEFEBVRE, V., ROUSSELLE-BOURGOISE, F., GEBHARDT, C., VAN ECK, H., VAN OS, H., TACO, J. AND BAKKER, J. 2005. GENOMIC RESOURCES IN POTATO AND POSSIBILITIES FOR EXPLOITATION. P.55-65. IN: HAVERKORT, A.J. AND STRUIK, P.C. (eds.), *Potato in progress; science meets practice*, Wageningen Academic Publishers, The Netherlands.
- VAN OS, H., ANDRZEJEWSKI S., BAKKER, E., ET AL., 2006. Construction of a 10.000-Marker Ultradense Genetic Recombination Map of Potato: Providing a Framework for Accelerated Gene Isolation and a Genomewide Physical Map. *Genetics* 173: 1075–1087.

# LA SUBESPECIE *ANDIGENA* DE PATATA: MODELO PARA EL ESTUDIO DE LA TUBERIZACIÓN

Salomé Prat

Centro Nacional de Biotecnología-CSIC, Campus Universidad Autónoma de Madrid, Cantoblanco.  
c/ Darwin 3, 28049 MADRID

La patata (*Solanum tuberosum*) es la cuarta especie agrícola más cultivada para consumo humano y animal, después del maíz, el arroz o el trigo. Se cultiva por sus tubérculos subterráneos muy ricos en almidón, que contienen también cantidades relativamente elevadas de carotenoides y proteínas, con una proporción en aminoácidos esenciales más equilibrada que la de los cereales. Los tubérculos se diferencian a partir tallos subterráneos ó estolones, con un crecimiento horizontal, y sirven como órganos de propagación vegetativa a la planta. En condiciones naturales, éstos se forman al final del otoño y permanecen en el suelo en un estado de “dormición” durante los meses de invierno hasta la siguiente primavera en que se activan de nuevo sus yemas laterales y dan lugar a brotes que emergen del suelo, desarrollando una nueva planta genéticamente idéntica a la planta madre inicial. A fin de asegurar que estos órganos se desarrollen durante la estación adecuada del año, la planta es capaz de medir los cambios de temperatura y/o de la longitud del día que se suceden a lo largo del año y anticipar su crecimiento a la próxima estación anual. En efecto, a medida que nos alejamos del ecuador, los días se alargan en verano y se acortan al aproximarse el invierno y la capacidad de percibir estos cambios sucesivos, también conocida como fotoperiodismo, permite a las plantas determinar en que época del año se encuentran y adaptar en consecuencia su crecimiento y reproducción. Respuestas fotoperiódicas típicas son, por ejemplo, la inducción de órganos florales, la caída de las hojas en otoño, la formación de anillos del cambium, la dormición de brotes foliares y la tuberización en plantas de patata. Los días cortos (SD) y las bajas temperaturas favorecen la formación de tubérculos en todas las variedades de patata. Las variedades de patata comerciales derivan en su mayoría de la subespecie *chilense* más adaptada a condiciones de días largos (LD) y pueden formar tubérculos en días largos. Sin embargo, dichas variedades responden a condiciones de días cortos acelerando la tuberización. Especies silvestres de la variedad *andigena*, originarias de las altas cordilleras de Perú, por el contrario, están adaptadas a las bajas temperaturas que se dan en la noche y cuando se crecen en ambientes más cálidos no tuberizan si la longitud del día excede una duración mínima de alrededor de 8-10 horas. Al igual que se ha reportado en *Pharbitis* ó arroz, que requieren SD para florecer, una interrupción de la noche con un pulso de luz o *night break* (NB) inhibe la tuberización de estas especies, que se comportan como estrictamente dependientes de SD para la formación de tubérculos. Ello permite crecer estas plantas en condiciones inductoras de SD (8h de luz y 16 h de oscuridad) o en condiciones no-inductoras de SD+NB (8h de luz y 16 h de oscuridad, con una interrupción de 15 min de luz en mitad de la noche), disponiendo así de plantas inducidas ó no-inducidas cuya única diferencia en las condiciones de cultivo es una interrupción de la noche con un pulso de 15 min de luz. Ello hace que estas especies sean un excelente sistema modelo para el estudio del proceso de tuberización y de las rutas de señalización que se activan durante la diferenciación de estos órganos de reserva. Mediante una aproximación genómica, basada en la utilización de *microarrays* de cDNA, hemos estudiado los cambios en el patrón de expresión génica que ocurren durante dicha transición. Así hemos observado que cambios en numerosos genes de respuesta a auxinas y genes implicados en la división celular precede la activación del gen GA2oxidasa, implicado en la inactivación de giberelinas (GAs). Ello conlleva una fuerte disminución en los niveles endógenos de estas hormonas en el estolón y una activación de los genes implicados en la síntesis de almidón y en la acumulación de proteínas de reserva (*patatina*) y de inhibidores de proteasas. Conjuntamente con estos cambios, hemos observado la activación de numerosos factores de transcripción de dedo de zinc, bZIP y WRKY, cuyo papel en la acumulación de almidón y proteínas de reserva estamos estudiando en la actualidad. Patata es una especie fácil de transformar mediante infección por *Agrobacterium* y hemos generado líneas que sobre-expresan y líneas RNAi para estos genes, a fin de analizar que cambios en el patrón de expresión génica ocurren en estas líneas transgénicas. De este modo, hemos observado que

el factor bZIP bZI2, fuertemente activado en las fases tempranas de inducción del tubérculo tiene un papel principal en la regulación de la síntesis de almidón, que se ve comprometida en las líneas RNAi. Se presentará los resultados de estos estudios y se discutirán posibles abordajes experimentales que pudieran permitir modificar el contenido en almidón del tubérculo y/o incrementar su contenido proteico.

Estudios en los que se injertó la parte aérea de plantas cultivadas en SD sobre plantas base crecidas en LD, demostraron que las hojas ya desarrolladas son las que perciben la longitud del día y/o noche. En condiciones inductoras éstas sintetizarían una señal móvil ó *tuberígeno*, la cuál es transportada a través del injerto a los estolones de la base injertada, induciendo la tuberización de estas plantas. A su vez, experimentos realizados por el fisiólogo ruso Mikhail Chailakhyan en los que injertó plantas de tabaco de día neutro, ó que requerían SD o LD para florecer sobre bases de patata, demostraron que la señal de floración de tabaco es capaz de inducir la tuberización de patata. Dichos estudios demostraron además que siempre que los tabacos injertados estaban inducidos para florecer, las bases formaban tubérculos, independientemente que los tabacos fueran de día neutro, SD ó LD. Ello indicaría que las señales de floración y tuberización son similares, y que la señal móvil es parecida en plantas neutrales ó en plantas que requieren unas condiciones fotoperiódicas estrictas.

Las rutas moleculares implicadas en el control fotoperiódico de floración se han caracterizado principalmente en *Arabidopsis thaliana* (facultativa LD) y en arroz (SD). La identificación de mutantes de floración tardía en estas especies ha permitido definir una ruta fotoperiódica común, comprendida por los genes *GIGANTEA (GI)*, *CONSTANS (CO/Hd1)* y *FLOWERING LOCUS T (FT/Hd3a)*. La activación del gen *FT* por el factor de transcripción *CO* en las células compañeras del floema es un paso clave en dicha ruta de regulación. A su vez, se ha demostrado recientemente que la proteína *FT* se mueve a través del floema hacia el meristemo apical y que dicho transporte es un pre-requisito para la inducción floral, lo que demostraría que la proteína *FT* funciona como *florigeno*.

En nuestro grupo hemos analizado si *FT* es también capaz de promover la tuberización en plantas de patata, actuando por tanto con la señal móvil de tuberización ó *tuberígeno*. Para ello, hemos introducido la construcción *rolC:Hd3a-GFP* de arroz en plantas *andigena* y analizado si estas plantas tuberizan en LD. En arroz, la expresión de esta proteína de fusión bajo control del promotor *rolC*, específico de floema, induce la floración en condiciones no-inductoras de LD y de manera similar, hemos observado que las líneas transgénicas de patata forman tubérculos en LD. Además, cuando estas líneas se injertaron sobre bases silvestres, inducían la tuberización de las plantas silvestres lo que indicaría que la señal *FT/Hd3a* puede transportarse a través del injerto hasta los estolones silvestres induciendo su diferenciación a tubérculo. Al analizar las plantas silvestres injertadas no se detectó el transcrito *Hd3a-GFP* pero si la correspondiente proteína mediante inmunodetección con un anticuerpo anti-GFP de los extractos de estolones silvestres, enriquecidos por inmunoprecipitación. Ello demostraría que la proteína *Hd3a-GFP* se transporta desde los injertos transgénicos a la base silvestre, funcionando por tanto como señal móvil de tuberización ó *tuberígeno*.

En estudios destinados a identificar el gen de patata que codifica la señal móvil de tuberización, hemos observado que de los 6 miembros de la familia génica *FT* en patata, únicamente el gen *SP6A* muestra un patrón compatible con la señal inductora de tuberización. Este gen no se expresa en plantas cultivadas en LD y se induce a los 2-4 días de transferir las plantas a condiciones de SD, precediendo su activación el inicio de la tuberización. Además, una interrupción de la noche con 15 min de luz bloquea la tuberización e inhibe la activación de este gen, que por otra parte se acumula a niveles elevados en las hojas de líneas antisentido *phyB* con una inducción constitutiva (Jackson y col., 1996). Por tanto, la expresión de este gen se correlaciona fuertemente con la respuesta de tuberización y su sobre-expresión en *Arabidopsis* complementa la floración tardía de los mutantes *co-1* y *ft-1*, de acuerdo con una función ortóloga de *FT* del gen *SP6A*.

Estos resultados demostrarían que *FT* actúa tanto como señal móvil de floración como de tuberización y se discutirá cómo la planta es capaz de discernir cuál de estos dos programas de desarrollo debe ser activado. Los genes que actúan por debajo de *FT*, por otra parte, actuarían como genes de identidad de tubérculo y su activación marcaría el inicio de la tuberización. La caracterización de estos genes contribuirá sin duda a comprender como se produce el inicio de la formación de estos órganos de reserva, permitiendo generar variedades más productivas en condiciones ambientales adversas.

# INNOVACIONES DE INTERÉS PARA LA INDUSTRIA Y EL POSIBLE PAPEL DE LAS INSTITUCIONES DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN AMÉRICA LATINA

Caldiz, D. O.

*McCain Sudamérica, Ruta 226 km 61500, B7620EMA Balcarce, Argentina  
e-mail: dcaldiz@mccain.com.ar*

## INTRODUCCIÓN

Durante los últimos 50 años el cultivo de papa se expandió a nivel global en forma significativa. En la década de 1950 se cultivaban aproximadamente 12 millones de ha con una producción total de 144 millones de toneladas (Caldiz, 1994); en tanto que en 2007 se cultivaron algo más de 19 millones de ha con una producción total de casi 321 millones de toneladas (AIP, 2008). En la actualidad la papa es el tercer cultivo alimenticio en importancia a nivel mundial, luego del arroz y el trigo; dado que si bien la producción de maíz es superior a la de la papa, una parte se destina como alimento para el ganado (Anderson, 2008). En este proceso de desarrollo del cultivo han intervenido numerosos factores. Entre ellos se pueden mencionar: la adaptación del cultivo a distintas condiciones agro-ecológicas, asociado al permanente desarrollo de variedades. Además, el potencial productivo y nutricional, que permite cosechar más toneladas de alimento por unidad de superficie, ha sido un factor utilizado por el Centro Internacional de la Papa para establecer el cultivo en regionales tropicales y subtropicales, donde la papa no era el cultivo tradicional. En estos últimos 50 años el crecimiento de las cadenas de comidas rápidas, los desarrollos tecnológicos vinculados al congelamiento rápido de los alimentos y el cambio en el estilo de vida también fomentaron el nacimiento y el desarrollo de las industrias procesadoras de alimentos, entre las cuales se encuentran las productoras de bastones pre-fritos congelados (French fries). McCain fue fundada en 1957 en Florenceville, por los hermanos Harrison y Wallace McCain y la compañía pasó de facturar 153.000 U\$S en ese año a más de 6 U\$S billones en 2007. En la actualidad la compañía procesa cerca de medio millón de toneladas de papa por hora; sus productos se distribuyen en más de 120 países y una de cada tres French Fries que se consumen en el mundo han sido producidas por McCain (Stoffman, 2007). Al margen de la indudable visión, dedicación y capacidad de liderazgo de sus fundadores, la compañía creció y aún lo sigue haciendo basándose en continuos avances tecnológicos, tanto a nivel de campo como de proceso. En este trabajo se presentan algunos de los avances que permitieron desarrollar el cultivo de papa para industria en zonas no tradicionales y se analiza además, el papel que han cumplido y pueden cumplir las instituciones de investigación y desarrollo en este proceso de mejora continua de los rendimientos, la calidad y los aspectos nutricionales vinculados a la producción de French Fries, con particular énfasis en América Latina.

## MEJORAMIENTO Y DESARROLLO DE NUEVAS VARIEDADES

Sin dudas que la papa es la principal materia prima de la industria procesadora de French Fries. Los tubérculos destinados al procesamiento deben cumplir con ciertas características básicas como ser: relación L/A > 1,5; materia seca entre 20-24%; aceptable color de fritura luego del almacenamiento y largo período de dormición, entre otras. Russet Burbank, una variedad obtenida en 1876 en USA reúne esas características, además de un alto potencial de rendimiento en el ambiente adecuado. Sin embargo, una de sus debilidades es la susceptibilidad al desarrollo de “puntas de azúcar”, un proceso fisiológico asociado al estrés por temperatura, principalmente, que dispara la síntesis de invertasa en los tubérculos convirtiendo la sacarosa en glucosa y fructosa (Appeldoorn, 1999; Sowokinos y col., 2000). Si no fuera por este desorden fisiológico Russet Burbank podría ser considerada una variedad modelo para la producción de French Fries. Si bien todavía se cultiva en forma extensiva en diversas regiones del mundo -McCain produce > 50.000 ha de esta variedad a nivel global- la susceptibilidad al desarrollo de “puntas

de azúcar” ante situaciones de estrés ha promovido el mejoramiento y desarrollo de nuevas variedades. En USA, los programas de mejoramiento de Idaho-Washington-Oregón han liberado en los últimos años algunas otras variedades “tipo russet”, como Ranger Russet, Gem Russet, Umatilla Russet y Bannock Russet ( Por ejemplo, en Canadá se desarrolló Shepody, una variedad apta para el procesamiento cuyas debilidades son la susceptibilidad a la Sarna común (*Streptomyces* spp.) y la escasa almacenabilidad. En los últimos años los programas de mejoramiento de diversas compañías holandesas y francesas han desarrollado variedades aptas para el procesamiento en bastones, como Santana, Markies, Innovator y Daisy que se cultivan no solo en Europa sino también en Africa, Australia y América Latina. Estas variedades, si bien son susceptibles a diversas enfermedades y factores del ambiente, no desarrollan “puntas de azúcar”, lo cual les ha permitido ocupar un importante nicho entre las procesadoras de French Fries. Por otra parte, el desarrollo del cultivo en zonas no tradicionales para la industria, como los países tropicales y subtropicales requiere del desarrollo de variedades específicas. Un caso muy interesante se ha llevado a cabo en Colombia en un esfuerzo combinado entre el Centro Internacional de la Papa, la Corporación Colombiana de Investigaciones Agropecuarias y McCain, que condujo al desarrollo de la variedad Nova CC (Villamil y col., 2008). Al mismo tiempo la expansión del cultivo a otros países también requiere de nuevas variedades, adaptadas a ambientes diversos, con alto potencial de rendimiento, aptitud para el procesamiento y en algunos casos aceptación en los mercados locales. Por lo tanto es evidente que las instituciones vinculadas al mejoramiento de variedades, y aquellas que trabajan en aspectos básicos de genética molecular pueden, sin dudas, contribuir al avance de las industrias procesadoras en el mundo. Otro ejemplo es el caso de McCain en la Argentina, donde está llevando a cabo un programa de mejoramiento específico en búsqueda de una variedad doble propósito con la cooperación del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA Balcarce). En el futuro, la obtención de variedades con mayores atributos nutricionales deberá ser un objetivo de los programas de mejoramiento.

## **MANEJO DEL CULTIVO, LA COSECHA Y EL ALMACENAMIENTO**

La adecuada elección del sitio de cultivo y el genotipo de ninguna manera aseguran el éxito del proceso productivo. El mismo debe continuar con la utilización de tubérculos-semilla con un alto grado de sanidad y óptima edad fisiológica al momento de la plantación (Caldiz et al., 2002). Respecto al tratamiento de los tubérculos-semilla previo a la plantación, es posible destacar los trabajos llevados a cabo en forma conjunta entre el Instituto de Investigaciones Biológicas de la Universidad de Mar del Plata y McCain Argentina, que desarrollaron tratamientos “a medida” para cada variedad destinada a la industria (Andreu & Caldiz, 2006; Caldiz y col., 2007) y promovieron además el manejo integrado de las enfermedades basándose entre otras tácticas en la resistencia sistémica adquirida (Andreu y col., 2006). El manejo de la nutrición resulta clave en los cultivos para industria, particularmente en lo que se refiere al N y P. En este caso, es dable destacar los trabajos realizados en la Argentina en los últimos años entre la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad de Mar del Plata y McCain (Giletto y col., 2006; Martínez y col., 2008; Zamuner y col., 2008). Estos trabajos no sólo consideraron el uso eficiente de los recursos, sino también los efectos residuales sobre los niveles de N y P en el suelo por la aplicación de dosis diferentes.

Los trabajos cooperativos también se han centrado en las prácticas de cosecha, transporte y almacenamiento. En este sentido, durante varias campañas agrícolas se evaluaron las condiciones de cosecha y su impacto sobre el nivel de daños en los tubérculos, que luego se reflejan no sólo en la almacenabilidad de los mismos, sino también en su aptitud para el procesamiento (Capurro y col., 2004).

## **CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS**

Como se ha expuesto, son numerosos los ejemplos en los cuales se han establecido cooperaciones exitosas entre los avances de la industria y las instituciones vinculadas a la investigación y el desarrollo. Sin embargo, no todo ha sido resuelto, aspectos como el impacto del cambio climático en la distribución, productividad y calidad de los cultivos serán claves para asegurar la provisión de materia prima en el futuro. Asimismo, los avances en las mejoras genéticas han de seguir ocupando un papel central en la vinculación entre la industria y las instituciones de investigación y desarrollo. Los ejemplos que se han discutido deberían servir como marco para la concreción de futuras investigaciones e innovaciones

que redunden en beneficios mutuos para las partes involucradas y se multipliquen en mejoras no sólo en el manejo de los cultivos, sino también en el cuidado del medio ambiente y en las condiciones que se lleva a cabo el trabajo rural. En este sentido, McCain es una de las industrias pioneras en aplicar un paquete de Buenas Prácticas Agrícolas en países en vías de desarrollo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDREU A.B. & D.O. CALDIZ, 2006. Foliar fungicides seed piece treatments as protective foliage in early stage for managements of late blight of potatoes. *Crop Protection* 25: 281-286.
- ANDREU, AB; M.G. GUEVARA, E. WOLSKI, G. DALEO & D.O. CALDIZ, 2006. Enhancement of the natural disease resistance of potatoes by chemicals. *Pest Management Science*. 62: 162-170.
- APPELDOORN, N. 1999. Developmental changes in carbohydrates metabolism during early tuberisation of potato. PhD Thesis, Wageningen University, The Netherlands.
- ANDERSON, P. 2008. Overview: Potato science for the poor. En: *Potato Science for the Poor: Challenges for the New Millenium. A Working Conference to celebrate the International Year of the Potato*. 25-28 March 2008, Cuzco, Perú.
- AÑO INTERNACIONAL DE LA PAPA, 2008. El mundo de la papa. Consulta on-line en Agosto 2008: [www.potato2008.org](http://www.potato2008.org)
- CALDIZ, D.O. 1994. Genetic improvement and associated physiological changes in the potato. En: *Genetic Improvement of Field Crops*, G. A. Slafer, ed. Marcel Dekker, Inc. New York. pp. 361-411.
- CALDIZ, D.O., L.V. FERNÁNDEZ & P.C. STRUIK, 2002. Physiological age index: a new, simple and reliable index to assess the physiological age of seed potato tubers based on haulm killing date and length of the incubation period. *Field Crops Research* 69: 69-79.
- CALDIZ D.O., D. ROLON, J. DI RICO & A.B. ANDREU, 2007. Dimethomorph and Mancozeb pre-mixed fungicide activities in early management of late blight (*Phytophthora infestans*) by applications in seed tuber treatment. *Potato Research* 50: 59-70.
- CAPURRO, J.A., I. CUENCA, J.P. EXILART & M.E. NOLASCO, 2004. Daño mecánico en cuatro cultivares de papa (*S. tuberosum*) a tres temperaturas de conservación. *Revista de Investigaciones Agropecuarias* 33: 41-43.
- GILETTO, C. M.; RATTIN, J. E.; ECHEVERRÍA, H. E.; CALDIZ, D. O. 2006. Evaluación de la nutrición nitrogenada en nuevas variedades de papa aptas para el procesamiento industrial. *Ciencia del Suelo*. *Ciencia del Suelo* 24 (1) 65-75.
- MARTINEZ, J. P., C.M. GILETTO, J.E. RATTÍN, H.E. ECHEVERRÍA & D.O. CALDIZ, 2008. Nitrato en base seca e índice de suficiencia de nitrógeno en estratos del canopeo de papa. XXI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Semiárido: Un Desafío para la Ciencia del Suelo. Potrero de los Funes, San Luis, 13-16th May, 2008.
- SOWOKINOS, J.R., C.C. SHOCK. T.D. STIEBER & E.P. ELDREDGE, 2000. Compositional and enzymatic changes associated with sugar-end defect in Russet Burbank potatoes. *American Journal of Potato Research* 77: 47-56.
- Stoffman, D., 2007. *From the Ground Up. The First Fifty Years of McCain Foods*. McCain Foods Limited, Toronto, Ontario, Canada. 250 pp.
- VILLAMIL, H., D.O. CALDIZ, J. MATEUS, M. BONIERBALE & S. DE HAAN, 2008. Desarrollo cooperativo de materiales avanzados del CIP en Colombia: El caso de la variedad Nova. Congreso Iberoamericano sobre Investigación y Desarrollo en Patata. Patata 2008 – III Año Internacional de la Patata. 5-10 Octubre, 2008, Vitoria-Gasteiz, Euskadi, España.
- ZAMUNER, E.C., N.N. POSE, L.I. PICONE, H.E. ECHEVERRÍA & D.O. CALDIZ, 2008. Grado de saturación y disponibilidad de fósforo en un suelo del sudeste bonaerense. XXI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Semiárido: Un Desafío para la Ciencia del Suelo. Potrero de los Funes, San Luis, 13-16th May, 2008.



## **PRESENTACIONES ORALES**

- Recursos Genéticos y Mejora
- Agromanía y Fitopatología
- Genómica
- Sistemas y Producción de Semilla y Desarrollo
- Comercialización

## **RECURSOS GENÉTICOS Y MEJORA**

# DESARROLLO COOPERATIVO DE MATERIALES AVANZADOS DEL CIP EN COLOMBIA: EL CASO DE LA VARIEDAD NOVA CC.

Villamil, H<sup>1</sup>, Caldiz, D<sup>1</sup>, Mateus, J<sup>2</sup>, Bonierbale, M<sup>3</sup>, De Haan, S.<sup>3</sup>

Calle 49 sur #72C-30, Bogotá, Colombia, hvillamil@mccain.com.co

La producción de papa en los países en vías de desarrollo enfrenta varios desafíos, entre los más destacados se pueden mencionar: incrementar los rendimientos, disminuir los costos y aumentar la rentabilidad de los agricultores. En Colombia, la industria privada, representada en este caso por McCain – Congelagro, ha enfrentado estos desafíos a través de alianzas con el sector oficial (CORPOICA - Corporación Colombiana de Investigaciones Agropecuarias,) bajo acuerdos de cooperación con el CIP - Centro Internacional de la Papa. Este desarrollo cooperativo ha llevado adelante la evaluación y desarrollo de materiales avanzados con las siguientes características: forma alargada y calidad tal que permita su procesamiento en bastones pre-fritos congelados, alto rendimiento, resistencia a factores bióticos y ciclo < 150 días. Hasta el presente, la ausencia de una variedad que reúna estas características ha sido una limitante para la competitividad de Colombia en los mercados internacionales de las papas pre-fritas congeladas. Sin embargo, se plantan alrededor de 160.000 ha año<sup>-1</sup>, con rendimientos promedios de 17 ton ha<sup>-1</sup>, los cuales no compensan en la mayoría de los casos los costos de producción. La principal variedad cultivada en Colombia es Diacol Capiro (R-12 Negra), la cual se destina tanto al mercado fresco como al procesamiento en bastones o chips. Esta diversidad de aplicaciones, se ve limitada, particularmente en lo que a producción de bastones se refiere, por la forma redondeada de los tubérculos; y en general, por su susceptibilidad a *Phytophthora infestans* y *Spongospora* spp.

En los últimos 5 años (XX a 2008), a través de un Convenio Marco de Cooperación Técnico Científica el CIP, Corpoica y McCain-Congelagro han llevado a cabo el desarrollo de materiales avanzados del CIP con destino al procesamiento en bastones pre-fritos congelados y el mercado fresco. Producto de un Acuerdo de Transferencia de Materiales Genéticos de Papa (SMTA), se identificó un clon avanzado promisorio con alto potencial para el procesamiento industrial, el **clon CIP 393399-7 (clon 387303.71 x clon 387338.3), el cual fue recientemente registrado como NOVA CC**. NOVA CC pertenece a la población B3C1 del CIP, con resistencia horizontal a *Phytophthora* y fue introducido en Colombia en 1996 (Estación Experimental La Selva, CORPOICA) a fin de evaluar su resistencia a este patógeno en función de la diversidad de genes de virulencia presentes. Durante 2004 – 2008 este clon fue evaluado, junto a otros materiales, en cuanto a forma de tubérculo; rendimiento; características industriales (materia seca y color de fritura) y aceptación por el consumidor. Las evaluaciones se llevaron a cabo en cuatro localidades de la subregión natural del Altiplano Cundiboyacense. Durante el proceso de evaluación y desarrollo se avanzó en el conocimiento de la fenología del cultivo, la respuesta a la fertilización; la susceptibilidad de la semilla al envejecimiento fisiológico y la factibilidad de utilizar “tubérculos-semilla” cortados y tratados con fungicidas específicos. Estos trabajos se llevaron a cabo simultáneamente con las pruebas de evaluación agronómica que exige el ICA - Instituto Colombiano Agropecuario-, para el registro de la variedad en Colombia.

Nova CC posee una relación largo/ancho > 1,5; alcanzó rendimientos comerciales >42 ton ha<sup>-1</sup>, niveles de materia seca entre 19,5 - 20,5% y un porcentaje de tubérculos > 75 mm superior al 80%. Se observó además una mayor resistencia a *Phytophthora infestans* que en Diacol Capiro, lo cual permite reducir el número de aplicaciones de fungicidas. Además, en lotes contaminados por *Spongospora* spp., donde Diacol Capiro mostró síntomas de la enfermedad (agallas en la raíz), estos no fueron visibles en Nova CC.

<sup>1</sup> McCain Sudamérica - Congelagro S.A, Bogotá, Colombia.

<sup>2</sup> CORPOICA, Bogotá, Colombia.

<sup>3</sup> CIP, Lima, Perú.

Nova CC tiene un ciclo de cultivo de 150 días; los tubérculos presentan un corto período de dormición absoluta (a 17°C) de 47 días. Nova CC presenta una floración y fructificación prolífica, (Fig. 1) sus tallos y hojas son delgadas y flexibles y en promedio se pueden contar hasta 10 tubérculos por planta. Nova CC no tolera los suelos fuertemente ácidos, y responde positivamente a las aplicaciones de fertilizantes fosforados (Fig. 2). Los tubérculos-semilla presentan una marcada brotación apical, la cual se supera con shocks térmicos y el corte de semilla. Las densidades de plantación por encima de 46.000 sitios ha<sup>-1</sup> promueven aumentos en el rendimiento (Fig. 3). En la actualidad, dada la intensa floración y producción de bayas (hasta 12 ton ha<sup>-1</sup>) se están evaluando alternativas para inhibir la floración y lograr una mejor redistribución de los fotoasimilados hacia los tubérculos.

El desarrollo cooperativo de Nova CC es un claro ejemplo de cómo la interacción entre organismos internacionales, nacionales y la industria puede contribuir a alcanzar objetivos comunes: en este caso el desarrollo de una variedad con aptitud industrial y para el mercado en fresco y de libre disponibilidad para los agricultores de Colombia.



Fig. 1. Aspecto del cultivo de Nova CC en plena floración, Cundinamarca.

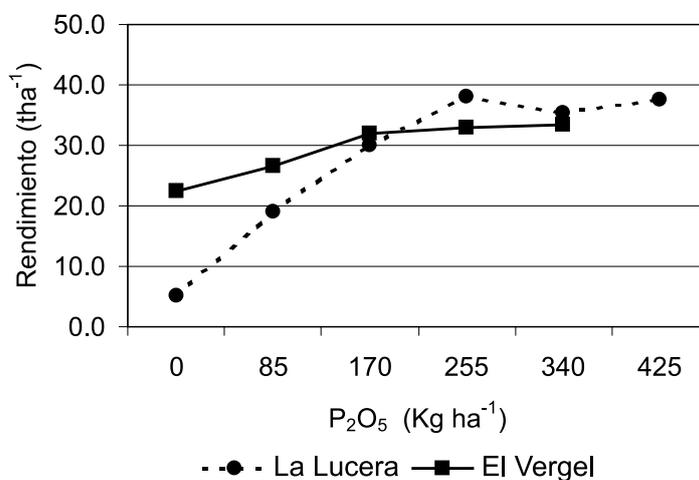


Fig. 2. Respuesta del Rendimiento de Nova CC a la fertilización fosforada en dos tipos diferentes de suelo, Cundinamarca.

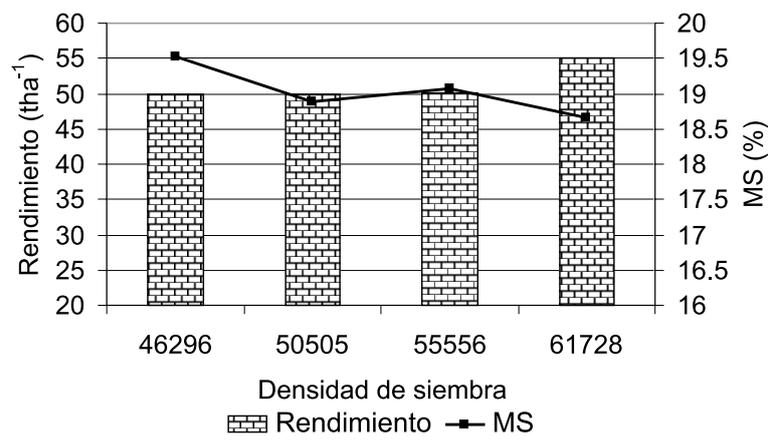


Fig. 3. Efecto de la densidad de plantación sobre el rendimiento y la materia seca en Nova CC, Cundinamarca.

# COMPORTAMIENTO DE GENOTIPOS DE *SOLANUM TARIJENSE*, *S. GOURLAYI* Y *S. TUBEROSUM* SSP ANDIGENA FRENTE AL TIZÓN TARDÍO EN EL SE BONAERENSE ARGENTINO

Lucca, F., Bedogni, C., Cicore, P., Huarte, M., Capezio, S.  
Unidad Integrada Balcarce INTA- FCA. Ruta Nac.226 km. 73.5. Balcarce. ARGENTINA.  
scapezio@balcarce.inta.gov.ar

## INTRODUCCIÓN

La papa se cultiva en distintas regiones geográficas de Argentina. Las zonas más importantes de producción son el Sudeste de la Pampa Húmeda (Buenos Aires), centro del país (Córdoba y Santa Fe), Tucumán y Mendoza donde se cultiva comercialmente *S. tuberosum* ssp. *tuberosum* (**tbr**). Las Quebradas, Altos Valles y Puna de Salta y Jujuy son parte del centro de origen de la papa cultivada y por ello posee una alta biodiversidad, expresada en numerosas variedades nativas y especies silvestres de *Solanum*. En esta región se cultivan variedades antiguas de *S. tuberosum* ssp. *andigena* (**adg**), que están siendo saneadas por el INTA y devueltas a las comunidades. Asimismo, entre las especies silvestres allí presentes se han evaluado con buen potencial de rendimiento en el Sudeste a *S. tarijense* (**trj**) y *S. gourlayi* (**grl**).

*S. tarijense* aún no ha sido estudiada por su comportamiento frente al tizón tardío en las condiciones del sudeste bonaerense. Asimismo la gran variabilidad existente en *S. tuberosum* ssp. *andigena* (**adg**) aún no ha sido completamente explorada bajo estas condiciones.

Resulta de interés explorar estos recursos, que además de resistencias a diferentes plagas, enfermedades y estreses abióticos, pueden aportar genes de calidad, tanto desde el punto de vista nutritivo y culinario, como para el procesamiento industrial. La evaluación de estos recursos permitirá su utilización en programas de mejoramiento en los que se quiera introgresar características favorables.

En Argentina una de las enfermedades más importantes que afectan la papa es el tizón tardío causado por *Phytophthora infestans* y se estima que se gastan unos 20 millones de dólares en el control de esta enfermedad. La principal variedad utilizada es Spunta que es altamente susceptible al tizón.

En el marco del proyecto Iberoamericano "Papasalud", el INTA participa evaluando y seleccionando papas nativas con mayor rendimiento y calidad y adaptadas a diferentes estreses ambientales, con el fin de desarrollar nuevos productos de mercado aportando al mismo tiempo nuevas fuentes de genes de resistencia y de calidad para la mejora genética en papa.

En este trabajo se presentan las evaluaciones realizadas en la campaña 2007/08 de veinticinco genotipos frente al tizón tardío en las condiciones agroecológicas del SE bonaerense argentino.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Durante la campaña 2007/8 se realizó un ensayo a campo con 14 genotipos de **trj**, 1 **grl**, 9 genotipos de **adg** y dos testigos de **tbr** en un diseño en bloques completos aleatorizados con cuatro repeticiones. Cada unidad experimental estuvo compuesta por 5 tubérculos. El ensayo fue plantado el 30 de noviembre en un lote de la estación experimental del INTA Balcarce (Lat 37° 45' S, long 58° 18' O, 130 msnm). Se realizaron dos inoculaciones con una raza compleja de *P. infestans* con una concentración de  $4 \times 10^4$  esporangios/ml. Se tomaron seis lecturas semanales del porcentaje de infección. Para cada genotipo se calculó el área bajo la curva de progreso de la enfermedad (AUDPC de la sigla en inglés) de acuerdo a Shaner y Finney (1977).

Hacia el final del ciclo del cultivo se produjeron precipitaciones prolongadas y abundantes (360 mm. en 15 días) que aceleraron la evolución de la enfermedad, no permitiendo registrar correctamente

el progreso de la misma en esa última etapa. Ante la posibilidad de que esta situación hubiese enmascarado diferencias entre los genotipos se efectuó un análisis parcial y otro final del área de la curva del progreso de la enfermedad (AUDPC parcial y final). El análisis parcial incluye cinco lecturas, desde el 21 de enero al 15 de febrero y se relaciona con el período de escaso desarrollo de la enfermedad. El análisis final incorpora una última lectura realizada al finalizar el extenso período de lluvias.

Se realizaron análisis de varianza con los valores de AUDPC y rendimientos.

## RESULTADOS

En la tabla 1 se muestran los resultados de la evaluación a campo frente a *P. infestans*. Las condiciones no fueron propicias para el desarrollo de la enfermedad al comienzo del ciclo del cultivo. Hacia el final del ciclo se produjeron precipitaciones prolongadas y abundantes (360 mm. en 15 días) que aceleraron la evolución de la enfermedad, no permitiendo registrar correctamente el progreso de la misma en esa última etapa.

Hubo diferencias significativas entre los genotipos en el AUDPC parcial y final. Los genotipos *trj* OKA 5880.22 y Hof 1717.10 presentaron los mayores valores de AUDPC parcial y final. En la misma especie, los genotipos OKA 5873.33 y OKA 6320.9 fueron los que presentaron un mejor comportamiento frente a la enfermedad, similarmente a lo ocurrido en las tres campañas anteriores. El genotipo *grl* OKA 7588.A7 mostró un buen desempeño frente a *P. infestans*. En *adg*, Revolución y Collareja fueron las más susceptibles al tizón, mientras que Papa Oca y Overa fueron las de mejor comportamiento. En *trj* los genotipos OCL 7383.14, OKA 5880.11 y OKA 5632.11 tuvieron rendimientos y tamaños aceptables. Revolución, Overa y Tuni blanca fueron las *adg* más rendidoras, que no se diferenciaron estadísticamente de Pampeana INTA (Tabla 2). Revolución y Collareja alcanzaron tamaños de tubérculo comparables con *tbr*. Los tamaños de *trj* no fueron aceptables. Overa y Tuni blanca produjeron un elevado número de tubérculos.

**Tabla 1.** Porcentaje de infección, en seis lecturas a campo, AUDPC parcial y total en 14 genotipos *trj*, 1 *grl*, 9 *adg* y 2 *tbr* en Balcarce, 2007/8

Genotipo	L 1	L 2	L 3	L 4	L 5	L 6	AUDPC	AUDPCT
<i>trj</i> Oka 5874.12	0.00	0.00	1.25	5.25	12.00	100.00	119.50	1575.50
Oka 5874.33	0.00	0.00	0.00	0.75	5.75	97.50	38.38	1380.63
Oka 6320.9	0.00	0.00	0.00	2.50	2.50	85.00	36.25	1173.75
OCL 7383.10	4.00	4.00	4.00	5.50	9.00	80.00	141.00	1298.00
Oka 5880.22	1.67	1.67	1.67	20.00	20.00	93.33	307.50	1780.83
Oka 5880.11	0.00	0.00	2.00	6.00	8.33	76.00	109.83	1206.17
OCL 7383.7	3.33	3.33	3.33	6.00	6.00	100.00	122.00	1500.00
Oka 5632.12	4.50	6.25	6.25	12.50	15.00	97.50	257.13	1719.63
OCL 7383.14	1.67	1.67	1.67	6.00	6.00	100.00	104.50	1482.50
Oka 5886.16	1.67	1.67	1.67	11.67	20.00	90.00	232.50	1662.50
Hof 1717.10	3.25	1.25	3.25	21.25	21.25	87.50	335.25	1749.00
OCL 7383.12	2.50	2.50	3.25	7.75	7.75	100.00	142.38	1543.13
Oka 5632.11	0.00	0.00	0.00	6.50	6.50	95.00	94.25	1413.75
<i>grl</i> Oka 7494.3	0.00	0.00	2.67	6.67	6.67	100.00	110.00	1496.67
Oka 7588 A.7	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	100.00	100.00	1452.00
<i>adg</i> Collareja	2.00	2.00	2.50	13.25	13.25	100.00	215.63	1687.88
Overa 213	1.25	1.25	2.50	5.25	7.75	100.00	109.25	1510.00
Tuni	2.00	3.25	6.00	10.00	11.25	100.00	197.25	1643.50
Tuni Blanca 105	2.75	2.75	2.75	6.00	9.00	100.00	132.38	1549.38
Moradita	0.75	0.75	2.25	7.25	8.25	97.50	126.00	1500.75
Papa oca 106	0.00	0.00	0.75	6.50	7.00	100.00	100.75	1491.75
Cuarentona 84	4.33	4.33	4.33	6.33	10.00	100.00	157.50	1587.50
Revolución	6.50	6.50	8.00	21.25	27.50	95.50	418.25	2017.25
Collareja 64	4.00	0.00	5.50	20.00	20.00	100.00	325.50	1885.50
<i>tbr</i> Bintje	0.00	0.00	4.00	4.00	5.50	100.00	86.25	1457.75
Pampeana	3.25	3.25	4.50	15.50	16.75	87.00	272.00	1620.75

AUDPC: AUDPC parcial hasta la 5ta lectura. AUDPCT: AUDPC con seis lecturas

Los genotipos con mejores rendimientos fueron los que también presentaron altos niveles de infección frente al tizón tardío.

La infección a campo con tizón tardío permitió identificar dos genotipos de *trj* con buen comportamiento frente a la enfermedad. Las variedades Revolución y Pampeana también tuvieron buen desempeño en esta temporada.

Tabla 2. Rendimiento, número de tubérculos y tamaño en 14 genotipos *trj*, 1 *grl*, 9 *adg* y 2 *tbr* en Balcarce, 2007/8

	Genotipo	Rend (g)	nº	tño
<i>trj</i>	Oka 5874.12	105.00	9.7	10.9
	Oka 5874.33	37.50	5.0	7.5
	Oka 6320.9	74.33	3.7	20.3
	OCL 7383.10	75.00	4.5	16.7
	Oka 5880.22	56.00	7.0	8.0
	Oka 5880.11	147.50	10.0	14.8
	OCL 7383.7	21.50	3.5	6.1
	Oka 5632.12	37.00	5.5	6.7
	OCL 7383.14	202.00	21.5	9.4
	Oka 5886.16	93.33	7.3	12.7
	Hof 1717.10	55.33	15.7	3.5
	OCL 7383.12	30.00	3.0	10.0
	Oka 5632.11	152.00	12.3	12.3
	Oka 7494.3	60.33	6.7	9.1
<i>grl</i>	Oka 7588 A.7	27.00	6.0	4.5
<i>adg</i>	Collareja	458.25	49.8	9.2
	Overa 213	1795.00	107.8	16.7
	Tuni	25.75	1.5	17.2
	Tuni Blanca 105	1714.75	112.0	15.3
	Moradita	764.50	44.5	17.2
	Papa oca 106	443.00	26.8	16.6
	Cuarentona 84	248.33	27.7	9.0
	Revolución	2117.50	54.3	39.0
	Collareja 64	1541.00	31.5	48.9
<i>tbr</i>	Bintje	1469.25	33.0	44.5
	Pampeana	2481.25	38.0	65.3

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BONIERBALE M., S. DE HAAN, A. FORBES. 2007. Procedures for standard evaluation trials of advanced potato clones. An International Cooperators' Guide. Internacional Potato Center. 124 p.
- CAMPBELL C. AND L. MADDEN. 1990. Introduction to plant disease epidemiology, Wiley, New York, USA. 532 p.
- SHANER G., FINNEY, R. E. 1977. The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow mildewing resistance in Knox wheat. *Phytopat.* 67: 1051-1056.
- VLEESHOUWERS V., W. VAN DOOIJEWERT, L. KEISER, L. SIJPKES, F. GOVERS, L. COLON. 1999. A laboratory assay for *Phytophthora infestans* resistance in various *Solanum* species reflects in the field situation. *European Journal of Plant Pathology* 105:241-250

# GERMOPLASMA NATIVO DE PAPA EVALUADO POR SU REACCIÓN DE RESISTENCIA Y/O SUSCEPTIBILIDAD A FACTORES BIÓTICOS Y ABIÓTICOS

Gabriel J., Coca J, Angulo A, Franco J, Plata G  
Fundación PROINPA, Casilla 4285, Cochabamba, Bolivia, Correo-e: j.gabriel@proinpa.org

## RESUMEN

En el marco de proyecto PAPASALUD financiado por el CYTED, se recibieron del instituto NEIKER Tecnalia en julio de 2007, plántulas *in vitro* de ocho variedades nativas de papa del CIP. Estas variedades fueron multiplicadas y transplantadas a macetas en invernadero con dos variedades testigo (Waych'a e India), para evaluarlas por su reacción de resistencia y/o susceptibilidad a factores bióticos como la ve-ruga (*Synchytrium endobioticum*), pantalón blanco (*Rhizoctonia* sp.), el nematodo-rosario (*Nacobbus aberrans*), el nematodo-quiste (*Globodera* sp.), el virus PVY y el tizón tardío (*Phytophthora infestans*) y a factores abióticos como sequía. Los experimentos realizados han confirmado que las variedades nativas muestran caracteres de resistencia a varios de los diferentes factores bióticos y abióticos evaluados. El genotipo NKD-136 (stn x gon), mostró resistencia a al menos cuatro factores evaluados (*Globodera* sp., PVY, sequía y *Phytophthora infestans*). Este genotipo diploide ( $2n=2x=24$ ) es una cruce entre stn y phu y podría ser utilizado como progenitor para retrocruzamientos y selección recurrente. Otros genotipos como NKD-162 (phu). NKD-164 (gon). NKD-145 (adg) y NKD-131 (cha), fueron resistentes al menos a dos factores.

## INTRODUCCIÓN

La papa (es su nombre en *quechua*) pertenece a la familia de las Solanáceas y al género *Solanum*. Posee probablemente más especies silvestres relacionadas que cualquier otro cultivo.

Probablemente la papa se domesticó hace 10,000 años en el altiplano entre Perú y Bolivia donde se encuentra la mayor variabilidad genética de especies silvestres y variedades cultivadas. Las primeras papas domesticadas eran especies diploides de la especie *Solanum stenotomum* (Hawkes 1979, Morales 2007). Estudios citoplasmáticos consideran que *S. andigena* se originó de *S. stenotomum* y *S. phureja*. A partir de *S. andigena* se originó *S. tuberosum* (Grun et al. 1977). A través de muchos años, múltiples cruzamientos con diferentes especies silvestres contribuyeron a la introgresión tanto de genes de resistencia como de caracteres de calidad (Gabriel et al 2003). Sin embargo, hasta el día de hoy estos valiosos recursos no han sido explotados eficientemente a causa del aislamiento geográfico. Además de resistencias a diferentes plagas, enfermedades y estreses abióticos, aportan genes de calidad, tanto desde el punto de vista nutritivo y culinario, como para el procesado industrial (Grun et al. 1977).

Debido a estas características pueden servir para introducir características favorables para el desarrollo de nuevas variedades de papa en el marco de los programas de mejoramiento genética.

Por otra parte sus propiedades organolépticas y para el procesado junto con la gran variabilidad morfológica que se puede observar, permite desarrollar nuevos productos para el mercado una vez que se hayan identificado y desarrollado genotipos apropiados, adaptados a nuestras condiciones de nichos particulares.

La papa es uno de los cultivos alimenticios más importantes y difundidos a nivel mundial. En producción de proteína por unidad de tiempo y superficie y en la obtención de energía es superior al resto de los cultivos. En cuanto a producción. la papa ocupa el cuarto lugar, después del arroz, trigo y maíz.

En Bolivia ocupa el primer lugar entre los tubérculos cultivados con una superficie aproximada de 130,000 ha con rendimientos promedio de 5 t/ha, mientras que la media mundial es de 14 t/ha a 26 t/ha (Horton 1992, Zeballos 1997). Su cultivo involucra aproximadamente a 265,000 agricultores en la producción de papa. lo que representa el 50% de las unidades agrícolas del país y aún hoy es la principal fuente de alimentación e ingresos. El consumo per cápita es de 80-100 kg/año (Zeballos 1997, Fernández-Northcote et al. 1999).

La producción de papa está fuertemente afectada por diversas enfermedades. Se menciona 25 virus. 38 hongos. 6 bacterias. 2 micoplasmas y un viroide; además de 68 especies de nematodos. y 128 insectos-plaga, totalizando 266 patógenos y plagas (Hooker 1980). También diezman la papa factores abióticos como las heladas y la sequía. Pero de las más importantes es *Phytophthora infestans* que causa el tizón tardío. Se estima que en Bolivia unas 20,000 hectáreas de papa son afectadas por la enfermedad. las pérdidas directas son de unos 30 millones de dólares por año. La mayor parte de la zona afectada se encuentra en las regiones productoras de semilla de papa que en la actualidad, apenas cubren el 5% de las necesidades nacionales de semilla de calidad. Esta pérdida causada por la enfermedad pone de relieve la importancia de la enfermedad en Bolivia como un factor que limita la producción y la productividad de las papas, principalmente de las variedades Waych'a. Sani Imilla. Alpha y Desirée que son los más importantes en la economía agrícola del país (Gabriel et al. 2007a).

PROINPA esta involucrado en el proyecto Iberoamericano PAPASALUD, que tiene como objetivo la selección y el desarrollo de "Papas Nativas" con mayor rendimiento y calidad y adaptadas a diferentes estreses ambientales para la agricultura sostenible tanto en las zonas andinas de América del Sur como en Europa con el fin de estimular su explotación para desarrollar nuevos productos de mercado, aportando al mismo tiempo nuevas fuentes de genes de resistencia y de calidad para la mejora genética en papa.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se recibió ocho genotipos nativos de papa del CIP, distribuido por NEIKER. que fueron multiplicados en el Centro Toralapa para su evaluación (Tabla 1). Las plántulas *in vitro*, fueron entregados en macetas. las cuales fueron transplantadas a macetas de 500 g en sustrato estéril. Las plántulas se aclimataron bajo condiciones de invernadero y se aplicó Babistin (0.2 g/L) para evitar ataque por camping off. Se aplicó durante tres oportunidades fertilizante foliar 20-20-0 para ayudar al desarrollo y crecimiento de las plantas (25 ml/10 L) y luego se aplico en tres oportunidades el fertilizante foliar 9-45-15 (100 g/10 L). al sustrato y follaje hasta la floración. Se fumigó dos veces las plantas con el fungicida sistémico Fordazim 5 FW carbendazim (10 cc/10 L) para prever el ataque de hongos.

**Tabla 1.** Variedades nativas provenientes del CIP (recibidas en plántulas in Vitro de NEIKER)

Code Neiker	CIP No	Nombre	Especie	Procedencia	Cloroplastos
NKD 145	703264	Puca Quitish	adg	CIP	12 - 14
NKD 137	702535	Sipancachi	adg	CIP	12 - 14
NKD 141	702867	(Unknown)	adg	CIP	12 - 14
NKD 131	701524	Puca huayco	cha	CIP	9 - 11
NKD 164	704481	Amarilla	gon	CIP	7 - 8
NKD 162	704218	Yema de huevo	phu	CIP	7 - 8
NKD 158	703421	Poluya	stn	CIP	7 - 8
NKD 136	702464	Natin Suito	SxG	CIP	7 - 8

adg = *Solanum andigena* (4x). cha = *S. chaucha* (3x). gon = *S. gonocalyx* (2x). phu = *S. phureja* (2x). stn = *S. stenotomum* (2x). SxG (2x)

Se fumigó en dos oportunidades con Lamdacialotrina (Karate 30-CE) a una dosis de 1 cc/L. para prever ataque de áfidos, polilla y mosca blanca. El riego se suministro en función a la necesidad de las plantas.

Se realizaron todas las labores culturales y cuidados de las plantas durante el desarrollo de las mismas. Se colocaron tutores conforme a partir de que las plantas alcanzaron una altura entre 10 – 12 cm.

Se han evaluado 32 plántulas por accesión y dos plántulas por testigo.

### **Resistencia a factores bióticos**

Para la evaluación de la resistencia al nematodo-rosario (*Nacobbus aberrans*), se utilizó sustrato naturalmente infestado de parcelas del Centro Toralapa.

La evaluación se realizó a la floración, para lo que se deshizo el terrón de sustrato formado en la maceta y se lavó la raíz y luego se contó el número de nódulos/raíz y se pesó la raíz.

Para confirmar la presencia del nematodo en el sustrato infestado se realizaron bioensayos, procediendo al llenado con sustrato infestado de tres bolsas plásticas de 500 g de capacidad que luego fueron regadas hasta capacidad de campo, depositando en estas un tubérculo sano de la variedad Waych'a; posteriormente se plegaron los bordes y se los sujetó con grampas. Finalmente se procedió a incubar las bolsas en una cámara de incubación a 25 °C, durante un mes y medio. Para la evaluación de resistencia se utilizó la escala propuesta por Ramos et al. (1998).

Para la evaluación al nematodo-quiste (*Globodera* sp.) Se puso en macetas sustrato naturalmente infestado con quistes. La evaluación se realizó a la floración, considerando la presencia de quistes a simple vista, teniendo el cuidado de no deshacer el terrón que formó el sustrato en la maceta, ya que los quistes estaban presentes en los bordes del terrón y en la parte inferior. Para evaluar la resistencia a *Globodera* sp., se utilizó la escala recomendada por Ortuño et al. (2005).

Se realizó la inoculación en folíolos de tres hojas compuestas del tercio superior de cada planta de cada genotipo evaluado. Como inóculo se utilizó follaje infestado por PVY recolectado en campo, cuya infección fue comprobada mediante análisis serológico (test de ELISA). Después del análisis realizado se encontró que 10 de las 12 muestras colectadas fueron positivas. Estas muestras positivas fueron colocadas en bolsas de plástico con buffer de extracción de pH 8. Luego fueron molidas y el jugo obtenido se mezcló para la inoculación mecánica por frotación a los folíolos, pasándoles previamente con carborundum (un abrasivo). La evaluación de los síntomas se realizó cada dos días en ocho oportunidades a partir del cuarto día después de la inoculación.

Para la evaluación de resistencia a verruga (*Synchytrium endobioticum*), se puso en macetas sustrato naturalmente infestado, proveniente de una parcela del Centro Toralapa. Para incentivar el desarrollo y multiplicación del hongo se adicionó cubos de hielo a partir de la tercera semana. La evaluación de resistencia a verruga se realizó a la floración observando a nivel del cuello de tallo la presencia u ausencia de costras, las mismas que fueron evaluadas mediante una escala elaborada y recomendada por Camargo (1999). La evaluación de resistencia a *Rhizoctonia* se realizó a la cosecha, evaluando los tubérculos mediante la escala sugerida por Camargo (1999).

La evaluación de resistencia a *Phytophthora infestans* se realizó en folíolos sueltos siguiendo el protocolo sugerido por Plata (1998) y Vleeshouwers et al. (1999). Se evaluó los componentes de resistencia: tamaño de lesión (TL), Intensidad de esporulación (IE%), y área bajo la curva de progreso de *P. infestans* (ABCPPI), siguiendo el protocolo recomendado por Campbell y Madden (1990) y Gabriel et al. (2007b) y Las evaluaciones se realizaron al 4, 5, 6 y 7 día después de la inoculación

### **Resistencia a factores abióticos**

Para evaluar a sequía, las plantas fueron sometidas a estrés hídrico hasta el punto de marchites permanente (PMP) durante dos semanas. Las evaluaciones de severidad se realizaron cada dos días durante seis oportunidades. Todos los genotipos fueron regados a capacidad de campo antes de someterles a estrés hídrico. Asimismo, se tomó en cuenta el peso de las macetas (peso inicial y peso final) para determinar la pérdida de agua y a través de éste el nivel de estrés hídrico aplicado y la eficiencia del uso del agua. La reacción a sequía se evaluó siguiendo la escala desarrollada por Angulo et al. (2008).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El genotipo NKD – 162 (phu) fue el más susceptible a *N. aberrans* con 162 nódulos y un peso de raíz de 6.4 g. El genotipo NKD-137 (adg) y la variedad Waych'a (adg) mostraron ser parcialmente resistentes, variando el número de nódulos entre 5 a 10 por raíz, con un peso de raíz entre 1.4 y 3.7 g.

Los genotipos NKD – 131 (cha), 136 (stn x gon) y 162 (phu) son los más resistentes al nematodo quiste (*Globodera* sp.), mostrando una escala entre 0 y 1 y la cantidad de huevos observables es poca y difícil de ver. En cambio los genotipos susceptibles y parcialmente susceptibles están entre 2 y 3, mostrando pocos huevos, pero que son fáciles de ver a simple vista.

En el caso de la resistencia al virus PVY se observó que los genotipos NKD-158 (stn), NKD-164 (gon), NKD-145 (adg) y NKD-136 (stn x gon) no mostraron síntomas de daño por inóculo. Los demás genotipos presentaron síntomas de acucharamiento de hojas, enrollamiento de bordes, amarillamiento de ápices, áreas verdes y claras, reducción de entre nudos y puntos necróticos en la nervadura principal y en los laterales.

En el caso de la verruga (*S. endobioticum*), no se ha observado síntomas en las plantas de los genotipos evaluados. Sin embargo, todavía falta realizar la evaluación de tubérculos en cosecha, la misma que será realizada a principios del mes de mayo del 2008. Similar situación se tiene con la evaluación de resistencia a *Rhizoctonia*. La misma será evaluada en la cosecha.

Respecto a la resistencia a tizón (*P. infestans*), se observó los genotipos NKD-162 (phu) y NKD-136 (stn x gon) mostraron altos niveles de resistencia con ABCPPI de 49 y 98 respectivamente y TL entre 566 a 1244 mm<sup>2</sup> y porcentaje de intensidad de esporulación (IE) entre 17 a 34%, respecto de la variedad susceptible (Waych'a) que mostró un ABCPPI de 121, 1948 mm<sup>2</sup> de TL, y 42% de IE.

En cuanto a sequía se observó que los genotipos NKD-164 (gon), NKD-145 (adg), NKD-136 (stn y gon) y NKD-131 (cha), mostraron ser resistente, manifestando a las dos semanas de punto de marchites permanente (PMP), plantas ligeramente marchitas y/o plantas iguales al testigo con riego, con pérdidas de agua que van desde 1.42 a 1.88% respecto de la variedad India, que fue la más susceptible a la sequía, que mostró en el mismo periodo 100% de marchitez y pérdida de agua de 10.88%.

De manera general se observó que el genotipo NKD-136 (stn x gon), mostró resistencia a al menos cuatro factores evaluados (*Globodera* sp., PVY, Sequía y *P. infestans*). Aun se verificará si tiene resistencia a *S. endobioticum*. Otros genotipos que también mostraron resistencia a al menos dos factores fueron: NKD-162 (phu), NKD-164 (gon), NKD-145 (adg) y NKD-131 (cha).

Los experimentos realizados han confirmado que las variedades nativas muestran caracteres de resistencia a varios de los diferentes factores bióticos y abióticos evaluados. Se determinó que accesiones como el genotipo NKD-136 (stn x gon), mostró resistencia a al menos a cuatro factores evaluados (*Globodera* sp., PVY, sequía y *P. infestans*). Este genotipo es una cruce entre stn y phu y está en un nivel diploide, por lo que podría ser utilizado como progenitor potencial para retrocruzamientos (BC) y selección recurrente.

Otros genotipos como NKD-162 (phu), NKD-164 (gon), NKD-145 (adg) y NKD-131 (cha), fueron resistentes a al menos dos factores. Además es notorio observar que pertenecen a diferentes especies como phu (2x), gon (2x), cha (3x) y adg (4x), lo que indica que en las variedades nativas existe un gran potencial de genes valiosos para resistencia a diversos factores restrictivos que afectan a la papa y con las cuales se podrían realizar cruces dirigidas para la introgresión de genes valiosos en material avanzado. Los materiales evaluados ya fueron testados por el CIP (<http://research.cip.cgiar.org/confluence/display/GABA/Home>) a diferentes factores y los resultados obtenidos concuerdan con lo reportado en el presente documento.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANGULO A., M. SILES, R. RÍOS, J. GABRIEL. 2008. Caracterización de 118 accesiones de arveja (*Pisum sativum* L.) del banco de germoplasma del Centro de Investigaciones Fitoecogenéticas de Pairumani (Bolivia) para resistencia a sequía. Revista de Agricultura 42 (60): 25 - 31

- BONIERBALE M., S. DE HAAN, A. FORBES. 2007. Procedures for standard evaluation trials of advanced potato clones. An International Cooperators' Guide. Internacional Potato Center. 124 p.
- CAMARGO T. 1999. Control químico de la verruga (*Synchytrium endobioticum*) y rizoctonias (*Rhizoctonia solani*) de la papa. mediante la utilización de nuevos fungicidas. Tesis Ing. Agr. Universidad Técnica de Oruro. Oruro. Bolivia.
- CAMPBELL C. AND L. MADDEN. 1990. Introduction to plant disease epidemiology, Wiley, New York, USA. 532 p.
- FERNÁNDEZ-NORTHCOTE E., O. NAVIA, A. GANDARILLAS. 1999. Bases de las estrategias de control químico del tizón tardío de la papa desarrolladas por PROINPA en Bolivia. Revista ALAP 1 (11): 1- 25
- GABRIEL J., A. COCA, L. ORELLANA, N. ORTUÑO, G. PLATA. 2003. Cultivos nativos de papa en Bolivia: Fuente valiosa de resistencia para enfermedades de importancia económica. Páginas 78-85 in Daniel Danial (ed.): Agrobiodiversidad y producción de semilla con el sector informal a través de mejoramiento participativo en la Zona Andina. 22-26 de Sept. del 2003, Lima-Perú
- GABRIEL J., F. FORQUEDA, G. PLATA, E.N. FERNÁNDEZ-NORTHCOTE. 2007a. Caracterización de genotipos de papa de Europa y Latinoamérica por resistencia a tizón y propiedades culinarias. Revista Latinoamericana de la Papa. 14 (1): 10-23
- GABRIEL J., A. COCA, G. PLATA & J. PARLEVIET. 2007b. Characterization of the resistance to *Phytophthora infestans* in local potato cultivars in Bolivia. Euphytica 153:321-328
- GRUN P., C. OCHOA AND D. CAPAGE. 1977. Evolution of cytoplasmic factors in tetraploid cultivated potatoes (*Solanaceae*) Amer J Bot 64: 412-420.
- HAWKES J. G. 1979. Evolution and polyploidy in potato species. En: Hawkes, J.G. (eds.). The biology and taxonomy of the Solanaceae. Linnean Soc Symp Ser. 7. 637-649.
- HOOKE W. J. 1980. Compendio de enfermedades de la papa. Nematodos parásitos de la papa. Centro Internacional de la Papa (CIP). Lima. Perú. p. 131-134.
- HORTON, D. 1992. La Papa. Producción, Comercialización y Programas. CIP, Lima y Hemisferio Sur, Montevideo, Uruguay.
- MORALES, F. 2007. Sociedades precolombinas asociadas a la domesticación y cultivo de la papa (*Solanum tuberosum*) en Sudamérica. Revista Latinoamericana de la Papa 14(1): 1-9,
- ORTUÑO, N., J. FRANCO, J. RAMOS, R. OROS, G. MAIN, R. MONTECINOS. 2005. Desarrollo del manejo integrado del nematodo rosario de la papa *Nacobbus aberrans* en Bolivia. Fundación PROINPA-Proyecto PAPA ANDINA. Cochabamba, Bolivia. 124 p.
- PLATA G. 1998. Fenotipos de virulencia en Morochata y tipo sexual de apareamiento en Bolivia de *Phytophthora infestans*. que afecta al cultivo de la papa. Tesis Ing. Agr. Universidad Mayor de San Simón. Cochabamba. Bolivia.
- RAMOS J. , J. FRANCO, N. ORTUÑO, R. OROS, G. MAIN. 1998. Incidencia y severidad de *Nacobbus aberrans* y *Globodera* sp. en el cultivo de papa en Bolivia: pérdidas en el valor bruto de su producción. IBTA/ PROINPA, Cochabamba, Bolivia. 184 p.
- VLEESHOUWERS V., W. VAN DOOIJEWERT, L. KEISER, L. SIJPKES, F. GOVERS, L. COLON. 1999. A laboratory assay for *Phytophthora infestans* resistance in various *Solanum* species reflects in the field situation. European Journal of Plant Pathology 105:241-250

# EVALUACIÓN FRENTE A DIFERENTES PATÓGENOS DE UNA COLECCIÓN DE CULTIVARES ANTIGUOS Y GERMOPLASMA NATIVO DE PATATA

Barandalla L., López R., Ruiz de Galarreta J.I., Ritter E.  
NEIKER-Tecnalía. Campus Agroalimentario de Arkaute. Apdo. 46.  
01080. Vitoria-Gasteiz

## INTRODUCCIÓN

Las denominadas ‘patatas o papas nativas’ son especies autóctonas que no son especies silvestres ni pertenecen a variedades comerciales de patata (*S. tuberosum*), pero producen tubérculos y se cultivan bajo duras condiciones ambientales donde las variedades comerciales de patata no pueden competir. Durante siglos estas “Papas nativas” han sido localmente seleccionadas por los campesinos andinos con el fin de subsistir bajo las severas condiciones ambientales de los Andes. Dichos agricultores son capaces de seleccionar y mantener una alta diversidad de germoplasma con excelentes cualidades organolépticas, cultivando papas nativas de diferentes ploidías, resistencia a enfermedades y estrés, dentro de una misma parcela de cultivo. La patata es sensible a un amplio rango de plagas y enfermedades y dentro de este tipo de germoplasma se han encontrado resistencias específicas frente a determinadas plagas y enfermedades (Theodoluz et al. 1992; Main et al. 1994; Ruiz de Galarreta et al. 1998; Coca 2001). El objetivo de este trabajo ha sido la evaluación de un conjunto de variedades nativas cultivadas del G. *Solanum* frente a los principales patógenos que afectan al cultivo. Se han realizado evaluaciones frente a los principales virus (PVX, PVY, PVA, PVM, PVS), el hongo *Phytophthora infestans* en hoja y tubérculo, el nematodo del quiste *Globodera pallida*, y la bacteria *Erwinia carotovora ssp.* Los resultados obtenidos en el presente estudio pueden ser de gran utilidad con el fin de poder incorporar estos materiales de interés en programas de mejora genética de patata.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Se han evaluado un total de 49 entradas del G. *Solanum*, que incluyen variedades nativas cultivadas y pertenecientes a ocho especies diferentes, además de cultivares antiguos de *S. tuberosum* mantenidos en el Banco de Germoplasma de Neiker (Tabla 1). La resistencia a los virus comunes de la patata (PVX, PVY, PVA, PVM y PVS) se determinó mediante inoculación mecánica en hoja y posterior aplicación del test ELISA, tal y como describen Ruiz de Galarreta et al (1998). Para la evaluación a *Phytophthora infestans* se utilizó el método modificado de Vleeshouwers et al. (1999) a partir de folíolos maduros y tubérculos de plantas crecidas en invernadero, estimando el área bajo la curva o AUDPC (Fry, 1987). La resistencia a nematodos (*G. pallida* Pa2/3) se realizó siguiendo el método descrito por Rouselle-Bourgeois y Mugniéry (1995). La resistencia a *Erwinia carotovora ssp.* se realizó siguiendo la metodología descrita por Lapwood et al (1984).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Respecto a la evaluación frente a los principales virus, se detectaron 8 entradas resistentes a PVY, y 6 a PVX, así como 22 a PVA, 16 a PVM y 28 a PVS. Asimismo, la variedad nativa ‘Puca Huayro’ de *S. chaucha* mostró resistencia a los cinco virus inoculados, apareciendo seis variedades resistentes a cuatro virus.

Respecto a la evaluación a *P. infestans* en hoja y tubérculo se detectó una gran variabilidad en cuanto a los niveles de resistencia en las diferentes entradas, no existiendo una correlación entre la in-

fección en hoja y en tubérculo. La variedad nativa 'Chimi Lucki' y las antiguas 'Kasta' y 'Morada' mostraron resistencia completa a la infección en hoja, además de las nativas 'Poluya' y 'Camusa' con resistencias parciales. Ninguna entrada mostró resistencia total a la infección en tubérculo, aunque si parciales como 'Huagalina', 'Cceccorani' y una variedad nativa de la especie *S. goniocalix*.

Asimismo, se encontraron tres nativas con resistencia a *G. pallida*, 'Ojo de buey', 'Laram ajawiri' y 'Negrita', además de la entrada 'Sipancachi' con resistencia parcial.

La evaluación de la resistencia a *Erwinia carotowa* en tubérculo mostró que en ocho de las variedades inoculadas la infección era completamente nula o inferior al 10%, lo cual nos lleva a considerar a estas variedades resistentes. Destacan Pedro Muñoz, 'Pulu', 'Rosca' y 'Kashpadana amarilla', en las cuales la pudrición después de la inoculación fue completamente nula.

En la Tabla 2 podemos observar un resumen de los resultados obtenidos en este trabajo. Estos datos nos proporcionan una importante información para la utilización de este material en futuros programas de mejora genética de patata.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por el proyecto PAPASALUD (407PIC-0306) del programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo-CYTED y por el proyecto financiado por el INIA, RTA2008-00045-C02-01.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- COCA A. 2001. Componentes de resistencia a *Phytophthora infestans* y resistencia a *Nacobbus aberrans* en cultivares nativos de papa del banco de germoplasma boliviano Tesis Ing. Agr. Facultad de Ciencias Agrícolas Pecuarias Veterinarias y Forestales "Martín Cárdenas", Universidad Mayor de San Simón Cochabamba – Bolivia.
- FRY WE. 1987. Quantification of general resistance of potato cultivars and fungicide effects for integrated control of potato late blight. *Phytopathology* 68:1650-1655.
- LAPWOOD D. H., READ P. J., SPOKES J. 1984. Method for assessing the susceptibility of potato tubers of different cultivars to roting by *Erwinia carotovora* subsp. *Astroseptica* and *carotovora*. *Plant Pathology* 33: 13-20.
- MAIN G., FRANCO J., MONTECINOS R. 1994. Búsqueda de fuentes de resistencia a *Globodera spp.* en cultivares nativos de diferentes especies. Cochabamba (Bolivia). IBTA. PROINPA. Unidad Productora de Semilla de Papa UPS/SEPA. Proyecto de Semilla de Papa (PROSEMPA). pp. 75-76.
- ROUSSELLE-BOURGEOIS F., MUGNIÉRY D. 1995. Screening tuber-bearing *Solanum spp.* For resistance to *Globodera rostochiensis* Ro1 Woll. and *G. pallida* Pa 2/3 Stone. *Potato Res* 38:241-249.
- RUIZ DE GALARRETA J. I., CARRASCO A., SALAZAR A., BARRENA I., ITURRITXA E., MARQUINEZ R., LEGORBURU, F. J., RITTER E. 1998. Wild *Solanum* species as resistance sources against different pathogens of potato. *Potato Res* 41:57-68.
- THEODOLUZ G., SAEZ-VASQUEZ J., POBLETE F., CONTRERAS A., HUBERT E., MEZA-BASSO L. 1992. The incidence of potato virus X, Y and S in the Chilota collection. *Am. Potato J.* 69: 827-830.
- VLEESHOUWERS VGAA, VAN DOOIJEWERT W, KEIZER LCP, SIJPKES L., GOVERS F., COLON L. 1999. A laboratory assay for *Phytophthora infestans* resistance in various *Solanum* species reflects the field situation. *Eur. J. Plant Pathol.* 105: 241-250.

**Tabla 1.** Entradas de papas nativas y cultivares antiguos testados a diferentes patógenos

No.	CÓDIGO	CódigoCIP	VARIEDAD	ESPECIES	PAÍS
1	NKD-138	CIP 702683	LARAM AJAWIRI	S. ajawiri	BOLIVIA
2	NKD-139	CIP 702802	JANCKO AJAWIRI	S. ajawiri	BOLIVIA
3	NKD-126	CIP 701127	OJO DE BUEY	S. andigena	PERU
4	NKD-135	CIP 702363	SOCCO HUACCOTO	S. andigena	PERU
5	NKD-157	CIP 703370	UNKNOWN	S. andigena	COLOMBIA
6	NKD-159	CIP 703461	CAMUSA	S. andigena	VENEZUELA
7	NKD-128	CIP 701241	HUAGALINA	S. andigena	PERU
8	NKD-130	CIP 701273	MURO SHOCCO	S. andigena	PERU
9	NKD-134	CIP 702316	PULU	S. andigena	BOLIVIA
10	NKD-137	CIP 702535	SIPANCACHI	S. andigena	BOLIVIA
11	NKD-141	CIP 702867	UNKNOWN	S. andigena	PERU
12	NKD-143	CIP 703248	WILA HUAKA LAJRA	S. andigena	BOLIVIA
13	NKD-145	CIP 703264	PUCA QUITISH	S. andigena	PERU
14	NKD-156	CIP 703365	HOLANDESA	S. andigena	COLOMBIA
15	NKD-160	CIP 703477	CHIMBINA	S. andigena	PERU
16	NKD-161	CIP 703671	NEGRITA	S. andigena	PERU
17	NKD-131	CIP 701524	PUCA HUAYRO	S. chaucha	PERU
18	NKD-151	CIP 703305	CHIAR SURIMANA	S. chaucha	BOLIVIA
19	NKD-163	CIP 704327	COLOR UNCKUNA	S. chaucha	PERU
20	NKD-153	CIP 703315	UNKNOWN	S. goniocalix	PERU
21	NKD-155	CIP 703352	KASHPADANA AMARILLA	S. goniocalix	PERU
22	NKD-133	CIP 702305	CHIMI LUCKI	S. juzepczukii	BOLIVIA
23	NKD-144	CIP 703258	LARAM CANCHALI	S. juzepczukii	PERU
24	NKD-132	CIP 701570	CHAUCHA	S. phureja	PERU
25	NKD-150	CIP 703291	ROSCA	S. phureja	COLOMBIA
26	NKD-162	CIP 704218	YEMA DE HUEVO	S. phureja	COLOMBIA
27	NKD-127	CIP 701165	CALHUA ROSADA	S. stenotomum	PERU
28	NKD-129	CIP 701243	SEÑORA WARNI	S. stenotomum	PERU
29	NKD-140	CIP 702815	MORAR NAYRA MARI	S. stenotomum	PERU
30	NKD-142	CIP 703197	YANA SUCRE	S. stenotomum	PERU
31	NKD-149	CIP 703288	YANA PPOCCOYA	S. stenotomum	PERU
32	NKD-152	CIP 703312	MORADA TURUNA	S. stenotomum	PERU
33	NKD-158	CIP 703421	POLUYA	S. stenotomum	PERU
34	NKD-148	CIP 703287	CCECCORANI	S. stenotomum	PERU
35	NKD-164	CIP 704481	AMARILLA	S. stenotomum	PERU
36	NKD-136	CIP 702464	NATIN SUITO	SxG*	COLOMBIA
37	NKD-154	CIP 703316	UCHO CHAQUITAY	SxG*	COLOMBIA
38	NK-273		FINA DE CARVALLO	S. tuberosum	ESPAÑA
39	NK-520		FINA DE GREDOS	S. tuberosum	ESPAÑA
40	NK-272		CAZONA	S. tuberosum	ESPAÑA
41	NK-011		ALEGRIA ORO	S. tuberosum	ESPAÑA
42	NK-222		ROJA RIÑON	S. tuberosum	ESPAÑA
43	NK-292		IBICENCA	S. tuberosum	ESPAÑA

No.	CÓDIGO	CódigoCIP	VARIEDAD	ESPECIES	PAÍS
44	NK-136		KASTA	S. tuberosum	ESPAÑA
45	NK-338		MORADA	S. tuberosum	ESPAÑA
46	NK-201		PEDRO MUÑOZ	S. tuberosum	ESPAÑA
47	NK-515		TRAMONTANA	S. tuberosum	ESPAÑA
48	NK-129		JESUS	S. tuberosum	ESPAÑA

**Tabla 2.** Resistencias observadas en la colección de papas nativas y cultivares antiguos

CÓDIGO	VARIEDAD	ESPECIES	PVY	PVX	PiL	PiT	Gp	Ec
NK-011	ALEGRIA ORO	S. tuberosum	R					
NK-129	JESUS	S. tuberosum	R					
NK-136	KASTA	S. tuberosum			R			
NK-338	MORADA	S. tuberosum	R	R	R			
NK-201	PEDRO MUÑOZ	S. tuberosum						R
NK-222	ROJA RIÑON	S. tuberosum	R	R				
NKD-126	OJO DE BUEY	S. andigena					R	
NKD-128	HUAGALINA	S. andigena				PR		
NKD-129	SEÑORA WARNI	S. stenotomum						R
NKD-131	PUCA HUAYRO	S. chaucha	R	R				
NKD-132	CHAUCHA	S. phureja	R					
NKD-133	CHIMI LUCKI	S. juzepczukii			R			
NKD-134	PULU	S. andigena		R				R
NKD-137	SIPANCACHI	S. andigena		R			PR	
NKD-138	LARAM AJAWIRI	S. ajawiri					R	
NKD-145	PUCA QUITISH	S. andigena						R
NKD-148	CCECCORANI	S. stenotomum				PR		
NKD-150	ROSCA	S. phureja	R					R
NKD-151	CHIAR SURIMANA	S. chaucha						R
NKD-152	MORADA TURUNA	S. stenotomum						R
NKD-153	UNKNOWN	S. goniocalix				PR		
NKD-155	KASHPADANA AMARILLA	S. goniocalix						R
NKD-158	POLUYA	S. stenotomum			PR			
NKD-159	CAMUSA	S. andigena		R	PR			
NKD-161	NEGRITA	S. andigena					R	
NKD-162	YEMA DE HUEVO	S. phureja	R					

R = Resistente, PR = Parcialmente resistente

PVY = Resistencia al virus Y de la patata, PVX = Resistencia al virus X de la patata,

PiL:= Resistencia a *Phytophthora infestans* en hojas, PiT = Resistencia a *Phytophthora infestans* en tubérculos.

Gp = Resistencia a *Globodera pallida*, Ec = Resistencia a *E. carotovora*

# CARACTERIZACIÓN DE VARIEDADES NATIVAS ECUATORIANAS POR RESISTENCIA AL TIZÓN TARDÍO Y CALIDAD

Cuesta X<sup>1,2</sup>, Rivadeneira J<sup>2</sup>, Carrera E<sup>2</sup>,  
Cueva M<sup>2</sup>, Zumba M<sup>2</sup>, Yáñez E<sup>2</sup>,  
Villacrés E<sup>2</sup>, Monteros C<sup>2</sup> y Reinoso I<sup>2</sup>.

## INTRODUCCIÓN

En la Sierra Ecuatoriana, la papa es el segundo cultivo más importante después del maíz con una superficie sembrada de 40 mil has y una producción de 400.000 toneladas para el año 2007, (estadísticas FAO). El Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) mantiene la colección ecuatoriana de la papa (CEP), con aproximadamente 300 cultivares de papas nativas. La mayoría pertenecen a las especies *S. andigena* y *S. phureja* (Cuesta, et. al. 2005).

*Solanum andigena* y *S. phureja* muestran alta variabilidad para caracteres como forma, profundidad de ojos, contenido de almidón y rendimiento; mientras que otros caracteres no han sido estudiados como endulzamiento en frío, contenido de flavonoides, dormancia del tubérculo, etc. Además *S. phureja* ha mostrado alto grado de resistencia a *Phytophthora infestans* (Cañizares y Forbes 1995, Garofalo 2005, Rodríguez, 2007). En Ecuador el INIAP con el apoyo del proyecto CYTED y la Universidad de Wageningen se encuentra evaluando un grupo de variedades nativas de la CEP, para resistencia a Tizón tardío y caracteres de calidad para ser usados en mejoramiento.

## OBJETIVO

Caracterizar los principales caracteres de calidad y resistencia al tizón tardío presentes en un grupo de variedades nativas ecuatorianas.

## METODOLOGÍA

### Material Vegetal

Un grupo de variedades nativas de la CEP fue sembrada en tres localidades ubicadas a 2800, 3000 y 3700 metros de altitud, Las cuales fueron caracterizadas por resistencia al tizón tardío y calidad.

### Evaluación de la Resistencia a tizón tardío en variedades nativas de papa

Se midieron tres componentes: Periodo de latencia (PL), Tamaño de la lesión (TL) y eficiencia de la infección (EI), se utilizó una raza compleja de *P. infestans*. En campo en un diseño de bloques completos al azar se evaluó el porcentaje de infección y se calculó el área bajo la curva de progreso de la enfermedad (AUDPC).

---

<sup>1</sup> Universidad de Wageningen Los Países bajos. Laboratorio de mejoramiento de plantas. Wageningen- The Netherlands  
Email: [Xavier.cuestasubia@wur.nl](mailto:Xavier.cuestasubia@wur.nl)

<sup>2</sup> Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Panamericana Sur km 1 Quito. Email: [cuesta@fpapa.org.ec](mailto:cuesta@fpapa.org.ec)

## Caracteres de calidad

Se evaluaron los siguientes caracteres de calidad: forma, profundidad de ojos, color de la piel y de la pulpa; rendimiento, dormancia, calidad de hojuelas, contenido de: azúcares reductores, materia seca, gravedad específica, fibra, grasa, almidón y proteína.

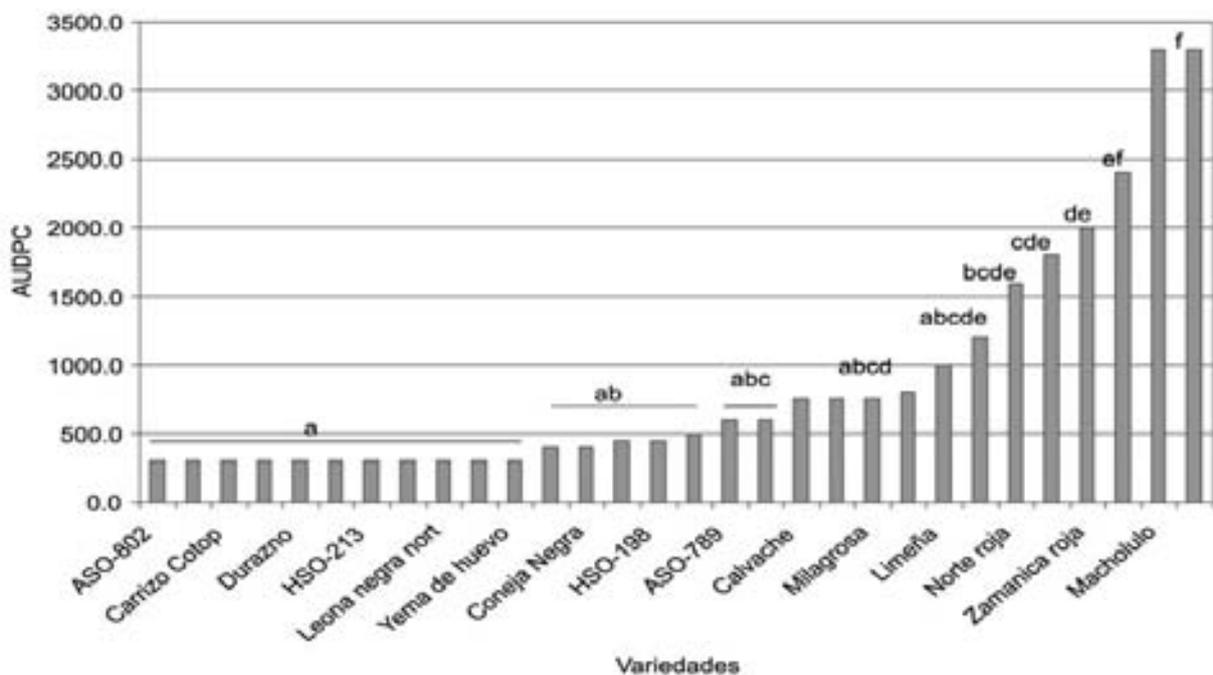
## RESULTADOS

### Evaluación de la Resistencia a *P. infestans* en variedades nativas

El menor PL obtuvo la variedad HSO 101 con 4 días, comparada con la variedad macholulo con un PL de 6 días. Para El Las variedades HSO 197, CHS 690, coneja blanca tuvieron los valores más bajos, comparados con las variedades castilla negra, chihuila roja y HSO 101. Mientras que para TL sobresalieron las variedades bolona y CHS 669 con un área de lesión de 1.90 cm<sup>2</sup> y 2.01 cm<sup>2</sup> respectivamente, mientras que las variedades chihuila y chivolulo tuvieron los valores más altos 9.64 cm<sup>2</sup> y 10.08 cm<sup>2</sup>.

### Evaluación de la Resistencia a tizón tardío en condiciones de campo

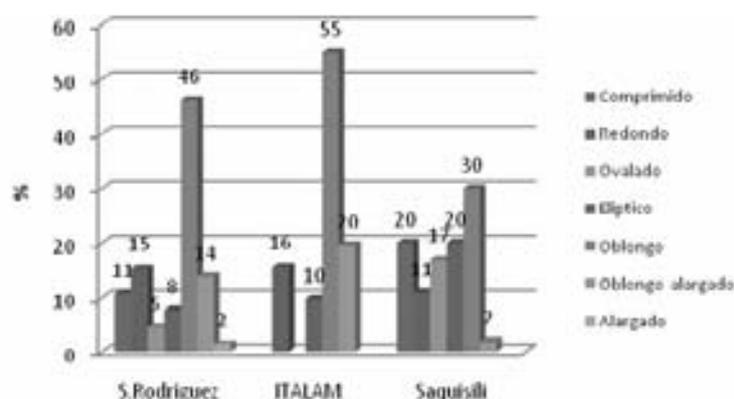
Las variedades ASO-802, BOM-540 y Carrizo tuvieron los más altos niveles de resistencia comparado con la variedad Macholulo y Zamanica negra que fueron los más susceptibles. (Figura 1).



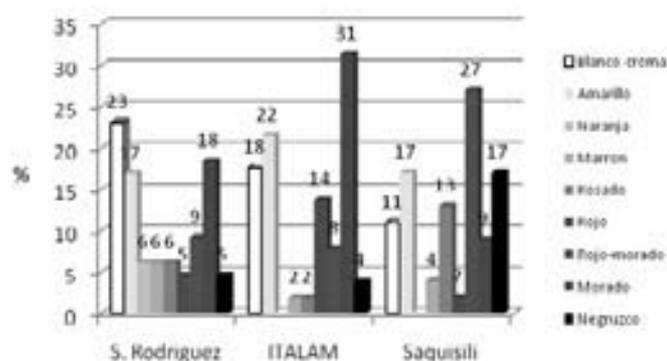
**Figura 1.** Evaluación de la Resistencia a tizón tardío en variedades nativas Cotopaxi, Ecuador 2008

### Caracteres de calidad: Forma, color de piel y carne

La mayor cantidad de variedades tuvo forma oblonga con un 46%, 55% y 30%, para las diferentes localidades. Mientras que para color la mayor cantidad de variedades presentó un color morado 46, 55 y 30% para las diferentes localidades; mientras que el menor número de variedades tuvo un color naranja y marrón. (Figuras 2 y 3).



**Figura 2.** Distribución de la forma del tubérculo en accesiones de papas nativas en tres localidades



**Figura 3.** Distribución del color de la piel en accesiones de papas nativas en tres localidades

### Caracteres de calidad

Días a la madurez estuvo comprendido entre 140 y 170 días con un promedio de 155 días. El número de tubérculos por planta estuvo comprendido entre 2 y 99 dependiendo de la localidad y variedad, mientras que el rendimiento estuvo entre 0.05 y 2.3 kg por planta. El verdeamiento estuvo comprendido entre 3 y 150 días después de la cosecha. Para días a la brotación los valores estuvieron comprendidos entre 2 y 139 días después de la cosecha. El contenido de materia seca estuvo comprendido entre 14.25 y 29.87% (Cuadro 1).

**Cuadro 1.** Variación de diferentes caracteres de calidad en variedades nativas

#### Localidad 1 (Simón Rodríguez)

Carácter	Min.	Max.	Promedio
Tubérculos por planta	2	47	17
Rendimiento por planta (kg)	0.22	1.28	0.75
Verdeamiento días	3	87	31
Días a la brotación	6	139	49
Materia seca (%)	14.25	23.95	18.98

#### Localidad 2 (ITALAM)

Carácter	Min.	Max.	Promedio
Tubérculos por planta	3	35	11
Rendimiento por planta (kg)	0.05	0.74	0.34
Verdeamiento días	3	108	48
Días a la brotación	2	105	40
Materia seca (%)	15.25	25.47	20.57

### Localidad 3 (Saquisilí)

Carácter	Mín.	Máx.	Promedio
Tubérculos por planta	11	99	55
Rendimiento por planta (kg)	0.5	2.3	1.4
Verdeamiento días	35	150	92.5
Días a la brotación	32	120	76
Materia seca (%)	17.06	29.87	22.92

### Contenido de fibra, grasa, proteína y almidón

En las variedades de papas nativas el contenido de fibra promedio fue de 3.50 %. Los valores fluctuaron entre 1.90 % Quillu y 6.07 % para Chaucha roja. El contenido de grasa es menor al 1% en todas las variedades evaluadas, el valor promedio fue de 0.39 %; el rango de variación detectado fue de 0.24 % para Calvache y 0.68 % para Quillu. El valor promedio de proteína de las variedades nativas, fue de 7.98 %, los valores fluctuaron entre 5.59 % para Ovaleña y 10.62% para Sta. Rosa. Para el contenido de almidón los rangos estuvieron entre 79.01 % para la variedad Chaucha roja y 87.49 % para la variedad Ovaleña.

### Macro y microminerales

El contenido de Calcio estuvo comprendido entre 2.33 y 10.0 mg/100 g para las variedades Quillu y Sta. Rosa respectivamente. Para magnesio, el contenido estuvo entre los rangos de 13.0 y 28 mg/100 g para las variedades Orupiña y Chaucha amarilla. El contenido de potasio estuvo comprendido entre los rangos de 320.33 mg/100g para la variedad Milagrosa y 491.33 mg/100 g para la variedad Dolores. Para el contenido de Fósforo éste estuvo comprendido entre 27.0 y 63.33 mg/100g para las variedades Puña y Carrizo respectivamente. Además se puede apreciar la variabilidad para el contenido de sodio el cual estuvo comprendido entre 2 mg/100 g para las variedades Chihulla, Tushpa, Quillu, Milagrosa y 14 mg/100 g para las variedades Uvilla y Coneja blanca.

Para el caso de los microminerales, se observa que el máximo contenido de cobre y manganeso, lo obtuvo la variedad Chaucha roja con valores de 0.80 y 2.00 mg/100 g respectivamente, mientras que los menores contenidos lo obtuvo la variedad Ovaleña con 0.16 y 0.2 mg/100g respectivamente. Para hierro éste estuvo comprendido entre 2.63 y 16.47 mg/100g para las variedades Tushpa y Coneja negra respectivamente. Para el contenido de Zinc los valores estuvieron comprendidos entre 0.84 y 5.10 mg/100g para las variedades Ovaleña y Puña respectivamente.

### Contenido de Carotenoides , antocianinas y polifenoles

Para carotenoides el valor más alto corresponde a la variedad Chaucha Amarilla (11.38 ug  $\beta$ -carotenos / g de muestra), lo que le da la característica del color amarillo intenso a la pulpa; le sigue la variedad Quillu (10.03 ug  $\beta$ -carotenos / g de muestra).

El máximo valor de antocianinas determinado fue para Tushpa (0.42 nm) el cual presenta pulpa de color morado. Le sigue la variedad Dolores (0.37 nm) con color de piel roja; luego las variedades con piel morado como: Puña (0.36 nm), Macholulo (0.29 nm) y Huagrasinga (0.24 nm); a continuación se encuentran las variedades: Calvache, con piel roja (0.20 nm), Coneja negra, con piel morada (0.18 nm), Milagrosa con piel rojiza (0.18 nm), Carrizo, con piel morada (0.14 nm).

Para polifenoles las variedades Tushpa, Dolores y Macholulo, presentaron los valores más altos de polifenoles (646.33 – 516.25 – 518.59 mg ácido gálico / 100 g), los mismos que se correlacionan con la mayor concentración de antocianinas.

## CONCLUSIONES

Los diferentes caracteres de calidad y de resistencia al tizón tardío evaluados muestran gran variabilidad en las variedades nativas, lo cual podría ser aprovechado para usarlo en mejoramiento genético para la obtención de nuevas variedades con características favorables de calidad y resistencia.

Esta variación observada para los diferentes caracteres evaluados podrían ser usadas ya sea en forma directa o utilizando este germoplasma como progenitores dentro de un programa de mejoramiento para la obtención de variedades con resistencia al tizón tardío y altos contenidos de macro, microelementos, vitamina C., polifenoles y carotenoides

Los elevados contenidos de materia seca y bajos niveles de azúcares reductores hacen de algunas variedades potenciales progenitores para mejoramiento para procesamiento.

## AGRADECIMIENTOS

Al Programa Iberoamericano de ciencia y tecnología para el desarrollo (CYTED).

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CUESTA, X.; MONTEROS, C.; JIMÉNEZ, J. y LÓPEZ, G.. 2005. Biodiversidad de las papas nativas ecuatorianas en: Las papas nativas en el Ecuador, estudios cualitativos sobre oferta y demanda. Primera edición. Quito – Ecuador. 32 p.
- CAÑIZARES, C. A. y FORBES, G. A. Foliage resistance to *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary in the Ecuadorian national collection of *Solanum phureja* ssp. *phureja* Juz. & Buk. Potato Research 1995. 38(1):3-10.
- GAROFALO J. (2005) Evaluación de la aptitud combinatoria general y específica en 21 progenies de papa *Solanum phureja* para resistencia a tizón tardío *Phytophthora infestans*. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Central del Ecuador. 123p.
- RODRIGUEZ, M. (2007) Estudio de la respuesta agronómica y de procesamiento a la variabilidad de un grupo de genotipos de papas nativas (*Solanum* spp.) de la Sierra centro sur del Ecuador en dos localidades. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Central del Ecuador. 144p.

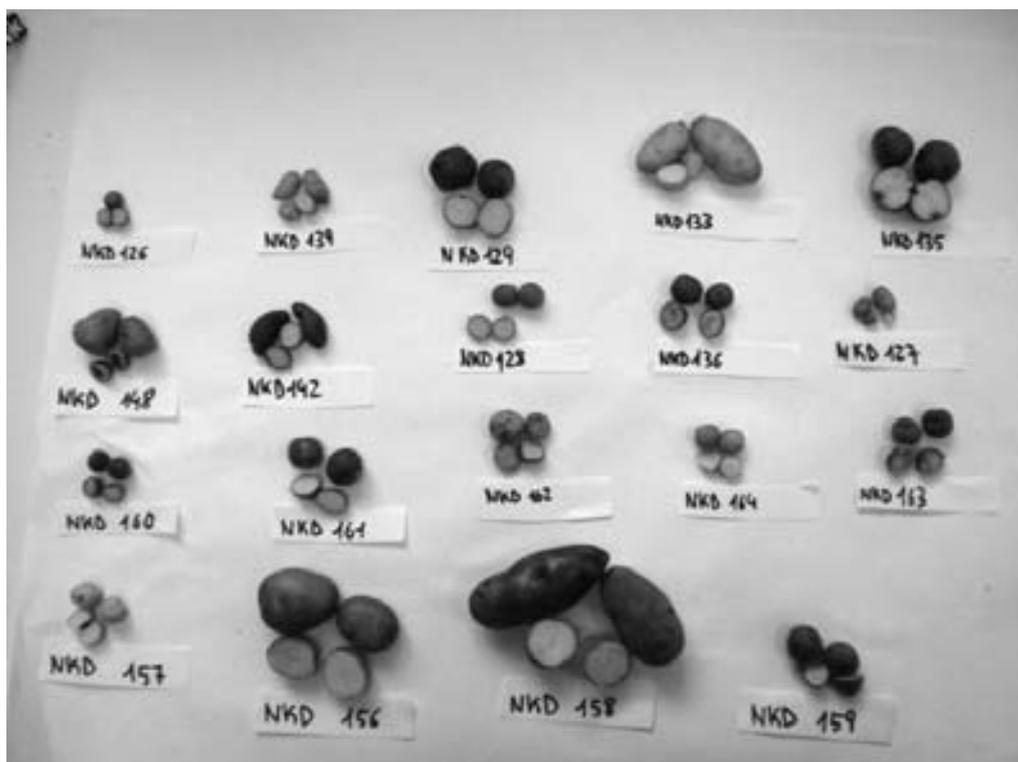
# EVALUACIÓN NUTRICIONAL Y CULINARIA DE UN CONJUNTO DE CULTIVARES ANTIGUOS Y GERMOPLASMA NATIVO DE PATATA PARA SU INCORPORACIÓN EN PROGRAMAS DE MEJORA GENÉTICA

R López, L. Barandalla, E. Ritter y J.I. Ruiz de Galarreta  
NEIKER-Tecnalia. Campus Agroalimentario de Arkaute. Apdo. 46.  
01080. Vitoria-Gasteiz

**Palabras clave:** Calidad, *Solanum tuberosum*, azúcares reductores, materia seca, micro elementos, macro elementos, nitratos, aptitud para frito, cenizas, proteína bruta.

## INTRODUCCIÓN

Las denominadas 'patatas o papas nativas' son variedades cultivadas pertenecientes a diferentes especies del género *Solanum*, existentes en países como Perú, Bolivia, Colombia, Ecuador o Venezuela, y cuyas características principales son su gran variabilidad, así como resistencias a diferentes plagas, enfermedades y estreses abióticos, además aportan genes de calidad, tanto desde el punto de vista nutritivo y culinario, como para el procesado industrial.



En la actualidad la calidad de la patata es el factor clave de las empresas agroalimentarias productoras de tubérculo (Ritter y Ruiz de Galarreta, 2006).

El carácter calidad presenta una enorme complejidad y así mismo su mejora genética. No obstante los atributos de calidad se pueden agrupar de la siguiente manera:

- **Calidad organoléptica o sensorial:** es la que el consumidor puede apreciar directamente con sus sentidos (color, forma, tamaño, sabor, aroma, textura, etc...). Se divide en calidad externa y calidad interna.

- *Calidad nutricional*: es la capacidad de los alimentos de proporcionar los elementos nutricionales que se necesitan para una buena salud
- *Calidad sanitaria*: ausencia de sustancias tóxicas, de origen natural o contaminantes químicos o microbianos.

El objetivo de este trabajo ha sido la evaluación del valor nutricional y culinario de un conjunto de variedades nativas cultivadas del G. *Solanum*.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se han evaluado un total de 33 cultivares del género *Solanum* en su mayoría nativas cultivadas pero también se han incluido en este estudio cultivares nativos españoles (*S. tuberosum* ssp. *Tuberosum*). Las papas nativas se obtuvieron del CIP (Lima, Peru), mientras que las españolas se obtuvieron del banco de germoplasma de NEIKER.

Se han analizado diferentes características asociadas a la calidad en patata. La determinación del contenido en proteína bruta (PB) se realizó con las muestras (patata previamente deshidratada a 65°C durante no menos de 72 horas), por el método Kjeldahl. (AOAC, 1990) La muestra se mineralizó por digestión con ácido sulfúrico concentrado en presencia de un catalizador. Este método determinó el N procedente de los grupos aminados de las proteínas, los grupos amídicos de las amidas ácidas, compuestos nitrogenados cíclicos y el resto de los compuestos de N orgánico. Multiplicando el contenido en nitrógeno por el factor genérico de ponderación 6.25 se obtuvo el contenido en proteína bruta.

Para determinar el contenido en cenizas brutas se realizó un análisis con un analizador termogravimétrico LECO TGA-601. Esta determinación se realizó consecutiva e inseparablemente de la materia seca (MS) (AOAC, 1990). El contenido de ésta es uno de los criterios de calidad más significativos para la industria de elaboración. La materia seca condiciona la harinosidad, la desintegración del tubérculo, la consistencia del puré y las características fisico-químicas de los productos fritos (Gravouille y Gehanne, 1990). Un contenido en materia seca moderado conduce a las patatas a una menor prestación a la cocción, carne más fina y de menor harinosidad.

Los macro y los micronutrientes se determinaron por espectrometría con un ICP.

Para la cuantificación de los nitratos se analizó la fracción soluble de las muestras en un espectrofotómetro a 220 y 275 nm (Stopes et al. 1998).

La calidad y la producción de productos procesados están directamente correlacionados con la gravedad específica y el porcentaje de materia seca (relacionado directamente con el contenido de almidón) haciendo de éstos importantes índices de calidad. La composición en almidón de los tubérculos se calculó por la medida de su densidad (Barredo, 1993), según la siguiente relación:

$$\text{Almidón (\%)} = 216.61 \times \text{Densidad} - 219.81$$

La glucosa y la fructosa son considerados azúcares reductores y son los azúcares más abundantes en la patata. Estos azúcares provocan un ennegrecimiento al procesar las patatas. Para el cálculo del contenido de estos en las muestras se utiliza el método del ácido 3,5- Dinitrosalicílico (Gould 1999) y se aplica la relación existente entre la absorbancia y el porcentaje en azúcares:

$$\text{Azúcares (\%)} = (\text{Absorbancia} - 0.00385) \times 1.07893$$

La determinación de chips se realiza clasificando las patatas según el color que presentan tras el pre-frito y frito correspondiendo estos con una escala de valores del 1 al 9 (Gravouille y Gehanne, 1990).

La determinación de la aptitud de las diferentes variedades para patatas prefritas refrigeradas y congeladas se realiza mediante un análisis colorimétrico. Las cartas de colores para prefrito y frito en fritura francesa poseen una numeración de 1 a 9, correspondiendo la peor puntuación a los valores bajos debido a un fuerte ennegrecimiento después de la refrigeración y a coloraciones oscuras después de la fritura.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Respecto a la evaluación de la composición general todos los caracteres analizados muestran una amplia variación en las diferentes entradas. El contenido en proteína bruta fue más elevado en las entradas de *S. tuberosum* y *S. phureja*, y menor en las entradas pertenecientes a la subespecie *andigena*. Con respecto al contenido de minerales totales, las entradas de *S. tuberosum* mostraron los valores más bajos.

A nivel de los macro elementos las entradas pertenecientes a *S. tuberosum* alcanzaron los mínimos valores y *S. andigena* y *S. goniocalix* destacaron por su alto contenido en Calcio. Las entradas de esta última especie mostraron en general los contenidos más elevados en todo los macro elementos analizados. Respecto a los microelementos las entradas de *S. andigena* tuvieron los valores más bajos en Zinc y Hierro. *S. phureja* mostró cifras elevadas para Hierro y *S. tuberosum* alcanzó valores medios para Zinc pero algo más elevados en Hierro.

Respecto a la evaluación de la calidad para el procesamiento industrial se pueden observar elevadas variaciones para todos los caracteres analizados en las entradas. No obstante destacan Wila Huata Lajra y Morara Nayra Mari (pertenecientes a *S. andigena* y *S. stenotomum*, respectivamente) por su alto contenido en materia seca y Señora Warni (*S. stenotomum*) y Sipancachi (*S. andigena*) por su bajo contenido en azúcares reductores.

A partir de estos resultados y junto con los análisis iniciados para determinar las cualidades nutricionales de estas variedades nativas, se determinará la posibilidad de incorporar los materiales más prometedores al programa de mejora genética de patata que se lleva a cabo desde hace varios años en nuestro Instituto.

Respecto a la evaluación de la composición general todos los caracteres analizados mostraron una amplia variación en las diferentes entradas. El contenido en proteína bruta fue más elevado en las entradas de *S. tuberosum* y *S. phureja*, y menor en las entradas pertenecientes a la subespecie *andigena*. Con respecto al contenido de minerales totales, las entradas de *S. tuberosum* mostraron los valores más bajos.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por el proyecto PAPASALUD (407PIC-0306) del programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo-CYTED y por el proyecto financiado por el INIA, RTA2008-00045-C02-01.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AOAC 1990, Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists international. 15th edition. Arlington, VA, USA
- Barredo A. 1993. Desarrollo y análisis de métodos de selección de variedades de patata para la producción industrial de productos destinados a la alimentación. Tesis Master Facultad de Farmacia. Universidad del País Vasco. Vitoria.
- GOULD WA., 1999. Potato Production, Processing, and Technology. CTI Publications, Maryland, USA
- GRAVOUILLE J. M. y GEHANNE N., 1990. Etude comparative de variétés destinées á la transformation en chips. La Pomme de Terre Française 460 : 205-210.
- RITTER E. y RUIZ DE GALARRETA J. I. 2006. Mejora Genética de la calidad en patata. En: Mejora Genética de la calidad en Plantas. Ed. De la UPV. 283-298.
- Stopes, C; Woodward, L.; Frorde, G., Vogtman, H., 1998. The nitrate content of vegetable and Salad Crops Offered to consumer. Biol Agric.Hort 5:215-221

# VALOR AGREGADO Y NUTRICIONAL DE LA PAPA NATIVA

M. Bonierbale<sup>1</sup>, W. Amoros<sup>1</sup>, G. Burgos<sup>1</sup>, E. Salas<sup>1</sup> y M. Cáceres<sup>2</sup>

## INTRODUCCIÓN

La papa es un cultivo altamente diverso con un gran número de variedades que ofrecen un rango amplio de usos en consumo fresco y procesado. Mientras que el consumo de papa disminuye en Europa, en los países en vía del desarrollo se está incrementando donde la producción se ha duplicado en los últimos 15 años. A pesar de su valor nutricional y versatilidad como alimento de base y materia prima para usos industriales, algunos patrones de consumo y políticas desfavorecen la utilización de la papa hasta su potencial aun en zonas favorables para alta producción y/o rentabilidad.

La papa produce mas alimento nutricional por unidad de tiempo, agua y área en climas más adversos que cualquier otro cultivo mayor; hasta 85% de la planta es comestible comparado con alrededor de 50% por los cereales, convirtiéndola en una fuente muy importante para la alimentación. En particular, mientras que la dieta de una gran parte de la población mundial es deficiente en nutrientes, la papa contiene proteína de alta valor biológico, cantidades significativas de vitamina C (ácido ascórbico y dehidroascórbico) y además de otras vitaminas hidrosolubles, como tiamina y vitamina B6. El contenido de minerales representa el 1.1 % en los tubérculos de papa, siendo el potasio (K) el de mayor abundancia y el fósforo (P), cloro (Cl), azufre (S), magnesio (Mg) y hierro (Fe) presentes en cantidades moderadas

La composición química de los tubérculos de papa es variable y esta controlado principalmente por factores genéticos dada por la variedad, factores ambientales como: localidad, clima, suelo, agua, y prácticas culturales y por la madurez de los tubérculos. La cocción y el almacenamiento también afectan la composición química de la papa y como consecuencia, su valor nutricional. La presente investigación busca contribuir al uso sostenible de la biodiversidad de la papa, a través de la documentación de las características que favorecen el consumo directo de las variedades nativas o su incorporación en poblaciones y variedades mejoradas. Específicamente, se espera entender la variabilidad y heredabilidad de las características que influyen más en la nutrición que ofrece la papa, y contribuir a incrementar la ingesta de estos nutrientes a través de la mejora genética.

## DIVERSIDAD GENÉTICA

Las papas nativas de la región andina están agrupadas en 7 especies *Solanum*: *S. stenotomum*, *S. goniocalyx*, *S. phureja*, *S. ajanhuiri*, *S. curtilobum*, *S. juzepczukii*, *S. tuberosum* ssp *andigena* y *S. tuberosum* ssp *tuberosum*, y representan una amplia base de biodiversidad (Hawkes,1990). Alternativamente, están considerados como ocho grupos dentro de una sola especie *S. tuberosum* (Huaman and Spooner, 2002). Mas de 3800 diferentes cultivares nativos se encuentran bajo custodia en el banco de germoplasma del Centro Internacional de la Papa (CIP), de los cuales alrededor de 500 han sido evaluados por su valor nutricional y/o propiedades bioquímicas relacionados con nutrición, calidad y utilización post cosecha.

Dado que las deficiencias de Fe, Zinc (Zn) y vitamina A son algunas de las principales causas de desnutrición a nivel mundial, las evaluaciones han estado centralizadas en determinar la concentración de dichos micronutrientes en un número significativo de variedades del germplasma de papa y poblaciones derivadas de ellas. Se ha encontrado amplia variabilidad genética para la concentración de Fe, Zn y  $\beta$ -caroteno: precursor de la vitamina A (0.34 a 1.01 mg, 0.28 a 0.95 mg y 0 a 25 ug por cada 100 g de

<sup>1</sup> Centro Internacional de la Papa (CIP). Apartado 1558 Lima, Perú

<sup>2</sup> Universidad Peruana Unión. Altura Km. 19.5 Carretera Central, Ñaña-Lima

papa en base fresca, respectivamente) (Burgos et al, 2007, Burgos et al 2008b). La concentración de Fe, y Zn en la papa es baja comparada con la concentración de estos minerales en los cereales y las legumbres. Sin embargo estudios recientes han demostrado que la biodisponibilidad del hierro de la papa es mayor que la de los cereales y las legumbres debido a la presencia de niveles altos de ácido ascórbico (promotor de la absorción de hierro) y niveles bajos de ácido fítico (inhibidor de la absorción de hierro) (Fair Weather-Tait, 1983).

La papa fresca tiene una concentración variable de ácido ascórbico que se ha reportado puede llegar hasta 50 mg / 100g en peso fresco cuando es recién cosechada (Woolfe, 1987). La cocción disminuye la concentración de vitamina C en los tubérculos con porcentajes de retención que varían de 50 a 90% dependiendo de la variedad. También existen diferencias en la disminución de la concentración de ácido ascórbico dependiendo del tipo de cocción. Así un estudio con una muestra de papas nativas de los andes del Perú encontró que la concentración de vitamina C en los tubérculos hervidos con cáscara es mayor que en tubérculos horneados o cocidos en el microondas (Burgos et al, 2008a). Considerando las pérdidas por cocción y la recomendación diaria de ácido ascórbico (100 – 120 mg / día) para alcanzar la saturación celular y reducir el riesgo de ataque al corazón, infarto y cáncer (Naidu, 2003), 100 g de papa pueden contribuir con el 25-50% de la recomendación diaria.

Se ha encontrado gran variabilidad para características morfológicas como tamaño y forma de gránulos y físicas químicas como contenido de amilosa, hinchamiento, solubilidad y grado de viscosidad. El rango para contenido de amilosa varía de 28.4 a 43.3%. El comportamiento para el hinchamiento del granulo con respecto a las diferentes temperaturas (60, 70, 80 y 90°C) es muy variable. La viscosidad aparente varía de 18.9 a 47.9 pascal-second (Pa·s). La gran variabilidad de almidones encontrados en el germoplasma de papas nativas, indica el enorme potencial de la papa para múltiples usos y procesos industriales.

## PARÁMETROS GENÉTICOS

Mediante la formación y evaluación de poblaciones híbridas se ha determinado los componentes genéticos de variabilidad y heredabilidad para la concentración de minerales y vitamina C. La variancia aditiva y dominante ( $\sigma^2A$ ,  $\sigma^2D$ ) en familias diploides para concentración de vitamina C están presentes en proporción similar ( $\sigma^2A=2.57$ ,  $\sigma^2D=2.27$ ), lo cual significa que los efectos de dominancia son importantes para este carácter. Sin embargo la heredabilidad fue medianamente alta ( $h^2=0.45$ ). Para concentración de hierro y zinc la  $\sigma^2A$  en diploides fue superior respecto a la  $\sigma^2D$  y con heredabilidades  $h^2=0.91$  y  $h^2=0.54$  para hierro y zinc, respectivamente. No fueron muy claros los resultados obtenidos para tetraploides posiblemente debido al reducido número de familias.

Los análisis genéticos también han permitido identificar progenitores con alta habilidad combinatoria para concentraciones de minerales y vitamina C lo que significa alta probabilidad de éxito o ganancias genéticas. La selección de clones y familias destacadas por rendimiento, buena apariencia de tubérculos, concentraciones elevadas de micronutrientes y con pigmentación de pulpa contribuirá a revalorizar la biodiversidad de papa, articulando la investigación en mejoramiento genético, el consumo y la comercialización a base de variedades nativas de papa con alta calidad nutricional.

## NUEVOS USOS Y VALOR AGREGADO

Además de constituir una fuente importante de diversidad genética para el mejoramiento de los atributos de calidad y productividad de nuevos genotipos; y para un mercado globalizado, las variedades y especies de papas nativas son productos exóticos que reúnen cualidades intrínsecas y mercadológicas que las hacen particularmente atractivas y cotizadas en modernos mercados nicho de los alimentos gourmet. A través de la evaluación técnica y la selección participativa con comunidades conservacionistas en el Perú, se ha identificado un grupo de variedades de papas nativas aptas como materia prima para la industria de hojuelas fritas a la luz del proceso de innovación y revalorización de la biodiversidad de la papa que promueve el CIP.

A partir del año 2000 el programa de mejoramiento del CIP inició la evaluación de los parámetros para procesamiento en un grupo de 345 cultivares nativos de diferentes grupos taxonómicos (225 cultivares de *tuberosum* ssp *andígena*, 12 de *S. tuberosum* ssp. *tuberosum*, 34 de *S. goniocalyx*, 43 de *S. stenotomum*, 22 de *S. x chaucha*, 9 de *S. phureja*) y 4 variedades mejoradas. Estas variedades nativas se caracterizaban también por presentar pulpa de color crema a amarillo intenso, y pigmentación roja, azul, violeta y púrpura. El material de la Colección de Germoplasma del CIP se sembró en la comunidad campesina de San José de Aymara (Huancavelica) a 3800 m.s.n.m. A la cosecha se evaluó rendimiento de tubérculos y los parámetros de procesamiento mas importantes (materia seca, azúcares reductores, oscurecimiento de hojuelas fritas, absorción de aceite). Se evaluaron tubérculos provenientes de tres tipos de almacenamiento: a los 10 días después de la cosecha a los 90 días de almacenamiento en frío a 4°C y a los 90 días de almacenamiento al ambiente de 15-20 °C (Amoros et al., 2000). Se observó una gran variabilidad de contenido de materia seca en un rango de 18 a 34%, y más del 60% de los clones alcanzaron desde 24 a 32 %, lo cual indica que las papas nativas son materia prima de alta calidad para la industria de snacks, ya que el contenido de materia seca es determinante de los parámetros de calidad para productos procesados de papa (Salunke et al., 1991). La mayoría (75%) no mostró oscurecimiento por efecto de la fritura presentando las hojuelas colores vistosos y llamativos convirtiéndolos en bocaditos particularmente novedosos y especiales para uso gourmet. La evaluación permitió contribuir a la documentación de las características de rendimiento, contenido de materia seca, grado de oscurecimiento de hojuelas fritas y absorción de aceite de las hojuelas.

Se apreció un mayor contenido de materia seca de los grupos *Stenotomum*, *Goniocalyx* y *Chaucha* en comparación con las variedades mejoradas. En general las hojuelas fritas mostraron poco oscurecimiento y poca absorción de aceite en comparación con las variedades mejoradas. Se encontró una relación inversa del contenido de materia seca y absorción de aceite de las hojuelas ( $r^2 = -0.5$ ), lo que coincide con lo reportado por Moreno (2000), y reconfirma la calidad de las papas nativas como materia prima.

## CONCLUSIONES

El amplio rango que muestran las papas nativas en sus características de procesamiento y nutricionales y la identificación de cultivares con altos niveles de calidad convierte a estas papas en materia prima de alta calidad tanto para la industria de procesamiento, consumo fresco y gourmet.

Agregar valor a las papas nativas, colocaría a estas a la altura de la demanda urbana y de los patrones de consumo modernos y generaría una demanda igualmente estable de estos cultivares para su procesamiento e induciría a ampliar las áreas de cultivo y estimular el aumento de la productividad, garantizando la permanencia de estos cultivos a lo largo del tiempo y por consiguiente estimulando la conservación de la biodiversidad y la rentabilidad de las economías de los campesinos más pobres de la zona alto Andina

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMOROS, W., MENDEZ J., PALLAIS, N. Y BONIERBALE, M. 2000. Evaluación del potencial para utilización post-cosecha de variedades nativas de papa. En Memorias del XIX Congreso Latinoamérica de la Papa (ALAP). La Habana (Cuba). ALAP 2000, p.205

BURGOS G., AMOROS W.R, MOROTE M., STANGOULIS J. y BONIERBALE M. 2007. Iron and Zinc Concentration of Native Andean Potato Varieties from a Human Nutrition Perspective. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 87 (4): 668-675.

BURGOS G., AUQUI S., AMOROS W., SALAS E. y BONIERBALE M. 2008a. Ascorbic acid concentration of native Andean potato varieties as affected by environment, cooking and storage. doi:10.1016/j.jfca.2008.05.013 *Journal of Food Composition and Analysis*.

BURGOS G., AUQUI S., AMOROS W., KIMURA M., SALAS E., MUÑO A L. y BONIERBALE M. 2008b. Total and individual carotenoid profiles in the Phureja group of cultivated potatoes: I. Concentrations and relations-

- hips as determined by Spectrophotometry and High Performance Liquid Chromatography (HPLC). (en prensa). *Journal of Food Composition and Analysis*.
- FAIR WEATHER-TAIT, S. 1983. Studies on the availability of iron in potatoes. *British Journal of Nutrition*. 50: 15-23..
- HAWKES, J. G. 1990. The potato evolution, biodiversity and genetic resources. London (UK). Belhaven Press. 259 p.
- HUAMAN, Z. y SPOONER, D. M. 2002. Reclassification of landrace populations of cultivated potatoes (*Solanum* sect. Petota). *Amer Journal of Botany*. 89( 6):,947-965.
- MORENO M, J. D. 2000. Calidad de la papa para usos industriales. Bogotá (Colombia) Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA).. 7 p.
- NAIDU, K. A., 2003. Vitamin C in human health and disease is still a mystery? An overview. *Nutrition Journal* 2, 7-16.
- ROSE D., THIELE, G., BONIERBALE, M., BURGOS, G. 2008. Understanding the role of potatoes in the Peruvian diet: An approach that combines food composition with household expenditure data. (en prensa). *Journal of Food Composition and Analysis*.
- SALUNKHE, D. K., KADAM, S. S. AND JADHAV, S. J. 1991. Potato: Production, Processing and Products. CRC. Press Boca Raton. Ann Arbor. Boston. U.S.A.,. p.12-26,112-116,120-123.
- WOOLFE, J. 1987. The Potato in the Human Diet. Cambridge University Press. 231 pp.

# CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA MEDIANTE TAXONOMÍA NUMÉRICA DE UN GRUPO DE CULTIVARES DE PAPAS LOCALES (*SOLANUM SP.*) DE TENERIFE (ISLAS CANARIAS).

Ríos D<sup>1</sup>, Huaman Z<sup>2</sup>, Rodríguez C<sup>1</sup>, Pío A<sup>1</sup>, Ruiz de Galarreta J I<sup>3</sup>

## INTRODUCCIÓN

En las Islas Canarias, y principalmente en Tenerife, se cultivan variedades comerciales de papa así como un grupo de cultivares locales, conservados por los agricultores por varias generaciones, y cuyo origen se remonta en algunos de ellos a las primeras introducciones de este tubérculo en Europa. Estos cultivares son probablemente de gran valor para explicar el parentesco y los procesos evolutivos de las diferentes papas que llegaron de Sudamérica a Europa. Dada la diversidad morfológica de estos cultivares locales, el objetivo de este trabajo fue la de caracterizarlas morfológicamente. Para estudiar todos los cultivares aun existentes se realizaron recolecciones en diferentes zonas productoras de la Isla durante los años 1998 y 1999. La caracterización se realizó del 2000 al 2002 utilizando evaluaciones de sus caracteres morfológicos cuantitativos y cualitativos, tanto codificados como continuos, además del estudio citológico.

## MATERIAL Y MÉTODOS

*Material vegetal:* La Tabla 1 muestra los cultivares de papa recolectados durante los años 1998 y principalmente 1999, su nombre vernáculo, zona de recolección, municipio y nombre codificado para el tratamiento de los datos. En total se recolectaron 65 entradas, que se redujeron a 41, tras filtrar aquellas que procedían de localidades muy próximas y agricultores con vínculos familiares. Los ensayos experimentales se realizaron hasta el año 2003 en Tacoronte en una finca situada a 750 mns, posteriormente el mantenimiento y caracterización de la colección se realizó en fincas ubicadas en el municipio del Rosario con una elevación entre 700 y 800 msnm..

*Diseño del ensayo:* Se utilizaron bloques al azar, con 3 repeticiones de 10 plantas por parcela. La distancia entre plantas fue de 30 cm y entre líneas de 75 cm, lo que equivale a una parcela experimental de 3 m<sup>2</sup>. El espacio entre parcelas experimentales fue de 1 m..

*Evaluación de los caracteres morfológicos:* Se evaluaron 52 caracteres cualitativos y cuantitativos seleccionados de los propuestos por Huaman *et al.* (1977) y Huaman (1994; 2001). Los caracteres de color se evaluaron por comparación a la carta de colores de la RHS (1986). La caracterización se realizó durante tres años 2000, 2001 y 2002, para determinar el efecto ambiental y la estabilidad de los caracteres estudiados en cada entrada. Desde el 2003 hasta el 2008 se han ido realizando evaluaciones anuales.

**Tabla 1.** Material vegetal estudiado

Nombre Vernáculo	Zona	Municipio	Nombre codificado
Bonita Blanca	Benijos	La Orotava	BbO
Bonita Negra	Benijos	La Orotava	BnO

<sup>1</sup> Centro de Conservación de la Biodiversidad Agrícola de Tenerife. Servicio Técnico de Agricultura y Desarrollo Rural. Cabildo Insular de Tenerife. Plaza de España s/n. 38003. Santa Cruz de Tenerife.

<sup>2</sup> PROBIOANDES. Lima – Perú.

<sup>3</sup> Departamento de Producción y Protección Vegetal. Neiker-Tecnalia.

Nombre Vernáculo	Zona	Municipio	Nombre codificado
Bonita Colorada	Benijos	La Orotava	BcO
Bonita Ojo de perdiz	Benijos	La Orotava	BpO
Colorada de baga	Benijos	La Orotava	CoO
Azucena Negra	El Pastel	Tacoronte	AnT
Azucena Blanca	El Pastel	Tacoronte	AbT
Blanca Negra	El Pastel	Tacoronte	NbT
Colorada de Baga	Las Rosas	El Rosario	CoE
Terrenta	La Esperanza	El Rosario	T-E
Negra Yema de Huevo	La Esperanza	El Rosario	N-E
Azucena Negra	El Palmar	Buenavista	AnB
Melonera	Teno Alto	Buenavista	MIB
PelUCA Blanca	Teno Alto	Buenavista	LbB
PelUCA negra	Teno Alto	Buenavista	LnB
Bonita Negra	Palo Blanco	Los Realejos	BnR
Marrueca Blanca	Palo Blanco	Los Realejos	MbR
PelUCA Rosada	Los Charcos	La Matanza	LrM
Bonita Negra	Fuente Grande	La Guancha	BnG
Bonita Llagada	Fuente Grande	La Guancha	BIG
Bonita Ojo de Perdiz	Fuente Grande	La Guancha	BpG
Marrueca	Fuente Grande	La Guancha	MaG
Borralla	Las Carboneras	La Laguna	BoL
Palmera Colorada	Roque Negro	Santa Cruz	PcS
Palmera Lagartea	Roque Negro	Santa Cruz	PIS
Brasileña o GrasiLeña	Roque Negro	Santa Cruz	G-S
Venezolana Negra	Arese	Fasnia	VnF
Bonita Colorada	Icod el Alto	Los Realejos	BcR
De Baga	Icod el Alto	Los Realejos	CoR
Azucen Negra	La Canaria	La Guancha	AnG
Azucena Blanca	La Canaria	La Guancha	AbG
Colorada de Baga	La Canaria	La Guancha	CoG
Moras	Las Carboneras	La laguna	MoL
Palmera Negra	La Zarza	Fasnia	PnF
Palmera Colorada	La Zarza	Fasnia	PcF
Palmera Blanca	La Zarza	Fasnia	PbF
PelUCA Rosada	Benijos	La Orotava	LrO
Terrenta	B. Las Lajas	Tacoronte	T-T
PelUCA Blanca	Pinolere	La Orotava	LbO
Negra Yema de Huevo	El Pastel	Tacoronte	N-T
Negra Oro	El Pastel	Tacoronte	NoT

### Tratamiento de los datos

Se utilizaron métodos de taxonomía numérica del programa NTSYSpC-2.0 (Rolf, 1998) y el tratamiento de los datos se realizó de dos formas (Sneath y Sokal, 1973):

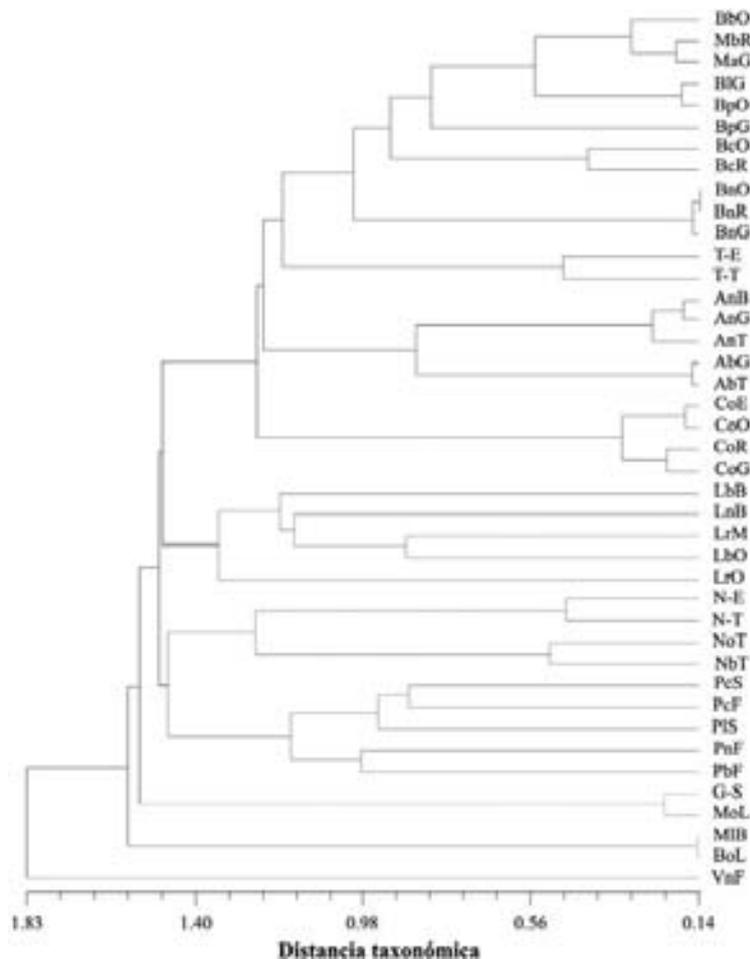
Elaboración de la matriz básica de datos con caracteres codificados, obtención de la matriz estandarizada, determinación de la similitud mediante el coeficiente “Simple Matching coefficient (SMC)”, y obtención del dendrograma mediante el método UPGMA y la opción “tree Plot”.

Elaboración de la matriz básica a partir de datos cuantitativos, sustituyendo los datos codificados por datos binarios o de doble estado (0 ó 1) (Crisci, 1983). Posteriormente se estandarizaron los datos, y se obtuvo la matriz de similitud mediante el coeficiente de correlación de Pearson, la distancia euclídea, la distancia de Manhattan y la distancia taxonómica. Se utilizó el coeficiente de correlación cofenética para elegir el dendrograma que mejor representaba los valores de la matriz de similitud y obtener el que menor distorsión presentase (Sokal y Sneath, 1963).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos utilizando tanto caracteres codificados como con cuantitativos produjeron agrupamientos similares. En la figura 1 se presenta el dendrograma obtenido mediante la distancia de similitud que presentó un mayor coeficiente de correlación cofenética, 0,945.

Los resultados indican un buen agrupamiento de las entradas con nombres locales similares basados en los caracteres que los agricultores reconocen. Esto demuestra que la llamada “taxonomía popular” (Brush, 1992) está muy correlacionada con los análisis de agrupamientos realizados por taxonomía numérica.



**Figura 1.** Dendrograma obtenido utilizando caracteres cuantitativos.

El dendrograma obtenido permitió determinar la existencia de duplicados, reduciendo las entradas iniciales de 41 a 23, y establecer 4 grupos de cultivares. El primero formado por las Bonitas, Azucenas, Terrentas y Coloradas (todas ellas *Solanum tuberosum* ssp. *andigena*, tetraploide con 48 cromosomas, aunque las Coloradas con ciertos caracteres intermedios); el segundo por las Negras (*Solanum x chau-*

*cha*, triploide con 36 cromosomas ) y por las Palmeras (*Solanum tuberosum ssp. tuberosum*, tetraploide con 48 cromosomas); el tercero por Pelucas, Moras y Borrallas (probablemente cultivares de *Solanum tuberosum ssp. tuberosum* con 48 cromosomas); y el cuarto por la Venezolana Negra (de posible origen híbrido, *ssp. tuberosum x ssp. andigena* con 48 cromosomas, pues se trata de una introducción realizada en los últimos 40 años de Venezuela), lo que confirma la presencia en la Isla de Tenerife de los tres taxones descritos en estudios morfológicos previos, aunque con diferencias en la clasificación taxonómica de los diferentes cultivares que se había realizado hasta ese momento. Sin embargo, si se obtiene una clasificación taxonómica similar a la obtenida en los trabajos de caracterización molecular realizados hasta el momento (Barandalla *et al*, 2006; Ríos *et al*, 2007)

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRUSH S. B., 1992. Ethnoecology, biodiversity and modernization in Andean potato agriculture. *Journal of Ethnobiology*, 12:161-185.
- CRISCI J. V. 1983. Introducción a la teoría y práctica de la taxonomía numérica. Secretaria General de la Organización de los Estados Americanos. Washington, D.C. 131 pp.
- HUAMAN Z. 1994. Descriptores de la papa. Centro Internacional de la Papa (CIP). Lima, Perú.
- HUAMAN Z. 2001. Identificación morfológica de duplicados en colecciones de papas cultivadas. Lima, Perú. (Sin publicar).
- HUAMAN Z., WILLIAMS, J. T., SALHUANA, W. y VINCENT, L. 1977. Descriptors for the cultivated potato. International Board for Plant Genetic Resources (IBPGR). Roma, Italia.
- RÍOS D., GHISLAIN M., RODRÍGUEZ F., SPOONER D. M., 2007. What is the origin of the european potato? Evidence from Canary Island Landraces. *Crop Sci.*, 47,1271-1280.
- BARANDALLA L., RUIZ DE GALARRETA J. I., RÍOS D., RITTER E. 2006. Molecular analysis of local potato cultivars from TenerifeIsland using microsatellite markers. *Euphytica* (2006) 152, 283–291
- ROYAL HORTICULTURAL SOCIETY. 1986. R.H.S. C. Chart (edn. 2.). The Royal Horticultural Society, Londres.
- ROHLF, F. J. 1998. Ntsys. Numerical Taxonomy and Multivariate Analysis. V. 2.0. Guide. Exeter Software. 31 p.
- SNEATH P. H. .A. y SOKAL R. R. 1973. Numerical Taxonomy. The principles and practice of numerical classification. Freeman and company. San Francisco. 573 p.

# EL PROGRAMA DE MEJORA DE APPACALE S.A. Y LA APLICACIÓN DE NUEVAS TÉCNICAS A LA MEJORA CONVENCIONAL

Carrasco A.; Ortega F.; Calderón L.J.; Isla S.  
APPACALE S.A. Valle de Mena 13. E-09001 Burgos. España. [info@appacale.com](mailto:info@appacale.com)

## INTRODUCCIÓN

La empresa APPACALE S.A. ubicada en Burgos (España) comenzó su programa de mejora en el año 1994. Fue en 2006 cuando registró sus dos primeras variedades: NELA y JIMENA. Ambas de ciclo temprano, la primera de ellas tiene como destino el consumo en fresco mientras que la segunda presenta caracteres especialmente indicados para la transformación industrial en chips. Además, en 2008 se han registrado dos nuevas variedades: VALNERA y MELIBEA ambas para consumo en fresco. Durante estos años se ha invertido en la aplicación de nuevas tecnologías que faciliten y mejoren el proceso de selección, optándose por la mejora a nivel diploide con el fin de ampliar la base genética del programa y la selección mediante marcadores moleculares de ADN con el fin de acelerar y mejorar la eficacia del proceso de selección. En estos momentos se están realizando además de los pasos convencionales de un programa de mejora, cruzamientos con especies silvestres, con clones diploides e incluso hibridaciones somáticas mediante electrofusión de protoplastos. Además, se está aplicando la selección asistida por marcadores moleculares para inmunidad a PVY tanto la conferida por *Solanum stoloniferum* como por *S. tuberosum* ssp. *andigena*, y para la resistencia a los nematodos del quiste, tanto a *Globodera rostochiensis* como a *G. pallida*.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Los cruzamientos en ambos programas (4x y 2x) se realizan en planta en condiciones controladas de temperatura y luz durante el mes de abril (Ortega & Carrasco, 2005). En los casos en los que no es posible la realización de cruzamientos en el nivel diploide por el diferente EBN, se recurre a la hibridación somática mediante electrofusión de protoplastos (Carrasco et al., 2000). Los marcadores moleculares para la selección de clones resistentes a PVY, *G. rostochiensis* y *G. pallida* son de tipo PCR, ideales para su aplicación en un programa de mejora.

Los primeros años de selección de materiales y la multiplicación de semilla de nuestras variedades se realiza en zona de producción de patata de siembra (Valle de Valdelucio, Burgos). Es en el quinto año de selección cuando los mejores clones se prueban en diferentes zonas de patata de consumo de España (Castilla y León, Galicia, y Andalucía).

## RESULTADOS

En la Figura 1 se presenta el esquema del programa de mejora convencional que se desarrolla en APPACALE.

En la Tabla 1 se muestran las especies silvestres que se utilizan en el programa diploide y cómo son introducidas en nuestro programa. Debido a la participación de APPACALE en el proyecto europeo del 6º Programa Marco "BIOEXPLOIT", se está trabajando especialmente con especies resistentes a *Phytophthora infestans* (Ruiz de Galarreta et al., 1998). Anualmente se siembran unas 5000 semillas en este programa contando las obtenidas de los retrocruzamientos con híbridos somáticos, las semillas diploides tanto interespecíficas como intraespecíficas y las de poliploidización sexual mediante gametos no reducidos.

**Figura 1.** Esquema de mejora desarrollado en APPACALE

AÑO 0	40.000 semillas	Cruzamientos (invernadero)	
	25.000 semillas 120 progenies	Semillero (túnel de cultivo)	
	<b>No. clones</b>	<b>LOCALIDADES &amp; ENSAYOS</b>	
		<b>ZONA DE SIEMBRA</b>	<b>ZONA DE CONSUMO</b>
AÑO 1	14.000-15.000	Progenies en plantas individuales	
AÑO 2	600-800	Parcelas de 5 tubérculos	
AÑO 3	200-300	Parcelas de 20 tubérculos	
AÑO 4	40-50	Parcelas de 40 tubérculos	
AÑO 5	15-20	Parcelas de 50 tubérculos (3 repeticiones) Analizados de virus	Parcelas de 20 tubérculos 2 localidades
AÑO 6	8-10	Parcelas de 50 tubérculos (3 repeticiones) Analizados de virus	Parcelas de 20 tubérculos 2 localidades
AÑO 7	2-4	Parcelas de 50 tubérculos (3 repeticiones) Analizados de virus	Parcelas de 50 tubérculos (4 repeticiones) 2 localidades
AÑO 8	1-3	Analizados de virus	Parcelas de 50 tubérculos (4 repeticiones) 2 localidades Campos de demostración
AÑO 9		Análisis de virus Semilla prebase	ENSAYOS OFICIALES 6 LOCALIDADES Campos de demostración
AÑO 10		Análisis de virus Semilla prebase	ENSAYOS OFICIALES 6 localidades Campos de demostración
<b>VARIEDAD</b>			

**Tabla 1.** Especies silvestres utilizadas en el programa de Mejora a nivel diploide

Especie silvestre	Resistencia	Introducción	Retrocruzamientos
<i>S. berthaultii</i>	<i>Phytophthora infestans</i>	Cruzamientos	2
<i>S. gourlayii</i>	<i>Phytophthora infestans</i>	Cruzamientos	1
<i>S. boliviense</i>	<i>Phytophthora infestans</i>	Cruzamientos	2
<i>S. vernei</i>	<i>Phytophthora infestans</i>	Cruzamientos	2
<i>S. pinnatisectum</i>	<i>Phytophthora infestans</i>	Fusión de protoplastos	2

Los marcadores moleculares tipo PCR identifican la resistencia a los patógenos descritos en la Tabla 2. Para poder aplicar estos marcadores, se estudió qué variedades o clones de nuestro programa podrían presentar estas resistencias y posteriormente se procedió a su amplificación con el fin de poder aplicarlos a sus descendencias.

**Tabla 2.** Patógenos y genes involucrados en la resistencia en los que se aplican marcadores moleculares

Patógeno	Gen
PVY	Ry <sub>adg</sub>
PVY	Ry <sub>sto</sub>
G. rostochiensis	Gro1-4
G. pallida	QRL

En la actualidad se disponen de 4 variedades registradas (Tabla 3).

**Tabla 3.** Variedades registradas

Variedad/Clon en registro	Parentales	Destino	Ciclo
NELA	Belleisle x Asun	Fresco	7-8
JIMENA	Tomensa x Hermes	Industria (chips)	8
VALNERA	Helena x Monona	Fresco	7
MELIBEA	Iroise x Fortuna	Fresco	4

Finalmente, en la Tabla 4 se hace referencia a alguno de los proyectos de investigación en los que se está participando.

**Tabla 4.** Proyectos de I+D

Título del proyecto	Tipo de proyecto	Organismo
Exploitation of natural plant biodiversity for the pesticide-free production of food (BIOEXPLOIT)	IP	UE – 6º Programa Marco
Desarrollo de marcadores de calidad chip para la mejora genética de patata.	PROFIT	Ministerio de Educación y Ciencia
Selección asistida por marcadores moleculares de ADN en patata para la identificación de resistencias a factores bióticos	PROFIT	Ministerio de Industria, Turismo y Comercio

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CARRASCO A., RUIZ DE GALARRETA J. I., RITTER E. "Transfer of resistance to PLRV from *Solanum verrucosum* into potato (*S. tuberosum* L.) by protoplast electrofusion. (2000) Potato Res. 43: 31-42.
- ORTEGA F. y CARRASCO A. 2005. Germplasm enhancement with wild tuber-bearing species: introgression of PVY resistance and high dry matter content from *Solanum berthaultii*, *S. gourlayi*, *S. tarijense* and *S. vernei*. Potato Res. 48: 97-104.
- RUIZ DE GALARRETA J. I., CARRASCO A., SALAZAR A., BARRENA I., ITURRITXA E., MARQUINEZ R.; LEGORBURU F.J.; RITTER E. (1998). "Wild *Solanum* species as resistance sources against different pathogens of potato". Potato Research 41: 57-68.

# **AGRONOMÍA Y FITOPATOLOGÍA**

# MODIFICACIONES EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LAS PATATAS DURANTE LA RECOLECCIÓN MECÁNICA

Salar M<sup>1</sup>, Jarén C<sup>2</sup>, Arazuri S<sup>2</sup>,  
Arana I<sup>2</sup> y Viscarret J<sup>2</sup>

## INTRODUCCIÓN

Durante el proceso de recolección mecánica de la patata, ésta sufre daños y, por tanto, pérdidas en su cantidad y calidad. Estos daños son producidos por los impactos que se producen por la fricción y compresión entre los mismos tubérculos, entre éstos y otros elementos, como piedras, terrones y matas que entran con los tubérculos en la cosechadora, así como con los elementos de la misma máquina.

Los efectos negativos que causan estos impactos reducen la calidad de los tubérculos y, por tanto, su precio en el mercado, y pueden producir enfermedades y podredumbres durante el periodo de almacenamiento.

Con el fin de disminuir estos daños y conseguir un producto de mayor calidad, es muy importante el estudio de las propiedades físicas de los tubérculos para detectar los daños causados en los tubérculos por la cosechadora (Mohsenin, 1986). Por ello, el objetivo de este trabajo ha sido el de evaluar la influencia de la recolección mecánica en las propiedades físicas de la patata con dos tipos de cosechadoras.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El material vegetal empleado fue patata de las variedades Red pontiac, Monalisa, Hermes y Spunta recogidas durante octubre y noviembre de 2007 en Navarra y La Rioja con dos modelos de cosechadoras de un surco: Grimme SE 75-40 y Kverneland UN 2100. Se cogieron tres muestras de 30 patatas cada una para cada parcela y cosechadora:

- Testigo: se recogieron manualmente del caballón en 1 m de longitud (3 matas).
- Cinta: se cogieron a su paso por la segunda unidad de separación de la cosechadora.
- Tolva: se tomaron de la tolva.

Todas las muestras fueron trasladadas al Laboratorio de Postrecolección de Productos agrícolas de la Universidad pública de Navarra y se tomaron los siguientes datos: tamaño, peso, resistencia a impacto mecánico, compresión y resistencia al corte.

El ensayo de impacto no destructivo nos permite evaluar la textura (Jarén y García, 2002). Dicho ensayo consiste en impactar el fruto estático con un indentador de 87,5 g desde una altura de 8 cm. El equipo consta de un soporte principal donde se encuentran situados todos sus componentes: una plataforma de ensayo de material plástico con un brazo que dispone de un carro móvil para poder ajustar diferentes alturas. Unido a este carro hay un electroimán, una barra de acero que une a éste con el indentador y un acelerómetro. El ensayo se controla desde un ordenador. La superficie del indentador que va a tocar el fruto se impregna con tinta negra de esta manera podemos localizar el punto en el que se produce el impacto y así evitaremos la realización de otros ensayos como el del corte o compresión en la misma zona.

---

<sup>1</sup> Universidad Sulaimani. Iraq

<sup>2</sup> Dpto. de Proyectos e Ingeniería Rural. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos de la Universidad Pública de Navarra. Campus Arrosadia, 31006 Pamplona. cjaren@unavarra.es

A cada patata de los tres lotes Testigo, Cinta y Tolva, se les aplicó dos impactos. Las variables estudiadas en de ensayo de impactos fueron:

- Fuerza máxima (FMAX): registrada durante el impacto expresada en Newtons.
- Deformación máxima (DEFMAX), expresada en mm.
- Deformación permanente (DEFPER): valor de a deformación residual, expresada en mm.
- Energía absorbida por el impacto (ENEABS): valor de la energía que desprende el tubérculo al producirse el impacto, esta misma energía es absorbida por el acelerómetro.
- Duración del impacto (DURIMP): tiempo (ms) total desde el instante de contacto hasta que la fuerza se hace cero.

El ensayo de compresión se realizó con un texturómetro TA-XT2 de Stable Micro Systems. A todas las patatas de los tres lotes (Testigo, Cinta y Tolva) se les aplicaron dos compresiones. La velocidad empleada en el ensayo era de 1 mm/s, la distancia de 5 mm y se utilizó una esfera de vidrio 3/4" (PO-75S). Las variables de ensayo de compresión analizadas fueron:

- Fuerza máxima de compresión (FC) para obtener una deformación máxima de 5mm, en Nw.
- Distancia (DC): distancia que recorre hasta alcanzar la fuerza máxima. Se expresa en milímetros (mm).
- Distancia (DRC): distancia (mm) desde la fuerza máxima a la fuerza cero de la curva de descarga equivale a la deformación elástica o recuperable.
- Pendiente (PC): pendiente de la curva fuerza-deformación desde el origen hasta la fuerza máxima. Se expresa en N/mm.
- Área de compresión (AC): área bajo la curva de carga, equivale al trabajo necesario para producir la deformación máxima. Se mide en Nmm.
- Área<sub>34</sub>: área (Nmm) bajo la curva descendente (curva de descarga) equivale al trabajo necesario para producir la deformación elástica.
- Tiempo de compresión (TC): tiempo (s).

El ensayo de corte se realizó también a todas las patatas de los tres lotes con el texturómetro al que se le incorporó una cuchilla de acero HDP/BSK. La velocidad empleada fue de 10 mm/s hasta el corte total de la muestra. Las variables de ensayo de corte analizadas fueron:

- Fuerza de corte (FCO), en Newton (N).
- Distancia de corte (DCO): valor de la distancia (mm) hasta que se registra la fuerza de corte.
- Pendiente (PDO): pendiente del tramo inicial ascendente de la curva fuerza-deformación, desde el momento inicial hasta que se produce el corte inicial, en Newton/milímetro (N/mm).
- Área de corte (ACO): área bajo la curva fuerza deformación desde el momento inicial hasta el punto de fuerza de corte, se mide en Newton milímetro (Nmm).
- Fuerza máxima (FCOMAX): fuerza máxima registrada en el ensayo de corte, en Newton (N).
- Distancia hasta fuerza máxima (DCOMAX): distancia hasta fuerza máxima, en (mm)
- Pendiente máxima de corte (PCOMAX): pendiente del tramo inicial ascendente de la curva fuerza-deformación, en Newton/milímetro (N/mm).
- Área máxima de corte (ACOMAX): área bajo la curva fuerza-deformación, en Newton milímetro (Nmm).

El análisis estadístico de los datos se realizó con el programa estadístico SPSS v.15. Se realizó un análisis de la varianza ( $p=0,05$ ) y un test de Duncan para evaluar las posibles deferencias entre los parámetros físicos determinados en el laboratorio antes y después de su paso por la cosechadora.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Previamente se han seleccionado las variables que vamos a estudiar del total registrado. Para ellos, se han comparado las patatas testigo de todos y cada uno de los ensayos y hemos seleccionado únicamente aquellos parámetros en los que no había diferencias significativas entre los testigos. Estas variables se han seleccionado para comparar las máquinas entre sí y los cambios que se produzcan en la cinta o en la descarga van a deberse únicamente al efecto de la cosechadora.

En la tabla 1 podemos ver los resultados obtenidos con los parámetros de impacto al comparar los factores cosechadora, zona y la interacción entre ambos.

Si comparamos los dos modelos de cosechadoras, respecto a las variables que tienen diferencias significativas, DEFPER, DEFMAX Y ENEABS, encontramos que los tubérculos en la cosechadora Kverneland tienen un comportamiento menos elástico y por lo tanto son menos firmes. Por otro lado, comparando las zonas de cada cosechadora, en las variables con diferencias significativas, DEFPER y DEFMAX, observamos que en la zona 2, las patatas son menos firmes que en la zona 1. En la zona 2 éstas atraviesan más elementos de la cosechadora hasta la descarga, sufriendo más golpes. Entre los factores cosechadora y zona tan solo encontramos interacción para la variable DEFMAX.

En la tabla 2, se muestran los resultados del ensayo de impacto para la cosechadora Kverneland y se observan diferencias significativas en las variables FMAX, DEFMAX las cuales indican mayor firmeza de los tubérculos en la zona 1. A pesar de haber diferencias significativas en la variable ENEABS, éstas son solo diferencias estadísticas.

En el análisis de la influencia de las zonas en la cosechadora Grimme, ninguna de las variables presenta diferencias significativas. Esto puede ser debido a que esta cosechadora, a principio de la temporada, era ajustada y regulada utilizando un fruto electrónico. Las zonas de la cosechadora no influyen en la firmeza de los tubérculos.

**Tabla 1.** Resultados del ensayo de impacto según la cosechadora y la zona

Cosechadora	DEFPER (mm)	ENEMAX (J)	DEFMAX (mm)	ENEABS (J)
Kverneland	1,87±0,64 b	0,06±0,00	2,31±0,73 b	0,06±0,00 b
Grimme	1,77±0,17 a	0,06±0,00	1,93±0,16 a	0,00±0,00 a
Sig	*	ns	*	*
Zona	DEFPER (mm)	ENEMAX (J)	DEFMAX (mm)	ENEABS (J)
Zona 1	1,80±0,20 a	0,06±2,12	1,98±0,17 a	0,06±0,00
Zona 2	1,82±0,28 b	0,06±4,04	2,03±0,20 b	0,00±0,00
Sig	*	ns	*	ns
INTERACCIÓN	ns	ns	*	ns

**Tabla 2.** resultado del ensayo de impacto para la cosechadora Kverneland

Zona	FMAX (N)	DEFMAX (mm)	DEFPER (mm)	ENEMAX (J)
Zona 1	57,46±5,61 b	2,00±0,17 a	1,80±0,20	0,06±0,00
Zona 2	56,09±5,68 a	2,06±0,20 b	1,83±0,29	0,06±0,00
Sig	*	*	ns	ns
	ENEABS (J)	DURIMP (ms)		
Zona 1	0,06±0,00 b	4,68±0,70		
Zona 2	0,06±0,00 a	4,80±0,81		
Sig	*	ns		

En la tabla 3, se muestran los resultados obtenidos en los ensayos de compresión. Al comparar las dos cosechadoras, las variables en las cuales existen diferencias significativas, son PC, AC y FC. La cosechadora Grimme presenta valores mayores de las variables de fuerza de compresión (FC), pendiente PC y AC, que indican mayor resistencia en patatas a la compresión. Comparando las zonas de las cosechadoras, no obtenemos diferencias significativas en ninguna variable. Tampoco aparece interacción entre los factores cosechadora y zona.

En el análisis de la influencia de las zonas en la cosechadora Kverneland, tabla 4, la variable con diferencia significativa es DRC indicando que en la zona 1 los tubérculos son más elásticos que en la zona 2. Al igual que ocurriría con el ensayo de impactos no hay diferencias significativas en ninguno de las variables de este ensayo. Este resultado confirma que la cosechadora Grimme estaba bien regulada.

**Tabla 3.** Resultado del ensayo de compresión según la cosechadora y la zona

<b>Cosechadora</b>	<b>PC (N/mm)</b>	<b>AC (Nmm)</b>	<b>FC (N)</b>	<b>DC (mm)</b>
Kverneland	24,85±3,96 b	134,30±29,95 a	126,59±21,08 a	4,95±0,41
Grimme	26,11±3,97 a	152,011±29,52 b	131,99±22,86 b	4,95±0,40
Sig	*	*	*	ns
<b>Zona</b>	<b>PC (N/mm)</b>	<b>AC (Nmm)</b>	<b>FC (N)</b>	<b>DC (mm)</b>
Zona 1	24,88±3,45	129,40±28,18 a	126,62±17,53	4,99±0,01
Zona 2	25,08±3,84	131,86±27,47 a	126,872±21,47	4,95±0,39
Sig	ns	ns	ns	ns
INTERACCIÓN	ns	ns	ns	ns
<b>Cosechadora</b>	<b>TC (s)</b>			
Kverneland	4,95±0,41			
Grimme	4,95±0,40			
Sig	ns			
<b>Zona</b>	<b>TC (s)</b>			
Zona 1	5,00±0,02			
Zona 2	4,95±0,39			
Sig	ns			
INTERACCIÓN	ns			

**Tabla 4.** Resultado del ensayo de compresión para la Cosechadora Kverneland

<b>Zona</b>	<b>FC (N)</b>	<b>DC (mm)</b>	<b>TC (s)</b>	<b>PC (N/mm)</b>
Zona 1	124,57±17,43	4,99±0,01	5,00±0,01	24,49±3,43
Zona 2	125,52±20,08	4,95±0,37	4,96±0,37	24,79±3,62
Sig	ns	ns	ns	ns
	<b>DRC (mm)</b>	<b>AC (Nmm)</b>		
Zona 1	4,00±0,48 b	122,27±25,03 a		
Zona 2	3,87±0,49 a	127,64±25,19 b		
Sig	*	*		

En la tabla 5 se muestra los resultados del ensayo de corte para los dos modelos de cosechadoras, en la cual no existen diferencias significativas para las dos variables. Sin embargo, las diferencias obtenidas en las dos variables, indican mayor firmeza en las patatas en la zona 1 de la cosechadora. En la interacción de los dos factores, cosechadora y zona el valor DCO tiene diferencias significativas.

**Tabla 5.** Resultado del ensayo de corte según la cosechadora y la zona

<b>Cosechadora</b>	<b>PCOMAX (N/mm)</b>	<b>DCO (mm)</b>
Kverneland	8,81±2,90	5,70±2,24
Grime	8,56±2,40	6,03±2,71
Sig	ns	ns
<b>Zona</b>	<b>PCOMAX (N/mm)</b>	<b>DCO (mm)</b>
Zona 1	9,30±3,05 b	6,06±2,27 b
Zona 2	8,71±3,17 a	5,69±2,09 a
Sig	*	*
INTERACCIÓN	ns	*

**Tabla 6.** Resultado del ensayo de corte para la Cosechadora Kverneland

Zona	FCO	DCO (mm)	PDO (N/mm)	ACO (Nmm)
Zona 1	117,69±37,91 b	5,89±2,03	19,86±3,83 b	364,37±231,75
Zona 2	109,71±40,25 a	5,78±2,07	18,76±3,96 a	336,14±201,86
Sig	*	ns	*	ns
Zona	FCOMAX (N)	DCOMAX (mm)	PCOMAX (N/mm)	ACOMAX (Nmm)
Zona 1	166,61±28,93 b	19,12±6,17	9,33±3,17	2273,52±1218,75
Zona 2	161,31±26,00 a	19,21±5,10	8,92±3,29	2170,02±818,57
Sig	*	ns	ns	ns

**Tabla 7.** Resultado del ensayo de corte para la Cosechadora Grimme

Zona	FCO	DCO (mm)	PDO (N/mm)	ACO (Nmm)
Zona 1	131,90±38,01 b	6,58±2,82 b	20,58±3,68	454,63±354,23
Zona 2	109,36±46,95 a	5,33±2,13 a	20,04±4,65	324,16±334,44
Sig	*	*	ns	ns
Zona	FCOMAX (N)	DCOMAX (mm)	PCOMAX (N/mm)	ACOMAX (Nmm)
Zona 1	213,09±35,35	24,38±6,83 a	9,21±2,67 b	3585,10±1321,10 a
Zona 2	209,47±35,74	28,85±10,34 b	7,87±2,45 a	4343,83±2175,29 b
Sig	ns	*	*	*

Para la cosechadora Kverneland (tabla 6), de los parámetros con diferencias significativas, que son: FCO, FCOMAX y PDO indica que en la zona 2 los tubérculos son menos firmes que en la zona 1, lo que es coherente ya que la firmeza disminuye al avanzar, el tubérculo, por los elementos de la cosechadora.

En la tabla 7 se muestra la comparación de zonas de la cosechadora Grimme. Las variables con diferencias significativas, PCOMAX, DCO y DCOMAX muestran una pérdida de firmeza de los tubérculos al pasar de la zona 1 a la zona 2.

A partir de los datos obtenidos en los distintos ensayos para los distintos modelos de cosechadoras, podemos concluir lo siguiente:

1. En Los ensayos de textura, la cosechadora Kverneland muestra más influencia en la textura de los tubérculos que la cosechadora Grimme, dándose una pérdida de firmeza mayor.
2. Al comparar las dos zonas de la cosechadora Kverneland, aparecen diferencias significativas entre ambas, en la zona 2 los tubérculos son menos firmes que en la zona 1.
3. A excepción de ensayo del corte, la cosechadora Grimme no presenta diferencias significativas sobre la textura de las patatas entre ambas zonas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- JARÉN, C. y GARCÍA-PARDO, E., 2002. Using non-destructive impact testing for sorting fruits. *Journal of Food Engineering* 53 (1): 89-95.
- MOHSEENIN, N. N. 1986. *Physical properties of plant and animal materials*. Vol. I. Structure, physical characteristics and mechanical properties. Gordon and Breach Science Publishers. Londres.

# ENSAYO DE TÉCNICAS NO AGRESIVAS CON EL MEDIO AMBIENTE PARA EL CONTROL DE LA SARNA COMÚN DE LA PATATA (*Streptomyces scabies*) EN LA ZONA DE CAMPO BELLO (TERUEL) DENTRO DEL ENTORNO DE LA RESERVA NATURAL DE LA LAGUN DE GALLOCANTA

Borruy Aznar AR<sup>1</sup>, Mula Acosta J<sup>2</sup>.

## SUMMARY

There has been studied the effect of biofumigation (by incorporating fresh lamb manure and subsequent covering with plastic film) on common scab of potato applied in cold areas with sandy loam soils and high pH.

The treatment was done after the harvest of the previous barley crop, at the end of July, remaining the plastic covering the soil for two months.

On the subsequent essay in pots, previous to the field experiment, there was observed a decrease of 58.73% on the scab incidence in the tubers produced in treated soil and the scab index in these was of 1 (less than 5% skin surface affected) whereas, in those produced in non treated soil, 18.18% of the affected tubers were reaching indexes 2 and 3 (from 10% to 25% potato skin surface affected).

In the field experiment, there was observed an increase of 35.56% in total yield (in weight) and a decrease of 52.3% in the scab incidence in biofumigated plots. In these plots, only 15.98% of the affected tubers were reaching the scab indexes 2 and 3, opposite to 43.96% in the non treated plots, where affected tubers with scab index 4 (50% of skin surface affected) were also found.

Translating incidence scab percentages from number of tubers to weight of yield and considering that tubers with scab index 1 could be considered marketable tubers, there was obtained an increase of 120.40% in marketable yield.

**Palabras clave:** *Solanum tuberosum* L., *Streptomyces scabies*, solarización, biofumigación.

## INTRODUCCIÓN

La sarna común de la patata es causada por una bacteria del género *Streptomyces*, perteneciente al grupo de los actinomicetos o bacterias primitivas y se encuentra prácticamente en todas las zonas productoras del mundo (Mishra y Srivastava, 2005); no obstante, esta bacteria encuentra sus condiciones ideales para desarrollarse en zonas frías con suelos ligeros, arenosos, neutros o ligeramente alcalinos (Asscheman y otros, 1996; Pasco y Jouan, 1999).

En una parte del término municipal de Bello, que reúne todas esas condiciones negativas (zona fría, tierras de textura franca a franco-arenosa, bastante pedregosas y con pH elevado), existe una fuerte infestación con bacterias del género *Streptomyces scabies* (Sarna común) de tal modo que en los últimos años de cultivo de patata los tubérculos aparecen sensiblemente afectados sin que hayan surtido efecto las medidas preventivas adoptadas y recomendadas en las principales bibliografías, (intervalos largos de años sin repetir el cultivo, control visual de la semilla para eliminar tubérculos afectados, ma-

<sup>1</sup> Servicio Provincial de Agricultura y Alimentación. Subdirección de Desarrollo Rural. C/ San Francisco nº 1. 44001 TERUEL (España). aborruy@aragon.es

<sup>2</sup> Oficina Comarcal de Agricultura y Alimentación. C/ Melchor de Luzon nº 10. 44200 CALAMOCHA. (TERUEL- España). jmula@aragon.es

nejo adecuado del riego al inicio de la tuberización por ser la fase crítica en que se produce la infestación) (Calderoni, 1978; Asscheman y otros, 1996; Pasco y Jouan, 1999).

Por ello, se pretende estudiar en primer lugar si en esta zona de elevada altitud y veranos cortos la desinfección del suelo mediante solarización y biofumigación puede ser efectiva para controlar la enfermedad, y en caso afirmativo, la rentabilidad del proceso.

## **MATERIAL Y MÉTODOS**

### **Campaña 2005**

Tras la recolección del cereal y el aporte de 41 toneladas por hectárea de estiércol fresco de oveja se regó hasta la saturación, y el día 19 de julio se procedió a cubrir una parcela con plástico transparente de 400 galgas de grosor (figura 1). De acuerdo con la disposición del terreno el plástico se tendió en forma longitudinal, dejando en el centro una franja sin cubrir de 8m de ancho. El ensayo se diseñó con 16 subparcelas, distribuidas en cuatro bloques, la mitad de las cuales quedaron cubiertas de plástico.



**Figura 1.** Parcela solarizada con banda testigo

Dicha parcela estuvo sembrada de cebada, y tras la recolección y previo al estercolado se hizo un muestreo de suelo para efectuar un recuento de la población bacteriana del mismo.

En la época de más calor se midió la temperatura del suelo a 16cm de profundidad, observándose como mínimo una diferencia de 10° C entre el suelo cubierto y el descubierto; llegando en algunos casos hasta los 20° C.

Una vez retirados los plásticos (21/10/05) se realizó otro muestreo de tierra para un nuevo recuento de microbiota, y se recogió tierra de las 16 parcelas para efectuar un ensayo en macetas en invernadero.

### **Campaña 2005-2006**

Tras la realización del proceso de biofumigación en la campaña de 2005, este año se procedió a comprobar la efectividad del tratamiento por tres métodos:

- 1°. Recuento de microbiota para comprobar el efecto del tratamiento sobre la flora bacteriana en general.
- 2°. Ensayo en maceta para obtener un avance de los resultados.
- 3°. Ensayo en campo para corroborar y valorar in situ la efectividad del proceso.

## Recuento de microbiota

Actualmente los métodos utilizados para identificar el actinomiceto *Streptomyces scabies* solo permiten diagnosticar la enfermedad sobre tubérculos afectados (Flores y otros, 2002; Lehtonen y otros, 2004), y a lo más que se puede llegar en campo es a aislar la población de actinomicetos del resto de flora bacteriana (Mishra y Srivastava, 2005). No obstante y ya que la escasez de medios no permitía otra cosa, se consideró que sería interesante conocer como afectaba el tratamiento al conjunto de la población bacteriana

Se hicieron dos muestreos, uno antes de comenzar el tratamiento y el segundo inmediatamente después de retirar los plásticos

Con estos controles se intentó comprobar el efecto bactericida del tratamiento, pero sin poder determinar si había incidido en igual medida sobre las bacterias patógenas que sobre las inocuas o beneficiosas.

Los recuentos fueron llevados a cabo por los técnicos del Centro de Protección Vegetal del Departamento de Agricultura y Alimentación de la D.G.A. de acuerdo con los protocolos por ellos establecidos.

## Ensayo en maceta

Tras la biofumigación y una vez retirado el plástico se tomó tierra de cada subparcela parcela con la que se llenaron tres macetas de plástico de 5 litros por cada una.

En el mes de diciembre de 2005 se puso a prebrotar durante 45 días semilla de patata de la variedad Agría de calibre 28/35 mm que se había controlado visualmente para evitar la presencia de sarna común en la misma. Durante ese tiempo se la mantuvo a una temperatura de 22°C. con iluminación artificial permanente.

El 25 de enero de 2005 los tubérculos prebrotados se plantaron en las macetas que se colocaron en un invernadero de Zaragoza con el fin de acelerar su nascencia y evitar los daños por heladas. El 15 de marzo, pasado el riesgo de heladas, las macetas se trasladaron al exterior (figura 2).



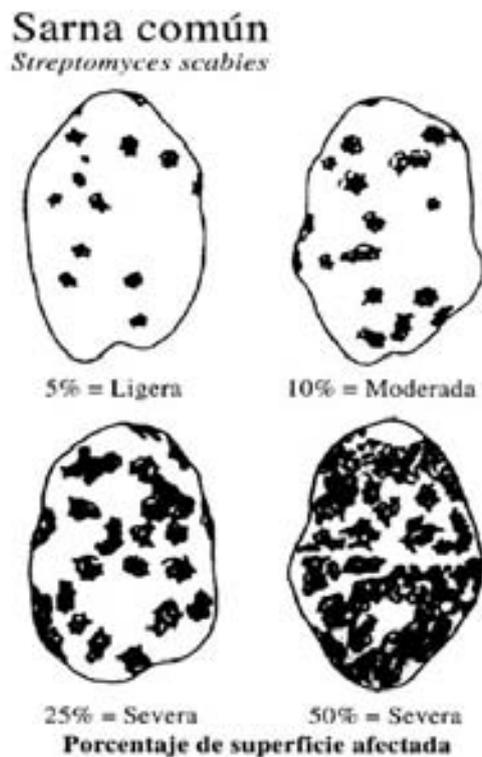
**Figura 2.** Ensayo en macetas

Se abonó con una solución N P K disuelta en el agua de riego en dosis similar a la fertilización en campo, fraccionando su aplicación en los riegos dados hasta la floración.

A los 140 días de la plantación, con las matas totalmente secas, se recogieron los tubérculos producidos para evaluar los resultados de incidencia e índice de sarna.

La incidencia de sarna se calculó como porcentaje de tubérculos afectados.

El índice de sarna se evaluó con una escala de 0 a 4 (figura 3): 0.- Libre de sarna; 1.- Ligera. 5% de la superficie afectada; 2.- Moderada. 10% de la superficie afectada; 3.- Severa. 25% de la superficie afectada; 4.- Muy severa.- 50% de la superficie afectada.



**Figura 3.** Índice de sarna

### Ensayo de campo

El 19/04/06 se procedió a la plantación del campo donde se había realizado la biofumigación, con semilla certificada de patata Agria de calibre 35/50, con una densidad de 49.383 golpes por hectárea (figura 4).

Se utilizaron las prácticas culturales técnicamente correctas para las condiciones agroclimáticas, destacando que el riego fue por aspersión, con un total de 21 riegos de duración variable con lo que se consiguió mantener la humedad del suelo en niveles óptimos sin provocarestrés hídrico en las plantas.



**Figura 4.** Ensayo de campo

La recolección se llevó a cabo el 5/10/06 recogiendo separadamente cada una de las 16 subparcelas.

La producción de cada parcela se pesó, contándose el número de tubérculos y clasificándolos según su índice de sarna; De ese modo se pudo calcular la producción obtenida, el índice de sarna y la incidencia de la misma

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Recuento de microbiota

En los recuentos se encontró una cierta uniformidad en la distribución del número de colonias por todo el campo antes de iniciar el tratamiento, y tras la retirada del plástico un aumento de este número en las parcelas testigo (posible resultado de la incorporación de estiércol) y una disminución en las parcelas biofumigadas, pero sin poder saber si estas variaciones habían influido en la misma proporción a todos los tipos de bacterias.

### Ensayo en maceta

Este ensayo nos permitió obtener un avance de resultados 120 días antes de que se recolectase el ensayo de campo (figura 5).

Los resultados mostraron respecto a la incidencia de sarna que en las parcelas testigo el 42'14% de los tubérculos estaban afectados, frente solo el 17'39% de los tubérculos de las parcelas biofumigadas.



**Figura 5.** Producción tubérculos de ensayo en macetas

En cuanto al índice de sarna en las parcelas tratadas los tubérculos estaban sanos (índice 0) o no tenían mas del 5% de la superficie afectada (índice 1), mientras que en las parcelas testigo aparecieron tubérculos con valores 2 y 3 del índice, es decir con el 10% y el 25% de la superficie con sarna.

### Ensayo de campo

El primer efecto del tratamiento de biofumigación que se observó en el campo fue en el momento de la retirada del plástico, pues mientras la banda testigo estaba totalmente cubierta de vegetación, la zona que había permanecido cubierta estaba prácticamente limpia, lo cual nos indicó que la temperatura

alcanzada fue suficiente para destruir la mayor parte de las semillas de ricio y flora arvense existente en el suelo.

La producción total se incrementó en un 36% en las parcelas biofumigadas (45379 kg/ha frente a 33 476 kg/ha).

Igualmente se observó que la incidencia de sarna fue del 36'3% en el suelo biofumigado frente al 76'2 en el suelo testigo, y comparando las producciones índice por índice se vio que los porcentajes son siempre mayores en el testigo sin tratar siendo significativamente mayores en los índices 2 y 3 (figura 6); además, si se considera que en la práctica los tubérculos de índice 1 son aptos para comercializar, la incidencia de sarna quedaría reducida al 5'8% en el suelo tratado frente al 33'5% en el suelo testigo.



**Figura 6.** Índice de sarna 3

Trasladando esos porcentajes de incidencia a la producción en peso en vez de al número de tubérculos nos encontramos con que el 93'2% de la producción de la parcelas tratadas era comercial (42573 kg/ha) frente a sólo el 57'7% de la producción testigo (19316 kg/ha).

**Tabla 1.** Ensayo de campo. Incidencia e índice de sarna

	Producción (kg/ha)		Incidencia de sarna	Índice de sarna			
	Total	Comercial		1	2	3	4
Suelo biofumigado	45679	42573	36.3%	30.5%	4.9%	0.9%	0.0%
Suelo testigo	33476	19316	76.2%	42.7%	23.1%	9.7%	0.7%

## CONCLUSIONES

Los resultados se consideran bastante prometedores. La rentabilidad económica se favorecerá con la mecanización del proceso de colocación y retirada de las bandas de plástico, que manualmente es harto engorroso y con una optimización del aprovechamiento agrícola de las parcelas tratadas rompiendo la alternativa tradicional de un año de cultivo de patata seguido de tres a siete años de monocultivo de cereal con la introducción de otros cultivos hortícolas extensivos.

Igualmente se considera interesante y se abordará en años próximos el estudio de otros posibles métodos de control de la sarna común como son los aportes de materia orgánica, en especial en forma de abonos verdes.

## AGRADECIMIENTOS

Nuestro agradecimiento a D. Rafael González Torres, investigador del Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria del Departamento de Ciencia y Tecnología del Gobierno de Aragón por su ayuda a la hora de plantear y planificar las diferentes fases del ensayo. A D. Juan José Barriuso Vargas, profesor de la Escuela Politécnica Superior de Huesca de la Universidad de Zaragoza por su aportación en los aspectos prácticos de la técnica de colocación de plásticos y a D. Miguel Cambra Álvarez ingeniero del Centro de Protección Vegetal del Departamento de Agricultura y Alimentación del Gobierno de Aragón por sus consejos y todo su trabajo de identificación y conteo de microbiota.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSCHEMAN E., BRINKMAN H, BUS C.B, VAN DELFT M, HOTSMA P.H, MEIJERS C.P, MULDER A, TURKENSRTTEEN L.J, WUSTMAN R. y VAN DER ZAAJ E., 1996. Bacterial diseases. Common scab. *Potato diseases. Diseases, pest and deffects* (55-56). NIVAA, Holanda.
- CALDERONI A. V., 1978. Enfermedades causadas por bacterias. Sarna común. *Enfermedades de la papa y su control*(10-12). Editorial Hemisferio Sur. Buenos Aires.
- FLORES R., VELASCO I, ANDUJAR E, ORTEGA N. G. y MONTES F., 2004. Detección y caracterización de los *Streptomyces* causantes de sarna común en la patata de siembra importada del norte de Europa. *XII Congreso de la Sociedad Española de Fitopatología*. Lloret de Mar.
- LEHTONEN M.J., RANTALA H, KREUZE J.F, BANG H, KUISMA L, KOSKI P, VIRTANEN E, VIHLMAN K. y VALKONEN J. P.T, 2004. Occurence and survival of potato scab pathogens (*Streptomyces* species) on tuber lesions: quick diagnosis based on a PCR-based assay. *Plant Pathlogy Journal* 53, 280-287.
- MISHRA K .K. Y SRIVASTAVA J. S., 2005. Soil amendments to control common scab of potato. *Potato Research* 47 (2004/5) 101-109.
- PASCO C., Y JOUAN B., 1999. Sarna común de la patata (*Streptomyces scabies*; *Streptomyces* sp.). *La patata* (271-276). Editorial Mundi Prensa. Madrid

# EVALUACIÓN DE DIFERENTES MODELOS DE PREDICCIÓN DE ATAQUE DE ALTERNARIA EN UN CULTIVO DE PATATA DE “A LIMIA”

Escuredo O, Rodríguez-Rajo J e Iglesias I

*Departamento de Biología Vegetal y Ciencias del Suelo, Universidad de Vigo, Facultad de Ciencias, “As Lagoas”, Ourense 32004, España. e-mail: misabel@uvigo.es*

## INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo se ha llevado a cabo un estudio de esporas tipo *Alternaria* en un cultivo de patata durante los años 2004, 2005 y 2007. Los conidios pertenecientes a este tipo esporal, son causantes de alternariosis, enfermedad con gran influencia en nuestra área de estudio y que provoca una defoliación prematura, ocasionando con ello bajos rendimientos del cultivo y hasta el momento actual no está incluida dentro de los calendarios de tratamiento habituales para esta zona.

La patata es uno de los motores económicos más importantes de la región de “A Limia”, con una producción anual de aproximadamente 5 millones de kilos y que cuenta con el distintivo de Indicación Geográfica Protegida (*Pataca de Galicia*).

“A Limia” está situada en la parte central de la provincia de Orense y presenta una altitud media de 640 m sobre el nivel del mar. Se trata de una de las unidades territoriales más definidas de Galicia ya que está constituida básicamente, por una depresión rellena de sedimentos que en otro tiempo estaba ocupada en su parte central por la Laguna de Antela. La red hidrográfica, alrededor del río Limia, que cruza todo el ayuntamiento con escasa pendiente que dificulta el drenaje, por lo que en invierno es frecuente ver zonas encharcadas. El nivel freático, cerca de la superficie del suelo, está regulado por canales y sistemas de compuertas. Se aplica regadío en casi toda la superficie cultivada.

Debido a su situación geográfica y la altitud, el clima de la comarca de “A Limia” presenta características oceánicas y mediterráneas, con tendencia a la continentalidad. Las características oceánicas se observan en las precipitaciones (desde 867 hasta 1.237 mm anuales) y en la suavidad de las temperaturas en el período estival. Las características mediterráneas se ponen de manifiesto en la sequía estival (desde 126 hasta 146 mm) y, por último, la continentalidad se hace patente en la elevada temperatura media anual (entre 13 y 13.7 ° C), según los datos obtenidos como media normalizada (Carballeira y col., 1983).

La distribución anual de las precipitaciones presentan en un contraste entre los meses más lluviosos (diciembre y enero con precipitaciones que oscilan entre 112.2 mm y 130.6 mm mensuales) y los de la estación seca, en la que destacan los meses de julio y agosto (entre 18.5 mm y 25.6 mm mensuales).

Como resultado de los tipos de invierno y verano y del régimen de humedad aplicados a los datos termopluviométricos normales de la estación de Xinzo de Limia, el tipo climático definido por la clasificación de Papadakis es Mediterráneo Templado fresco (te, Pa- ME).

## MATERIAL Y MÉTODOS

Para la realización de este trabajo se ha utilizado un captador volumétrico tipo Hirst (Hirst, 1952). Dicho captador se encuentra ubicado en la localidad de Damil, en la comarca de “A Limia”. Para la toma de muestras y recuento del contenido de conidios en la atmósfera se ha seguido la metodología propuesta por Domínguez y col. (1992). Los datos meteorológicos se han obtenido mediante un registrador automático HOBO PROSERIES HO8-032-08 con sensores de temperatura y humedad relativa.

Se han comprobado diferentes modelos de predicción de *Alternaria* basados tanto en la temperatura como en la humedad relativa, ya que estos son dos parámetros clave para el desarrollo de patógenos vegetales en nuestra área de estudio. Los modelos a los que se hace referencia son:

Modelo de días propicios (P-Days): Los autores de este modelo determinan que un día con un valor mayor a 300 P-Days se considera un día idóneo para la producción de esporas tipo *Alternaria*. Este modelo asume como temperatura óptima para el desarrollo del patógeno los 21° C, siendo la temperatura mínima para el mismo de 7° C y la temperatura máxima 30° C (Gent y Schwartz, 2003). Tiene en cuenta los valores alcanzados por la temperatura máxima y mínima, alcanzando un valor de P-Days respondiendo a la fórmula  $P\text{-Days} = \{1/24\{(5PT_{\min}) + (8P(2/3T_{\min} + 1/3T_{\max})) + 8P(2/3T_{\max} + 1/3T_{\min}) + (3PT_{\max})\}$ . El Valor de P asuma tres valores:

$$\begin{aligned} T_{\text{med}} < 7^{\circ}\text{C} &\rightarrow P=0 \\ 7^{\circ}\text{C} \leq T_{\text{med}} \leq 21^{\circ}\text{C} &\rightarrow P=10\{1-(T_{\text{med}}-21)^2/21-7)^2\} \\ 21^{\circ}\text{C} \leq T_{\text{med}} \leq 30^{\circ}\text{C} &\rightarrow P=10\{1-(T_{\text{med}}-21)^2/30-21)^2\} \end{aligned}$$

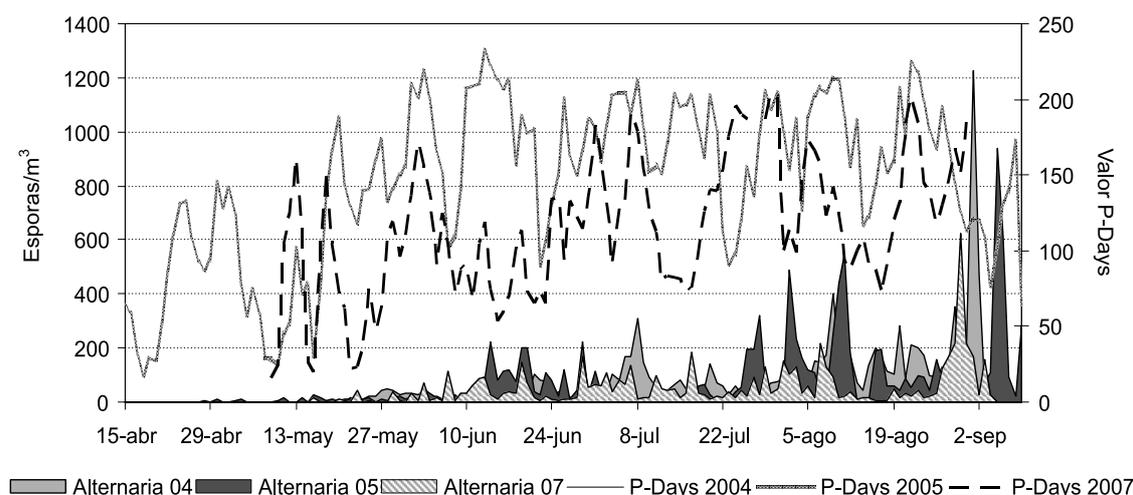
Modelo de acumulación de Días Desfavorables (DD): Tiene en cuenta los valores de la temperatura máxima y mínima, estableciéndose como referencia los valores de 361 unidades en San Luis Valley, y en el Noroeste del Estado de Colorado 625 unidades (Gent y Schwartz, 2003). El valor de DD viene determinado por la diferencia entre la temperatura máxima y la mínima, restándole el valor considerado como mínimo para el desarrollo de *Alternaria*. Responde a la fórmula:

$$DD = (T_{\text{max}} - T_{\text{min}}) / 2 - 7^{\circ}\text{C}.$$

Modelo de períodos de humedad interrumpidos (IWP): Considera a la humedad relativa fundamental para el desarrollo y dispersión de las esporas de *Alternaria*. Se considera un día IWP cuando este parámetro en el período nocturno es mayor del 95% durante 6 horas consecutivas, y en el período diurno existen 6 horas o menos con una humedad relativa inferior al 80%, durante 6 días consecutivos (Van der Waals y col., 2003).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las variaciones de las concentraciones atmosféricas de *Alternaria* están influenciadas por los parámetros meteorológicos registrados (Troutt y Levetin, 2001). Los tres años de estudio fueron meteorológicamente diferentes, dado que los dos primeros años contaron con veranos cálidos y secos, mientras que en el año 2007 las precipitaciones fueron abundantes y la temperatura media más baja de lo habitual para esta época.



**Figura 1.** Valores P-Days durante los tres años de estudio

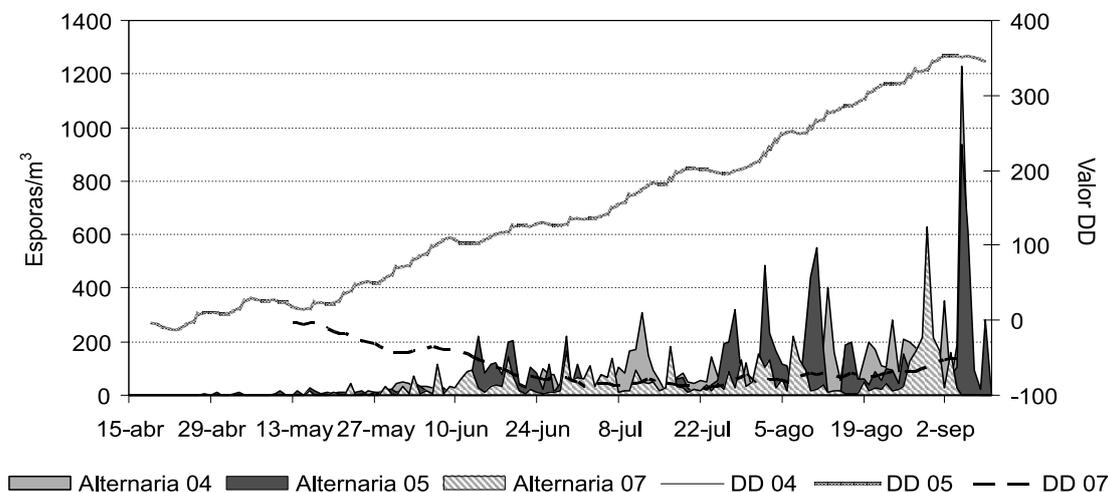
Según Hebert (2002), la temperatura óptima para el desarrollo de conidióforos y conidias de *Alternaria* está entre 19-23 °C, por eso, como veremos con la aplicación de los modelos, la campaña del 2005

fue aquella en la que las concentraciones fueron más elevadas con 12.230 esporas frente a 9.446 y 6.029 esporas en los años 2004 y 2007 respectivamente.

Según los datos con los que contamos para nuestra zona de estudio, se ha llevado a cabo una adaptación del modelo de P-Days, propuesto por el autor anteriormente mencionado que determina los ataques de *Alternaria* con un valor de 300 P-Days, a un rango comprendido entre 150-175 unidades acumuladas (Figura 1).

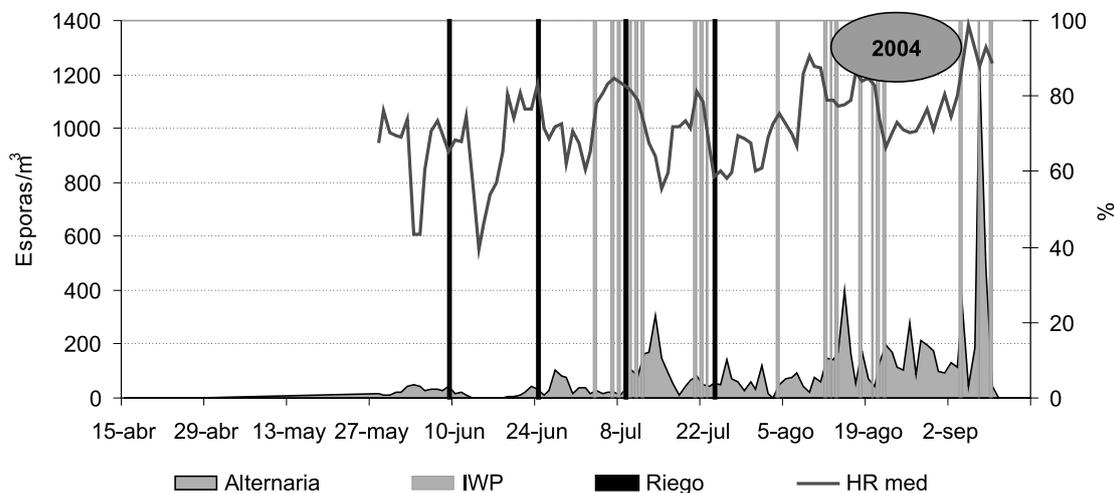
Existe una similitud durante las campañas 2004 y 2005, con valores superiores a 150 unidades se predicen los principales picos, en cambio en el año 2007, las concentraciones de *Alternaria* son bajas y por tanto el valor de P-Days en escasas ocasiones supera el valor de 150.

Según los autores del modelo de Acumulación de Días Desfavorables, los valores acumulados necesarios para que exista un ataque de *Alternaria* se fijan en 300 unidades DD. En nuestra zona de estudio estos valores solo se alcanzan en momentos previos a la recolección del tubérculo durante los dos primeros años de estudio, por ello, consideramos que este modelo es inapropiado para nuestra zona, y por tanto, sería necesario tener en cuenta valores a partir de las 50 unidades para predecir un posible ataque de *Alternaria* (Figura 2). Sin embargo en el año 2007, este modelo registra valores negativos durante todo el periodo de cultivo, siendo este inapropiado para nuestra área de estudio.

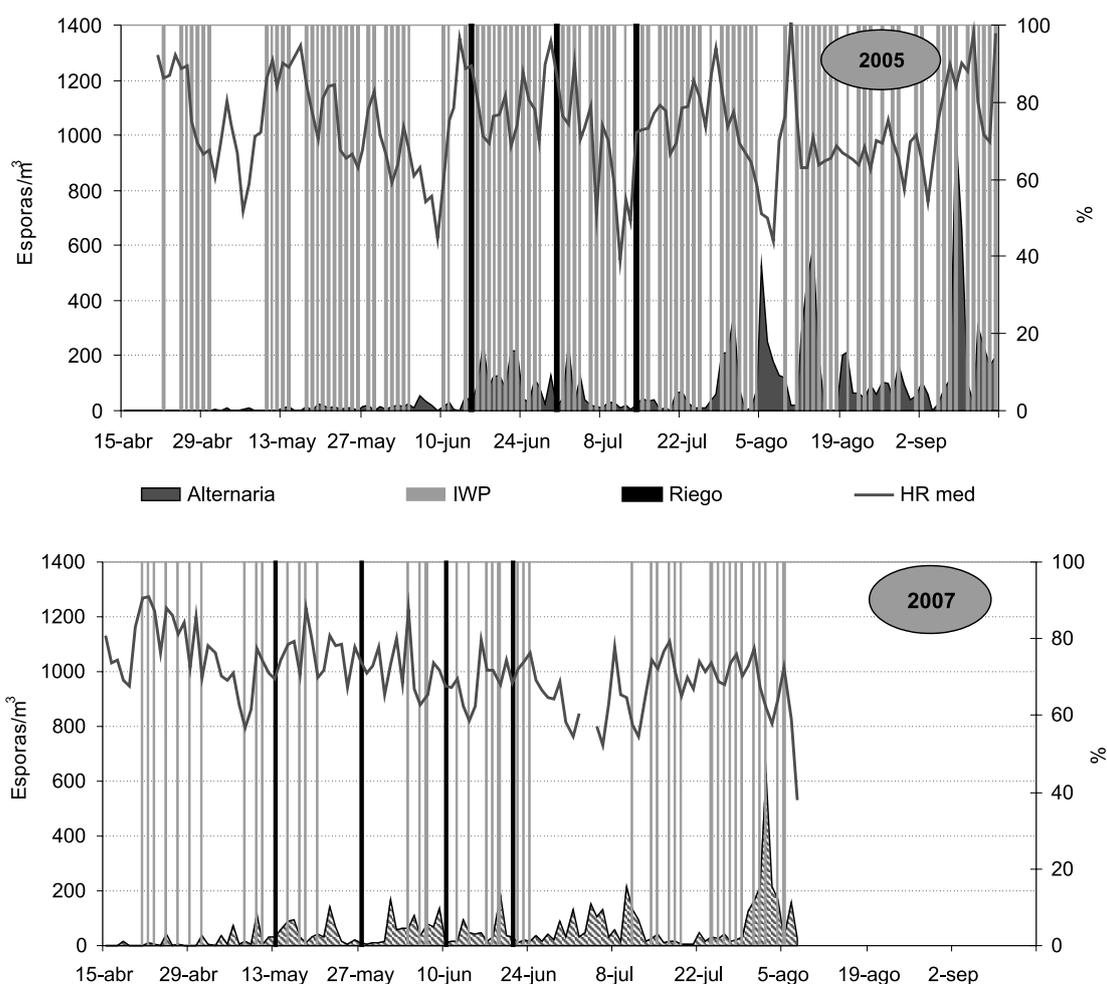


**Figura 2.** Valores DD en los tres años de estudio

El modelo de Períodos de Humedad Interrumpidos marcado por los autores se cumpliría únicamente en el año 2005, mientras que para los años 2004 y 2007 sería necesario bajar los requerimientos de humedad relativa a tres días consecutivos para predecir un ataque masivo del patógeno, debido a que las oscilaciones de humedad relativa son en ambos años poco importantes (Figura 3).



**Figura 3.** Valores IWP para los tres años de estudio



**Figura 3 (cont.).** Valores IWP para los tres años de estudio

## CONCLUSIONES

*Alternaria* representa una parte importante del espectro de fitopatógenos del ambiente en un cultivo de patata, llegando a superar un 35% sobre el total de patógenos.

Las concentraciones de esporas de *Alternaria* fueron inferiores en el 2007 con respecto a las campañas anteriores, debido a las escasas oscilaciones de humedad relativa y las temperaturas medias más bajas, motivo por el cual el crecimiento del hongo se ve interrumpido.

De los modelos de predicción para *Alternaria* testados, consideramos que el más apropiado para nuestra área de estudio es el IWP, dado que se puede predecir con varios días de antelación un posible ataque desde el inicio hasta el final del cultivo.

A la vista de los resultados obtenidos consideramos necesario la inclusión de la alternariosis dentro de los calendarios de tratamientos fitosanitarios establecidos para este cultivo.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a Don José Enríquez y al equipo de Droguería Agrícola por su inestimable colaboración para el desarrollo de este estudio.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CARBALLEIRA, A., DEVESA, C., RETUERTO, R., SANTILLANE, C., y UCIEDA, E. 1983. Bioclimatología de Galicia. Fund. Barrié de la Maza, La Coruña:391.
- DOMÍNGUEZ, E.; INFANTE, F.; GALÁN, C. y VILLAMANDOS, F. (1991). Handling and evaluation of the data from the aerobiological sampling. *Monografías REA*, 1:1-18.
- GENT D. H. y SCHAWARTZ H. F. 2003. Validation of Potato Early Blight Disease Forecast Models for Colorado Using Various Sources of Meteorological Data. *Departament of Bioagricultural Scienses and Pest Management*. Colorado State University.
- HEBERT, M. Sc. 2002. Manual de las Enfermedades más importantes de la papa en el Perú. *Centro internacional de la Papa (CIP)*. Lima. Perú.
- HIRST, J. M. 1952. An automatic volumetric spore trap. *Annals of Applied Biology*, 39, 257–265.
- TROUTT C. y LEVETIN E. 2001. Correlation of spring spore concentrations and meteorological conditions in Tulsa, Oklahoma. *Int. J. Biometeorol.*45(2):64-74
- VAN DER WAALS, J. E.; KORSTEN, L.; AVELINO, T. A. S. y DENNER, F. D. N. 2003. Influence of environmental factors of *Alternaria solani* conidia above a South African Potato crop. *Phytoparasitica*, 31(4): 353-364.

# FLUCTUACIÓN POBLACIONAL DE MOSCA MINADORA *LIRIOMYZA HUIDOBRENSIS* (DÍPTERA: AGROMYZIDAE) EN CULTIVOS DE PAPA DE PUEBLO LLANO, ESTADO MÉRIDA, VENEZUELA

Niño L, Prieto L, Santiago V y Acevedo E.

Avda Urdaneta, Edif. INIA. Mérida. Estado Mérida. Venezuela. Inino@inia.gob.ve

## INTRODUCCIÓN

El Municipio Pueblo Llano se destaca como una de las principales zonas productoras de papa en el estado Mérida, con una producción de 96.435,63 toneladas en el año 2006, (MPPAT 2007), también es considerado una de las zonas más importantes de producción de papa en Venezuela.

El manejo intensivo del cultivo de papa en esta zona, así como el uso excesivo de insecticidas químicos para el control de otras plagas, como la polilla de la papa *Tecia solanivora*, ha contribuido a incrementar la incidencia de mosca minadora *Liriomyza huidobrensis* Blanchard (Díptera: Agromyzidae) según las observaciones realizadas en los últimos años.

Las larvas de mosca minadora se alimentan del mesófilo de la hoja formando galerías o minas que causan la necrosis del tejido. Los adultos, específicamente la hembra realiza picaduras en las hojas para su alimentación o para oviponer, que también afectan el follaje. Cuando hay ataques fuertes de *L. huidobrensis* se produce desecación, marchitamiento y caída prematura de las hojas, con las consiguientes pérdidas de rendimiento.

Para el manejo integrado de esta plaga es fundamental conocer aspectos de su biología y dinámica poblacional entre otros, este trabajo presenta información sobre la fluctuación poblacional de adultos de mosca minadora *L. huidobrensis* en cultivos de papa en Pueblo Llano, en el año 2006.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La primera actividad se realizó entre el 02 de febrero al 18 de mayo del 2006, las localidades bajo estudio fueron Las Agujas 2312 m, El Chinó 2127 m y Motus 2 431 m, tres sectores ubicados en la zona media del Municipio Pueblo Llano, durante el ciclo de desarrollo de plantas de papa, variedad Granola, establecidas en parcelas de productores con un área aproximada de 2000 m<sup>2</sup>.

Para la segunda actividad, el período de evaluación corresponde a los registros de captura en trampas amarillas adhesivas desde febrero a diciembre del 2006, en parcelas ubicadas en la localidad Las Agujas del Municipio Pueblo Llano. El estudio se realizó en parcelas dedicadas a la producción comercial de papa, variedad Granola, a una altitud comprendida entre 2 312 a 2 327 metros.

Se emplearon trampas de color amarillo elaboradas con plástico amarillo de 21 x 21 cm de longitud por cada lado. El área total de captura fue de 882 cm<sup>2</sup> teniendo en cuenta ambos lados de la trampa. La superficie del plástico se cubrió con sustancia adhesiva o pegamento para la captura de los adultos que son atraídos por el color amarillo. En cada parcela se colocaron dos trampas dentro del cultivo de papa, a la altura del nivel superior de las plantas. Las evaluaciones se realizaron semanalmente en el Laboratorio de Entomología del Instituto de Investigaciones Agrícolas del estado Mérida, se contaron los adultos de mosca minadora adheridos en un área de 28 cm<sup>2</sup> por cada lado, luego se realizó el cálculo para toda el área de la trampa.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la localidad de Las Agujas se registraron las mayores capturas de la plaga con 22440 individuos, mientras que en El Chinó y Motus las capturas fueron de 16993 y 13614 adultos respectivamente. Las curvas de capturas de adultos de mosca minadora por semana fueron semejantes en las tres localidades. En todas las parcelas, al momento entre la emergencia uniforme del cultivo de papa y el pleno desarrollo vegetativo se observó un incremento de la cantidad de adultos capturados en las trampas amarillas, con valores entre 20 hasta 84 adultos/trampa/día, luego decrece y posteriormente vuelve a incrementarse en la fase de madurez, que corresponde al período entre el máximo desarrollo del follaje y la senescencia de la planta, en los días previos a la cosecha, cuando se ha completado el desarrollo de los tubérculos.

La densidad poblacional de la plaga en las tres parcelas se considera de baja a moderada en el período de tuberización, probablemente por el efecto de la aplicación de insecticidas químicos, aunque no se descarta la influencia de otros factores, que permitió que la variedad Granola obtuviese rendimientos entre 25, 22 y 20 t/ha en las localidades de Las Agujas, El Chinó y Motus respectivamente.

En los registros de fluctuación poblacional de adultos de mosca minadora realizadas durante febrero a diciembre del año 2006 en la localidad de Las Agujas se observó que las mayores capturas ocurrieron en los meses de mayo, junio, julio, noviembre y diciembre con valores entre 79 y 141 adultos/trampa/día respectivamente, con un promedio de captura total de 117.746 adultos/trampa durante todo el período de evaluación.

Estos resultados coinciden con los señalados por Salas et al(1992) para la zona productora de papa en el estado Lara, donde se incrementó la población de adultos de mosca minadora en el mes de junio con un máximo de 828 adultos/trampa/día, siendo estos valores más altos que los registrados en Pueblo Llano, se asocia a la precipitación como el factor climático que influyó en la mayor densidad poblacional de este insecto.

En Costa Rica, también se ha señalado que la mayor infestación de adultos se produce en la estación lluviosa ó cuando se alternan condiciones climáticas secas con lluvias, provocando alta humedad relativa y mayor temperatura, propiciando los ataques más severos de la plaga entre mayo, junio, octubre y noviembre, en localidades ubicadas a altitudes inferiores a 2400 m. (Rodríguez 1997).

En Pueblo Llano, las condiciones climáticas permiten entre dos a tres ciclos de plantación de papa por año con un buen balance hídrico para el cultivo. No obstante, ésta disponibilidad de alimento para la plaga; así como, el uso excesivo de insecticidas químicos de alta toxicidad pueden contribuir a establecer a la mosca minadora como una plaga de importancia económica por pérdidas de rendimiento, incremento de costos de producción y resistencia a insecticidas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- MINISTERIO DEL PODER POPULAR PARA LA AGRICULTURA Y TIERRAS. 2007. Potencialidades agrícolas del estado Mérida. Año 2006. Mérida. 23 p.
- RODRÍGUEZ C. 1997. La investigación en *Liriomyza huidobrensis* en el cultivo de papa en Cartago, Costa Rica. Manejo Integrado de Plagas. 46: 1-8.
- SALAS J., ÁLVAREZ C., PARRA A., MENDOZA O. 1992. Manejo integrado de insectos plagas en el cultivo de la papa en el Estado Lara, Venezuela. FONAIAP. PRACIPA. Asociación de Horticultores del Estado Lara. 66 p.

# **GENÓMICA**

# CONSTRUCCIÓN Y EXPLOTACIÓN DE UN MAPA DEL TRANSCRIPTOMA DE LA PATATA

Ritter E, Ruiz de Galarreta JI, Hernandez M y Sánchez I

*NEIKER-Tecnalia Instituto Vasco de Investigación y Desarrollo Agrario, Apartado 46, E-01080 Vitoria-Gasteiz, España*

## INTRODUCCIÓN

Tradicionalmente, los marcadores utilizados para mapeo genético y análisis de QTL en patata han sido marcadores neutros que identifican ADN genómico. Las distancias de ligamiento genético a QTLs y las variaciones en las configuraciones alélicas restringen el uso de estos marcadores a entornos genéticos específicos. Lo realmente interesante sería detectar directamente los genes que influyen en caracteres de interés y poder analizar y comparar los efectos de sus diferentes alelos. Este tipo de marcadores podrían ser aplicados directamente en la selección asistida, independiente del entorno genético y serían muy útiles para establecer mapas funcionales (Ritter et al. 2005).

La técnica cDNA-AFLP es similar a la técnica estándar de AFLP, pero utiliza cDNA de doble cadena obtenido a partir de mRNA, en lugar de ADN genómico. Debido a que los TDFs (Transcripts Derived Fragments) obtenidos son parte del cDNA y por lo tanto forman parte de la región codificante del genoma, es posible monitorizar la expresión diferencial de genes, utilizando poblaciones apropiadas de mRNAs. Las variantes alélicas de genes expresados constitutivamente, pueden generar fragmentos polimórficos de cDNA-AFLP que segregan en la progenie y por lo tanto pueden ser utilizados como otro tipo de marcadores para generar mapas de ligamiento. Se ha construido un mapa del transcriptoma de patata a partir de genes expresados constitutivamente usando la técnica cDNA-AFLP (Ritter et al., 2008). Asimismo, se han proyectado QTLs publicados anteriormente relacionados con genes de resistencia y genes de calidad en el mapa de referencia y se han analizado los cDNAs co-localizados.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Se utilizaron los progenitores (SH, RH) y los genotipos de la progenie del mapa ultra denso (SH83-92-488 × RH89-039-16) para mapeo de genes candidato, tal como describe Van Os et al. (2006). Se utilizó la técnica de cDNA-AFLP descrita detalladamente por Breyne et al. (2003). Los productos de amplificación fueron desnaturalizados y separados en geles desnaturalizantes de poliacrilamida (19:1) al 6 %. Los fragmentos amplificados fueron visualizados mediante el sistema de análisis de fragmentos LICOR DNA-4200-S1.

Se aislaron y reamplificaron los transcriptos expresados diferencialmente aplicando una metodología estándar. Posteriormente, los fragmentos reamplificados se purificaron, clonaron y secuenciaron. Se realizó un análisis de secuencia mediante comparación con secuencias publicadas en la base de datos NCBI.

Para la proyección de QTLs y marcadores se consultaron numerosas publicaciones y bases de datos relevantes que tratan estudios de QTLs en patata. Se proyectaron QTLs y genes de resistencia descritos anteriormente, sobre el mapa de referencia de patata, basado en intervalos de marcadores comunes en diferentes mapas (Ritter y Salamini, 1996). Los productos de amplificación fueron tratados mediante presencia/ausencia. Para el desarrollo del mapa de ligamiento se siguió la metodología descrita por Ritter y Salamini (1996).

## RESULTADOS

Se ha construido un mapa de ligamiento integrado del transcriptoma de patata basado en la técnica cDNA-AFLP. El mapa tiene una longitud de alrededor de 800 cm y contiene casi 700 TDFs. Al mismo tiempo la mayor parte de estos marcadores se anclaron a los bins del mapa de referencia ultradenso de patata, combinando de este modo la información proporcionada por diferentes tipos de marcadores.

**Tabla 1.** Ejemplos de TDFs que están co-localizados con QTLs de resistencia publicados en el mapa ultra denso de la patata

COD	CR	TDF	Homologías		Función	QTL co-localizado
			Accesión	Valor -E		
C1	I	AseCC/TaqTA_240	NP191196	1E-36	LRR transmembrane protein kinase	Eca 1 / Ins-1
C10	IV	AseAG/TaqGT_206	AB054811	2E-17	PR-3 class IV chitinase	Gpa4
C13	V	AseAC/TaqGG_124	AJ880395	3E-22	POD (Peroxidase) Oxidoreductase	PiFTve-5a
C14	V	AseAT/TaqGA_218	AAF74983	2E-79	MS (Methionine synthase)	GpaS2
C32	X	AseAC/TaqGG_128	BAA01715	4E-17	Serine/threonine protein kinase	Eca-10b
C33	XI	AseAC/TaqAC_146	AAB18985	4E-18	STNR2 (NADH nitrate reductase)	Eca-11b
C35	XII	AseGA/TaqTA_263	CAB37451	5E-25	NBS protein	Gpa2/ Pi-12/Rx1
C37	XII	AseAT/TaqCA_135	AAD27874	2E-27	Class III chitinase	GpaM3
C38	XII	AseCC/TaqCG_228	AAD27874	6E-35	Class III chitinase	Gpa2-12

COD=Código, CR=cromosoma

Además, se detectaron y confirmaron un elevado número de fragmentos alelicos con este tipo de marcadores, que estaban presentes en la casi mitad de todas las combinaciones de cebadores e implicaron alrededor del 20% de todos los fragmentos. Estas propiedades fueron particularmente útiles para establecer puntos de anclaje para la integración de los mapas individuales de ligamiento de los progenitores.

Comparando el perfil de expresión obtenido entre material vegetal diferente, se observó que solo se detectaban unos pocos TDFs adicionales a partir de hojas maduras o tuberculos con respecto a el análisis de plantas *in vitro* completas.

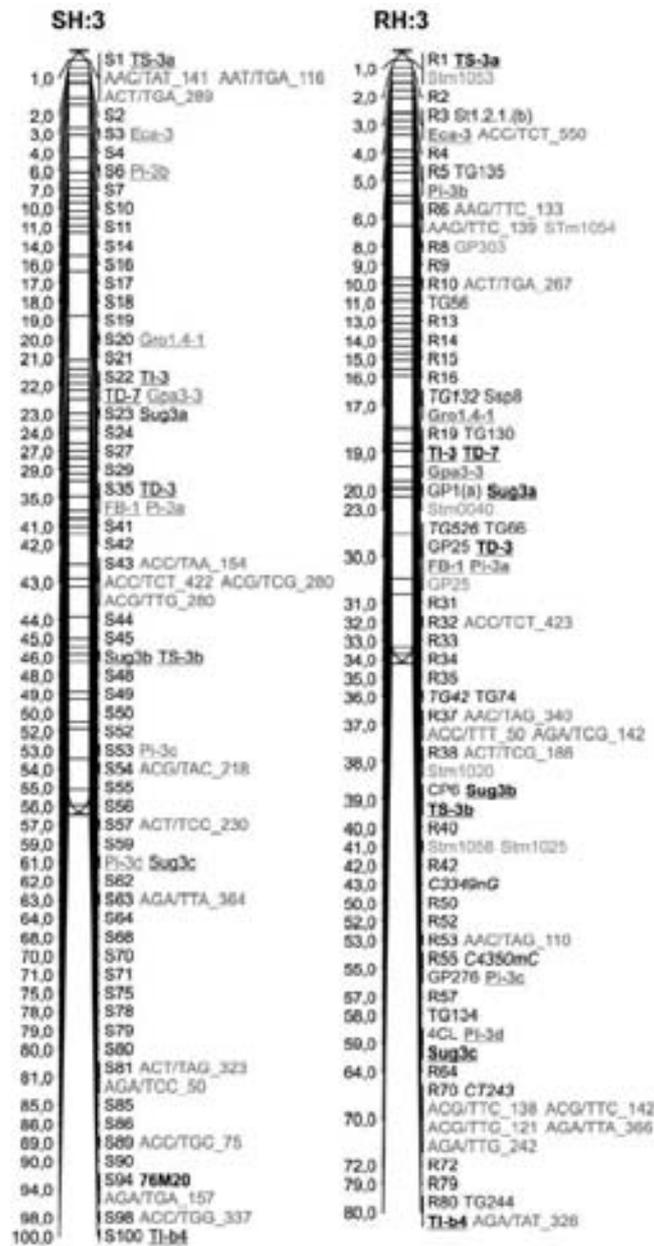
En varios casos se observó que TDFs que co-migraban en diferentes especies de *Solanum* silvestres, siempre representaban alelos potenciales basándose en el elevado nivel de homología presente entre ellos.

Para la colocación entre QTLs y TDFs se utilizaron un total de 249 QTLs publicados obtenidos de 48 publicaciones y diferentes entradas de la base de datos Sol Genes Database. Los QTLs utilizados fueron proyectados sobre 184 loci. Estos loci estaban relacionados con 144 QTLs de resistencia y 76 loci relacionados con la calidad y otros caracteres de interés. Se detectaron 37 loci relacionados con QTLs de resistencia a *P. infestans* y 17 loci para *Globodera* sp.. Se detectaron 147 TDFs ligados íntimamente, variando entre 5 y 24 TDFs por grupo de ligamiento. Muchos TDFs estaban ligados a QTLs detectados para *Erwinia* sp. (58) y (57) QTLs para *P. infestans*, seguido de 21 TDFs co-localizados con QTLs de resistencia frente a nematodos.

Se aislaron, clonaron y secuenciaron 38 TDFs co-localizados con QTLs de resistencia. Se detectaron algunas homologías de interés con genes de resistencia conocidos. En muchos casos se detectaron también homologías con genes de respuesta a estrés.

## DISCUSIÓN

La proyección de fragmentos de cDNA-AFLP correspondientes a genes expresados constitutivamente sobre el mapa ultra denso de patata permitió un análisis de co-localización entre QTLs y TDFs. Los marcadores TDF tienen generalmente un significado biológico determinado, ya que proceden de mRNA. Por consiguiente, los cDNAs co-localizados (o íntimamente ligados) a un QTL anteriormente publicado, representaría un posible gen candidato que explicaría ese QTL particular.



**Figura 1.** Representación gráfica de los “bins” del mapa ultra denso, los TDFs anclados y QTLs (subrayados) de resistencia y de calidad proyectados.

Ver detalles en: <http://www.neiker.net/neiker/PGR>

Aunque la probabilidad de que esos TDFs pudieran explicar QTLs co-localizados parece baja, encontramos en varios casos homologías con genes de resistencia. Considerando que las familias de genes de resistencia están frecuentemente organizadas en clusters o grupos, la probabilidad de encontrar un gen de interés aumenta de esta forma considerablemente.

Los resultados obtenidos mediante diferentes metodologías, tales como análisis de genes candidato, expresión diferencial mediante cDNA-AFLP o microarrays, pueden integrarse en el mapa del trans-

criptoma mediante el diseño apropiado de cebadores. El análisis de co-localización con QTLs publicados anteriormente, podría validar la utilidad de dicho marcador.

## **AGRADECIMIENTOS**

Parte de este trabajo ha sido financiado dentro del marco de los proyectos de la de la UE: QLK5-CT02-01849 (Apophys) y FOOD-CT-2005-513959 (Bioexploit).

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- BREYNE, P., DREESEN, R., CANNOOT, B., ROMBAUT, D., VANDEPOELE, K., ROMBAUTS, S., VANDERHAEGHEN, R., INZÉ, D. y ZABEAU, M. 2003. Quantitative cDNA-AFLP analysis for genome-wide expression studies. *Mol. Gen. Genomics* 269:173-79.
- RITTER, E., RUIZ DE GALARRETA, J. I., VAN ECK, H.J. y SÁNCHEZ, I. 2008. Construction of a potato transcriptome map based on the cDNA-AFLP technique. *Theor. Appl. Genet.* (in press).
- RITTER, E., LUCCA, F., SÁNCHEZ, I., RUIZ DE GALARRETA, J.I., ARAGONÉS, A., CASTAÑÓN, S., BRYAN, G., WAUGH, R., LEFEBVRE, V., ROUSSELLE-BOURGOISE, F., GEBHARDT, C., VAN ECK, H., VAN OS, H., TACO, J. y BAKKER, J. 2005. Genomic resources in potato and possibilities for exploitation. p.55-65. In: Haverkort, A.J. and Struik, P.C. (eds.), *Potato in progress; science meets practice*, Wageningen Academic Publishers, The Netherlands.
- RITTER, E. y SALAMINI, F. 1996. The calculation of recombination frequencies in crosses of allogamous plant species with application to linkage mapping. *Genet. Res.* 67: 55-65.
- VAN OS, H., ANDRZEJEWSK, I. S., BAKKER, E., ET AL., 2006. Construction of a 10.000-Marker Ultradense Genetic Recombination Map of Potato: Providing a Framework for Accelerated Gene Isolation and a Genomewide Physical Map. *Genetics* 173: 1075–1087.

# DETECCIÓN DE GENES CANDIDATO DE RESISTENCIA A *Phytophthora infestans*, MEDIANTE TÉCNICAS DE EXPRESIÓN DIFERENCIAL: CDNA-AFLP Y MICROARRAYS

M. Hernández, JI. Ruiz de Galarreta, E. Ritter  
NEIKER Tecnalia - Instituto Vasco de Investigación y Desarrollo Agrario, Apto. 46, Vitoria, España

## INTRODUCCIÓN

El cultivo de la patata (*Solanum tuberosum* L.) se ve gravemente afectado en muchos lugares por el tizón tardío, causado por el oomycete *Phytophthora infestans*. Generalmente el método utilizado para el control de esta enfermedad es el uso intensivo de fungicidas. Pero este método ha resultado excesivamente caro y es potencialmente dañino, tanto para la salud humana como para el medio ambiente. La introducción de nuevas estrategias de resistencia dentro de los cultivos puede suponer una baza fundamental para controlar esta enfermedad.

Las herramientas moleculares permiten incrementar la productividad, rentabilidad y la sostenibilidad de los cultivos de patata. Pueden acelerar los programas de mejora para obtener cultivares superiores adecuados a la agricultura sostenible y mejor adaptados a las amenazas presentes y futuras

Hoy día existen varias técnicas moleculares que permiten detectar genes que influyen en características de interés así como analizar y comparar los efectos de sus diferentes alelos. Entre éstas técnicas se pueden citar cDNA-AFLP, análisis de microarrays, secuencia directa de ESTs, mapeo de genes candidato y la construcción de mapas físicos (Ritter et al. 2005). Los marcadores derivados de dichos genes se pueden aplicar directamente en la selección asistida por marcadores, independientemente de la base genética.

En este trabajo se han utilizado cDNA-AFLP diferenciales para detectar cDNAs que se expresan de forma diferencial después de una inoculación con *Phytophthora infestans* y posteriormente se han analizado su significado biológico. Además, se ha realizado un ensayo de microarrays para detectar genes de respuesta o de resistencia a infección con *Phytophthora infestans*. Se diseñaron cebadores para los genes candidatos (nuevos o ya conocidos) con el objeto de integrarlos en el mapa de referencia de la especie.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Para el análisis de DNA-AFLP diferencial y microarrays se utilizaron un conjunto de entradas de especies salvajes del género *Solanum* descritas en Ruiz de Galarreta et al. (1998). Previamente se habían clasificado como resistentes, tolerantes o susceptibles para cada el rasgo a estudiar.

Para realizar las infecciones con *Phytophthora infestans*, se inocularon plantas jóvenes de diferentes especies de *Solanum* con esporas de un aislado local (NE293) y con tres repeticiones según Trognitz et al. (1995). Los tubérculos de patata se inocularon con *P. infestans* siguiendo la metodología de Flier et al. (2001). Tanto el ARN como el mARN se extrajeron 24 horas después de la inoculación con el Kit estándar de Quiagen .

Se aplicó una técnica mejorada de cDNA-AFLP descrita en detalle por Breyne et al. (2003) utilizando las poblaciones de mARN adecuadas. Las reacciones de PCR para las amplificaciones de cDNA-AFLP se llevaron a cabo tal como se describe en Bachem et al (1998). Los cebadores se marcaron para las amplificaciones específicas con una molécula IRD 700/800. Los productos de amplificación se desnaturalizaron y separaron en geles de poliacrilamida al 6% (19:1) y se visualizaron en un secuenciador

LICOR 4200-S1 (LICOR, Lincoln, Nebraska, USA) según el manual del equipo. Para verificar los fragmentos cDNA-AFLP expresados diferencialmente se utilizó la técnica Northern Blot.

Las bandas correspondientes a transcritos expresados diferencialmente se aislaron y reamplificaron aplicando la metodología estándar (Sambrook et al., 1989). Dichos fragmentos se clonaron utilizando el Kit TA Cloning (Invitrogene) y se enviaron para su secuenciación.

Para el análisis de secuencia, se realizaron análisis comparativos de las secuencias aisladas con la base de datos NCBI, mediante el algoritmo BLAST

Para el análisis de microarrays por infección con *Phytophthora*, se realizaron tres repeticiones por ensayo. El Instituto TIGR (Rockville MD, USA) ofrece un microarray de patata con 10,000 genes o cDNAs. Este chip fue el utilizado para detectar genes que se expresaron de forma diferencial tras la inoculación con el patógeno mediante hibridación diferencial utilizando mARN marcados. Se aplicaron los protocolos proporcionados por el fabricante.

## RESULTADOS

(Resultados mas detallados de este estudio se pueden encontrar en <http://www.neiker.net/neiker/PGR>.)

Para analizar la respuesta a las infecciones con *Phytophthora infestans*, se analizaron 53 combinaciones de cebadores para cDNA-AFLP en hojas y 27 en tubérculos de las diferentes entradas. Se encontraron 30 transcritos expresados diferencialmente en hojas y 29 en tubérculos.

En total, se clonaron y analizaron 36 cDNAs expresados diferencialmente en hojas y tubérculos. En la Tabla1 se indican algunos ejemplos de homologías detectadas, en especial aquellas relacionadas con genes involucrados en resistencias y en la respuesta al stress. Por ejemplo, es bien conocida la relación de la proteína Tetratricopetide-like helical (PL1) y la enzima Ubiquitina-conjugada (PL4) en reacciones de respuesta al stress. También se encontró “de novo” el factor de Elongation Ef-1 alpha (PL10), que ha sido descrito con anterioridad en patata por Morelli et al. (1994). Las búsquedas en bases de datos de ESTs revelaron altas homologías en 13 de los 15 casos con ESTs previamente identificados e involucrados en procesos biológicos relevantes, no solo en patata sino también en arroz y *Arabidopsis*.

**Tabla 1.** Ejemplos de fragmentos cDNA-AFLP expresados diferencialmente de diferentes especies salvajes de *Solanum* tras la inoculación de hojas y tubérculos con *P. infestans*

Código Banda	Fragmentos cDNA-AFLP	ORI(1)	Homologías		Homología / Función
			Entrada No.	e-value	
<b>A) Phytophthora infección en hojas</b>					
PL1	AseAG/TaqAA_249	PNT	ABE92034.1	7e-28	Proteína Tetratricopetide-like helical
PL4	AseCG/TaqCC_217	PNT	ABE89049.1	6e-18	Enzima Ubiquitina-conjugada , E2
PL7	AseCC/TaqCC_374	PTA	AD27874.1	2e-15	Quitinasa Clase III
PL10	AseCC/TaqGA_528	BLB	AB061263.1	0.0	Factor Elongación 1-alfa mRNA
<b>B) Phytophthora infección en tuberculos</b>					
PT3	AseAC/TaqCC_307	PTA	AB181854	2e-68	Arginina decarboxilasa
PT4	AseAC/TaqAC_227	BLB	AF492635	1e-57	Supuesta antocianidina ramnosil-transferasa
PT6	AseAG/TaqCC_218	STO	NM_116492	5e-22	NADH dehidrogenasa (ubiquinona)
PT8	AseCA/TaqCT_146	STO	AF137070	3e-29	Quitinasa Clase III

<sup>(1)</sup> ORI= Origen; ver Galarreta et al. (1998) para los códigos de especies.

También se llevó a cabo un análisis con microarrays para detectar genes candidato de resistencia a *P. infestans* en 5 especies diferentes de *Solanum* salvajes utilizando el chip de TIGR. Se detectaron nueve mARNs para *S. doddsii* y 12 cDNAs para *S. Phureja* (IVP48) expresados diferencialmente tras la infección con *P. infestans* en las tres repeticiones y con ratios >5. Para BLB8008 se encontraron 18 ge-

nes, y 22 para cada una de las entradas PNT8175 y PTA15442. En la Tabla 2 se muestran algunos ejemplos de mRNAs expresados diferencialmente. Representa genes de resistencia conocidos tales como quinasas, osmotinas, y genes LRR o NBS. Además se observaron hibridaciones diferenciales significativas con varias enfermedades conocidas y con genes de respuesta a stress

**Tabla 2.** mRNAs seleccionados para diferentes entradas de especies salvajes de *Solanum* que muestran hibridaciones diferenciales significativas en un chip de 10K de cDNAs de TIGR tras la inoculación en hojas con *P. infestans*.

TC# Gen	Ratio* (S/C)	Proceso Funcional
<b>Accession BLB 8008</b>		
TC133373: Supuesta proteína factor elongación P (EF-P)	6.8	Transcripción
TC148920: Proteína BS2 resistencia a enfermedad	7.0	Defensa
TC160847: Proteína Prf – tomate resistencia a enfermedad	8.2	Defensa
TC139324: myb- factor relacionado transcripción THM6 - tomate	10.3	Transcripción
<b>Accession DDS 2880</b>		
TC146051: RING proteína zinc finger (Q9FLC6)	6.4	Respuesta al stress
TC135685: Proeína resistencia homolog 125 <i>S. tuberosum</i>	9.4	Defensa
TC136568: Proteína kinasa () – espinaca	10.3	Señal
<b>Accession PNT 8175</b>		
T001D06: <i>P. infestans</i> INF1 elicitor	7.5	HR
TC159251: Supuesta proteína RPR1 de resistencia a enfermedades	8.0	Defensa
TC157517: Precursor patatina no-sucrosa-inducida – <i>S. brevidens</i>	12.5	Biosíntesis proteínas
<b>Accession PTA 15442</b>		
TC136572: Monooxigenasa	9.7	Defensa
TC134222: Osmotin-like proteína	6.7	Defensa
TC149460: Proteína relacionada con patogénesisSTH-2. ( <i>S. tuberosum</i> )	6.7	Defensa
TC158904: Proteína rica en P Nt-SubC29	15.0	Señal
<b>Accession IVP 48</b>		
TC162824: Probable kinesina - <i>Arabidopsis thaliana</i>	5.5	Desconocida
TC137346: Ca <sup>2+</sup> /H <sup>+</sup> -proteína intercambio <i>Vigna radiata</i>	6.7	Transporte
TC143930: RNA-proteína unión (At5g53060)	7.5	Defensa

\* Ratio entre señales de hibridación de cDNAs entre plantas estresadas (S) vs. Controles sin estresar (C).

Aunque los tipos de genes detectados en todos los experimentos eran similares, a nivel individual presentaban diferencias para cada entrada. También la respuesta variaba respecto a la frecuencia de distribuciones de genes dentro de cada clase.

## DISCUSIÓN

Los resultados muestran que la técnica cDNA-AFLP diferencial representa una herramienta poderosa para identificar genes nuevos o ya conocidos de respuesta o resistencia a las infecciones de *Phytophthora infestans* ya que se han obtenido varios TDFs con un significado biológico relevante. Algunos de ellos habían sido identificados previamente con otras técnicas. También se observaron homologías significativas con ESTs secuenciados de diferentes librerías incluyendo aquellas de respuesta a *P. infestans* y stress.

Los microarrays son también sumamente adecuados para la detección de genes nuevos o conocidos de respuesta y resistencia a ataques de patógenos. En todos los experimentos, se detectaron varios cDNAs que mostraron hibridación diferencial y los cuales tenían una relevante función biológica. Las

secuencias de los cDNAs ubicados en el chip son conocidas y se pueden obtener vía TIGR *Solanum tuberosum* Gene Index (StGI) en <http://www.tigr.org/tdb/tgi/stgi>.

Sin embargo, los cDNAs experimentales no suelen mostrar homologías completas con las secuencias correspondientes del chip. Por lo tanto, para poder utilizar los cDNAs experimentales con fines prácticos, deben ser convertidos en marcadores para PCR. Para este propósito se deben diseñar cebadores apropiados basados en la comparación de secuencias homólogas.

Existen varias aplicaciones prácticas para genes candidatos detectados como análisis de diversidad alélica, transformación genética o referencias cruzadas a través de la integración en mapas de ligamiento.

Los estudios de diversidad alélica en diferentes germoplasmas puede permitir asociar variantes alélicas específicas con un genotipo particular y de esta manera proporcionar marcadores útiles para la selección asistida por marcadores (SAM)

Las proteínas derivadas de los genes candidatos que muestran una eficacia probada contra patógenos, se pueden producir en sistemas de recombinación adecuados para su aplicación como biopesticidas

La referencia cruzada a mapas de ligamiento permite integrar los resultados de diferentes estudios mediante el diseño de cebadores apropiados para mapeo. Si un cDNA particular se integra en el mapa muy cercano a un QTL conocido, entonces dicho TDF puede potencialmente explicar el QTL.

En nuestros estudios obtuvimos por ejemplo polimorfismos segregantes en el caso de BS2 (TC148920, Tabla2). Este cDNA pudo ser mapeado en un mapa de referencia de patata en el cromosoma 11. Se observó que este cDNA, colocalizado con el QTL Pi-11b. También en otra progenie CAN 310956.8 x GON703354 este marcador segregaba y representa el mismo QTL para *P. infestans* en el cromosoma 11.

Sin embargo, un gen ligado puede ser el verdadero responsable del efecto del QTL. Por tanto, es necesario realizar ensayos complementarios o experimentos de silenciación para verificar la función. Si el gen candidato representara un falso positivo, al menos podría ser utilizado como un marcador de un alelo específico para mejora asistida

## AGRADECIMIENTOS

Parte de este trabajo ha sido financiado en el marco del proyecto FOOD-CT-2005-513959 (Bioexploit).

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BACHEM, C.W.B., VAN DER HOEVEN, R.S., DE BRUIJN, S.M, VREUGDENHIL, D., ZABEAU, M. y VISSER, R.G.F. 1996. Visualization of differential gene expression using a novel method of RNA fingerprinting based on AFLP: Analysis of gene expression during potato tuber development. *Plant Journal* 9: 745-753.
- BREYNE, P., DREESEN, R., CANNOOT, B., ROMBAUT, D., VANDEPOELE, K., ROMBAUTS, S., VANDERHAEGHEN, R., INZÉ, D. y ZABEAU, M. 2003. Quantitative cDNA-AFLP analysis for genome-wide expression studies. *Mol. Gen. Genomics* 269:173-79.
- FLIER, W.G., TURKENSTEEN, L.J., VAN DEN BOSCH, T.B.M., VEREIJKEN, P.F.G. y MULDER, A. 2001. Differential interaction of *Phytophthora infestans* on tubers of potato cultivars with different levels of blight resistance. *Plant Pathology* 75:133-136.
- MORELLI, J.K., SHEWMAKER, C. K. y VAYDA, M. E. 1994. Biphasic Stimulation of Translational Activity Correlates with Induction of Translation Elongation Factor 1 Subunit [alpha] upon Wounding in Potato Tubers. *Plant Physiol.* 106: 897–903.
- RITTER, E., LUCCA, F., SÁNCHEZ, I., RUIZ DE GALARRETA, J. I., ARAGONÉS, A., CASTAÑÓN, S., BRYAN, G., WAUGH, R., LEFEBVRE, V., ROUSSELLE-BOURGOISE, F., GEBHARDT, C., VAN ECK, H., VAN OS, H., TACO, J. y BAKKER, J.

2005. Genomic resources in potato and possibilities for exploitation. p.55-65. In: Haverkort, A.J. and Struik, P.C. (eds.), *Potato in progress; science meets practice*, Wageningen Academic Publishers, The Netherlands.

RUIZ DE GALARRETA, J.I., CARRASCO, A., SALAZAR, A., BARRENA, I., ITURRITXA, E., MARQUINEZ, R., LEGORBURU, F.J. and RITTER, E. 1998. Wild *Solanum* species as resistance sources against different pathogens of potato. *Pot. Research* 41:57-68.

SAMBROOK, J., FRITSCH, E. F. y MANIATIS, T., 1989. *MolecularCloning. A laboratory manual*. Cold SpringHarbor Laboratory Press, New York.

TROGNITZ, B. R., CHACUN, G. y PINEDO, H. 1995. Screening for R genes causing race- specific resistance to late blight in wild potato species. *Am. Potato. J.* 72 : 662-670.

# REGULACIÓN GENÉTICA DEL TIEMPO DE TUBERIZACIÓN Y SU EFECTO EN EL RENDIMIENTO DE LA COSECHA

González Schain N, Díaz Mendoza M, Martín A, Adam H y Suárez López P  
Centro de Investigación en Agrigenómica (CRAG), Consorcio CSIC-IRTA-UAB, Jordi Girona, 18-26, 08034  
Barcelona, España. Correo electrónico: paula.suarez@cid.csic.es

## INTRODUCCIÓN

La inducción de la formación de tubérculos está regulada por la duración del día o fotoperíodo en diversas variedades de patata. Los días cortos (DC) inducen la formación de tubérculos en todas las variedades, mientras que los días largos (DL) tienen efectos diferentes en variedades distintas. *Solanum tuberosum* ssp. *andigena* muestra una inducción fuerte y temprana de la tuberización en DC y una ausencia de inducción en DL (Rodríguez-Falcón *et al*, 2006). El fotorreceptor fitocromo B (PHYB) es necesario para la represión de la tuberización en DL (Jackson *et al*, 1996), mientras que el gen *StBEL5* participa en la inducción de la formación de tubérculos (Chen *et al*, 2003). Además, la expresión del gen *CONSTANS* (*CO*) de *Arabidopsis thaliana* en patata retrasa la tuberización en DC (Martínez-García *et al*, 2002). Nuestro objetivo es identificar genes involucrados en la respuesta de la tuberización al fotoperíodo, que además puedan afectar al tiempo que tarda la planta en tuberizar. También queremos estudiar las posibles interacciones entre los genes identificados. Por otra parte, se sabe que la intensidad de la inducción de la tuberización puede afectar al rendimiento de tubérculos, de manera que una inducción muy fuerte o muy débil reduce la producción respecto a una inducción moderada (Ewing y Struik, 1992). Por lo tanto, otro de nuestros objetivos es determinar la repercusión de los genes que afectan al tiempo de tuberización en el rendimiento de las cosechas.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Se utilizó la línea 7540 de *S. tuberosum* ssp. *andigena* como tipo silvestre para todos los experimentos, así como líneas de patata con niveles reducidos de PHYB (líneas anti-PHYB) y líneas de patata que expresan el gen *CO* de *Arabidopsis* (líneas pACo), que han sido descritas previamente (Jackson *et al*, 1996; Martínez-García *et al*, 2002). Para determinar el efecto de diversos genes en la tuberización, se generaron plantas en las que la expresión de dichos genes está reducida (utilizando la técnica de interferencia de ARN o ARNi) o aumentada (utilizando el promotor constitutivo 35S). La generación de estas plantas se hizo mediante un método de transformación previamente descrito (Banerjee *et al*, 2006). Las plantas se propagaron vegetativamente en condiciones estériles y dos semanas después se plantaron en tierra en macetas y se cultivaron en un invernadero de DL (16 h de luz y 8 h de oscuridad) a 23 °C. Para el análisis de la tuberización, las plantas se mantuvieron en DL, o se pasaron a DC (8 h de luz y 16 h de oscuridad) o DC con noche interrumpida (DC+NI; DC con 30 min de luz en el medio del período de oscuridad) cuatro semanas después de plantarlas en tierra. Para estudiar el rendimiento de tubérculos, se utilizaron condiciones de DC y DC+NI y se determinó el peso total de tubérculos por planta, así como el número de tubérculos, 5-7 semanas después de comenzar la tuberización.

## RESULTADOS

**Tiempo de tuberización.** Hemos determinado que la subespecie *andigena* de patata tuberiza en DC+NI y lo hace más tarde que en DC (González-Schain y Suárez-López, 2008; Tabla 1). De acuerdo con lo previamente descrito por otros autores, no tuberiza en DL. Estos resultados indican que DC+NI es una condición moderadamente inductora de la tuberización. Las plantas pACo tuberizan más tarde que las silvestres en estos dos fotoperíodos. La línea pACo-20, que expresa niveles más altos de *CO*, es más

tardía que la pACo-7 (Martínez-García *et al*, 2002; González-Schain y Suárez-López, 2008; Tabla 1). Las plantas anti-PHYB tardan aproximadamente el mismo tiempo en tuberizar en los tres fotoperíodos analizados y tuberizan más temprano que las silvestres en DC y DC+NI (Tabla 1).

**Tabla 1.** Tiempo de tuberización de plantas silvestres, pACo y anti-PHYB

	Tiempo de tuberización (días)		
	DC	DC+NI	DL
andigena	42,6 ± 0,4 (n=22)	61,4 ± 1,0 (n=9)	No tuberizó
pACo-7	60,5 ± 1,1 (n=11)	>136 (n=15)	No tuberizó
pACo-20	70,8 ± 2,5 (n=9)	No tuberizó (n=13)	No tuberizó
andigena	42,0 ± 0,0 (n=11)	59,8 ± 1,1 (n=11)	No tuberizó (n=12)
anti-PHYB	38,8 ± 1,1 (n=11)	44,5 ± 1,1 (n=11)	37,7 ± 1,5 (n=13)

Hemos identificado un gen de patata homólogo a *CO*, que hemos denominado *StCO* (*Solanum tuberosum* *CONSTANS*) y hemos generado plantas con niveles reducidos o aumentados de este gen (plantas *StCO*-ARNi y 35S::*StCO*, respectivamente). Mientras que las plantas 35S::*StCO* tuberizan más tarde que las silvestres en DC+NI, las *StCO*-ARNi tuberizan más temprano en esta condición y además tuberizan en DL. Ni las 35S::*StCO* ni las *StCO*-ARNi muestran alteraciones del tiempo de tuberización en DC. Estos resultados indican que *StCO* es necesario para reprimir la tuberización en condiciones no inductoras y retrasarla en fotoperíodos moderadamente inductores.

Por otra parte, hemos generado plantas de patata que expresan niveles elevados de un microARN que en otras especies afecta a la regulación de la floración por el fotoperíodo y hemos estudiado la tuberización de estas plantas. Al igual que ocurre con las *StCO*-ARNi, estas plantas tardan el mismo tiempo en tuberizar que las silvestres en DC, pero tuberizan más tarde en DC+NI y son capaces de tuberizar en DL. Por lo tanto, este microARN es un inductor de la tuberización y participa en la regulación fotoperiódica de este proceso.

**Rendimiento de tubérculos.** Para analizar si el tiempo de tuberización afecta al rendimiento de tubérculos, se estudió el rendimiento en peso de plantas silvestres en DC y DC+NI y el de las plantas pACo y anti-PHYB en DC. Nuestros resultados muestran que el tipo silvestre produce un mayor rendimiento de tubérculos en DC+NI que en DC (González-Schain y Suárez-López, 2008; Tabla 2). En DC, las plantas pACo-7 muestran un aumento del rendimiento respecto al tipo silvestre, similar al de éste en DC+NI. En ambos casos, el aumento del rendimiento se debe a un incremento del número de tubérculos, más que a un aumento del peso por tubérculo (González-Schain y Suárez-López, 2008; Tabla 2). En cambio, las plantas pACo-20 tienen el rendimiento muy reducido respecto al tipo silvestre en DC, a pesar de que su número de tubérculos está aumentado (Tabla 2). El rendimiento de las plantas anti-PHYB también es menor que el del tipo silvestre, aunque el número de tubérculos es ligeramente mayor (Tabla 2).

**Tabla 2.** Rendimiento de tubérculos de plantas silvestres, pACo y anti-PHYB

	Peso de tubérculos (g/planta)	Número de tubérculos
andigena, DC	37,1 ± 0,6 (n=18)	5,3 ± 0,2 (n=11)
andigena, DC+NI	62,0 ± 1,6 (n=9)	11,4 ± 0,6 (n=9)
pACo-7, DC	58,1 ± 2,1 (n=11)	8,7 ± 0,7 (n=11)
pACo-20, DC	15,3 ± 2,4 (n=9)	10,2 ± 2,2 (n=9)
andigena, DC	47,5 ± 3,0 (n=11)	5,5 ± 0,4 (n=11)
anti-PHYB, DC	26,3 ± 1,1 (n=11)	6,7 ± 0,5 (n=11)

### Interacción entre los genes que regulan el tiempo de tuberización y su respuesta al fotoperíodo

Para estudiar si los genes que afectan al tiempo de tuberización se regulan unos a otros, hemos analizado la expresión de varios de ellos en plantas que tienen niveles alterados de PHYB, *StCO* o el

microARN. Hasta el momento, no hemos detectado efecto de PHYB en StCO, ni de StCO en el microARN, aunque no podemos descartar que pueda haber algún efecto. En cambio, PHYB afecta al microARN y a StBEL5, y a su vez el microARN afecta a StBEL5, lo que indica que existe una ruta genética de control del tiempo de tuberización que incluye a PHYB, el microARN y StBEL5.

## DISCUSIÓN

Nuestros resultados muestran que un cierto retraso en el tiempo de tuberización, causado por la interrupción de la noche o por una expresión moderada de CO (línea pACo-7), se correlaciona con un aumento en el rendimiento de tubérculos respecto al del tipo silvestre en DC, mientras que un retraso más pronunciado, como ocurre en la línea pACo-20 o un adelanto, como ocurre en las plantas anti-PHYB, se correlaciona con una reducción del rendimiento. Esto indica que los genes que participan en la regulación del tiempo de tuberización afectan también al rendimiento de tubérculos. Estos resultados concuerdan con estudios previos de otros grupos que indicaban que una inducción moderada de la tuberización lleva a un rendimiento mayor que una inducción fuerte o débil (Ewing y Struik, 1992). Por lo tanto, la manipulación de la expresión de dichos genes, mediante ingeniería genética o mediante la aplicación de sustancias que puedan regularlos, podría servir para aumentar el rendimiento de las cosechas de patata.

Por otra parte, nuestros resultados indican que StCO y el microARN estudiado participan en la respuesta de la tuberización al fotoperíodo. Mientras que StCO es un represor de la tuberización, el microARN es un inductor. Además, PHYB regula los niveles del microARN y de StBEL5 en distintas partes de la planta. El control de StBEL5 por PHYB probablemente ocurre en parte a través del microARN y en parte por una ruta genética diferente. Estos resultados permiten proponer un modelo de la ruta genética de regulación de la tuberización.

Estudios futuros del efecto de StCO, el microARN y StBEL5 en el rendimiento de tubérculos, así como la identificación de factores que puedan influir en su expresión y en la de PHYB, ayudarán a diseñar estrategias para mejorar el rendimiento de las cosechas de patata.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BANERJEE, A. K., PRAT, S. y HANNAPEL, D. J. (2006). Efficient production of transgenic potato (*S. tuberosum* L. ssp *andigena*) plants via *Agrobacterium tumefaciens*-mediated transformation. *Plant Sci.* **170**, 732-738.
- CHEN, H., ROSIN, F. M., PRAT, S. y HANNAPEL, D. J. (2003). Interacting transcription factors from the three-amino acid loop extension superclass regulate tuber formation. *Plant Physiol.* **132**, 1391-1404.
- EWING, E. E. y STRUIK, P. C. (1992). Tuber formation in potato: induction, initiation and growth. *Hortic. Rev.* **14**, 89-198.
- GONZÁLEZ-SCHAIN, N. D. y SUÁREZ-LÓPEZ, P. (2008). CONSTANS delays flowering and affects tuber yield in potato. *Biol. Plantarum* **52**, 251-258.
- JACKSON, S. D., HEYER, A., DIETZE, J. y PRAT, S. (1996). Phytochrome B mediates the photoperiodic control of tuber formation in potato. *Plant J.* **9**, 159-166.
- MARTÍNEZ-GARCÍA, J. F., VIRGÓS-SOLER, A. y PRAT, S. (2002). Control of photoperiod-regulated tuberization in potato by the *Arabidopsis* flowering-time gene *CONSTANS*. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* **99**, 15211-15216.
- RODRÍGUEZ-FALCÓN, M., BOU, J. y PRAT, S. (2006). Seasonal control of tuberization in potato: conserved elements with the flowering response. *Annu. Rev. Plant Biol.* **57**, 151-80.

# PROYECTO BIOEXPLOIT: EXPLOTACION DE LA BIODIVERSIDAD NATURAL DE PLANTAS PARA LA PRODUCCIÓN DE ALIMENTOS LIBRES DE PESTICIDAS

Carrasco A.<sup>1</sup>; Ortega F.<sup>2</sup>; Isla S.<sup>2</sup>

## INTRODUCCIÓN

APPACALE participa como socio en el Proyecto Integrado BIOEXPLOIT dentro del 6º Programa Marco de la Unión Europea. El proyecto comenzó en octubre de 2005 y participan 43 organizaciones (universidades, centros de investigación, PYMES) y está liderado por el Profesor Jaap Bakker de la Universidad de Wageningen (Holanda). Tiene como objetivo principal la explotación de la biodiversidad de plantas para la producción de alimentos libres de pesticidas.

En la Europa de los 15, más de 230 millones de Kg de pesticidas se usan para controlar hongos, insectos, nematodos, virus y en menor grado bacterias. Alrededor del 61% de estos productos se usan contra patógenos fúngicos en cultivos como cereales, patata, frutas frescas, verduras, remolacha y viñedos. El 70% de los fungicidas empleados se usan para combatir patógenos fúngicos y oomicetos en patata y cereales, principalmente trigo y cebada. Con este proyecto se pretende proporcionar alternativas para estos fungicidas en los dos cultivos europeos más importantes: trigo y patata, mediante la explotación de la variabilidad natural de las resistencias de las plantas. Se conseguirá mediante el desarrollo de herramientas genómicas y post-genómicas para el estudio de los genes y de los mecanismos moleculares, de plantas y patógenos, que subyacen en las resistencias cualitativas y cuantitativas con el fin diseñar resistencias duraderas a patógenos fúngicos. Estas herramientas se utilizarán para transferir las resistencias disponibles en los bancos de germoplasma europeos y para acelerar los programas de mejora. El agente patógeno objeto de estudio en patata es *Phytophthora infestans*.

Debido al debate público sobre los Organismos Modificados Genéticamente (OMG) las empresas europeas han sido reacias a invertir en biotecnología de plantas, por lo que las nuevas y prometedoras tecnologías del ADN permanecen inexploradas. Así, se persigue el desarrollo de estrategias de mejora eficientes y racionales usando las herramientas de genómica y post-genómica. De esta forma, se ha planteado seguir dos estrategias para desarrollar nuevas variedades resistentes: la mejora apoyada por marcadores moleculares y la ingeniería genética. A la sombra de la discusión sobre los transgénicos, la selección asistida por marcadores ha pasado por una revolución silenciosa, pasando a ser una opción realista para desarrollar nuevas variedades con múltiples resistencias. El desarrollo de tecnologías con alta capacidad de procesamiento acortará considerablemente el tiempo necesario entre el primer cruzamiento en el que están involucradas especies silvestres y la introducción en el mercado. Por otra parte, se ha estimado que menos del 0,01% de la biodiversidad en resistencias se está usando en variedades comerciales. Un objetivo principal de este proyecto es explorar y explotar estos recursos genéticos para desarrollar nuevas variedades resistentes, con o sin ingeniería genética.

La participación de APPACALE se basa principalmente en utilización de nuevos genes de resistencia a *Phytophthora infestans* procedentes de diferentes especies silvestres y en el intento de aplicar marcadores moleculares al proceso de mejora.

---

<sup>1</sup> NEWCO. Parque Tecnológico Arkaute. Campus Agroalimentario de Arkaute. Apto. 46. E-1080 Vitoria-Gasteiz info@newco.com

<sup>2</sup> APPACALE S.A. Valle de Mena 13. E-09001 Burgos. info@appacale.com

## OBJETIVOS ESTRATÉGICOS

El proyecto BIOEXPLOIT persigue cuatro objetivos estratégicos, subdivididos en ocho, los cuales se corresponden directamente con los ocho subprogramas de este proyecto integrado.

### Objetivo estratégico I

Comprender los componentes moleculares involucrados en las resistencias duraderas.

- **Subproyecto 1.** Identificar dianas para las resistencias duraderas mediante el análisis de las moléculas efectoras fúngicas. Así, el conocimiento de las moléculas efectoras segregadas por los agentes patógenos fúngicos ofrecerá un abanico de posibilidades para la mejora de la resistencia.
- **Subproyecto 2.** Mapear, aislar y caracterizar genes responsables de las resistencias cualitativas y cuantitativas. Unos buenos mapas genéticos y físicos son indispensables para la identificación, el análisis y la explotación de los genes de resistencia. El mapa genético de la patata contiene en la actualidad 10.000 AFLPs, y es el mapa de ligamiento más denso realizado hasta el momento para un organismo utilizando la recombinación meiótica. Este mapa se ha usado como punto de partida para construir un mapa físico de patata y actualmente la iniciativa holandesa CBSG está generando información sobre las secuencias de genes de resistencia y sus regiones flanqueantes. Estos recursos serán inestimables para el desarrollo de las estrategias genómicas y post-genómicas para el descubrimiento de genes R, su caracterización y explotación.
- **Subproyecto 3.** Desentrañar los mecanismos moleculares subyacentes en los mecanismos de resistencia innatos en las plantas. Los genes R pueden agruparse en 4 clases estructurales en base a sus motivos estructurales. Estos motivos, tales como los lugares de unión de nucleótidos (NBS), las repeticiones ricas en leucina (LRR), cremalleras de leucina, receptores de interleukinas (TIR) y dominios de proteínas quinasas son característicos de las proteínas receptoras y de señalización. El conocimiento de los mecanismos moleculares que subyacen a las especificidades de reconocimiento de los patógenos puede incrementar enormemente las posibilidades de construir nuevas especificidades de reconocimiento en genes R para resistencia duradera. La resistencia innata está mediada por complejas redes de proteínas interconectadas que implican una gran variedad de moléculas de transducción de señales. Sus papeles e interacciones moleculares en señalización de resistencias, junto con los nuevos genes que se identifiquen serán estudiados en este proyecto mediante la utilización de herramientas genómicas y postgenómicas. En este subproyecto se usará cebada y tomate como cultivos modelo. Además, los estudios de los mecanismos moleculares de resistencia innata cubrirán todas las clases principales de genes R y diferentes patógenos, incluyendo virus.

### Objetivo estratégico II

Explorar y explotar la biodiversidad natural de resistencia a enfermedades.

- **Subproyecto 4.** Explorar la biodiversidad natural en loci genéticos asociados con resistencias a enfermedades en las entradas de patata y trigo de los bancos de germoplasma. La variabilidad genética de las introducciones silvestres de las plantas cultivadas y sus parientes silvestres está todavía sin explorar. Desde el comienzo del siglo XX los mejoradores han desarrollado programas para identificar germoplasma resistente en especies silvestres. Grandes colecciones de especies silvestres emparentadas con patata y trigo, que contiene una parte significativa de la variación alélica total existente para resistencia a enfermedades en estas especies, se mantiene en varios países miembros de la EU y otras partes del mundo. Aún así, se ha estimado que menos del 0,1% de esta biodiversidad está siendo usada actualmente en cultivos comerciales. El objeto de este subproyecto es reducir las colecciones de germoplasma a colecciones núcleo adaptadas al “consumidor” con loci asociados a resistencias. Este proceso de selección involu-

crará una caracterización genotípica extensiva de resistencias (centrada en haploidización cromosómica) y loci de señalización. Para este propósito se desarrollarán métodos moleculares nuevos y más eficientes. Adicionalmente, las selecciones caracterizadas genotípicamente de los bancos de germoplasma serán analizadas fenotípicamente para las resistencias. Las colecciones núcleo completamente caracterizadas genotípica y fenotípicamente serán una fuente inestimable para ayudar en la transferencia de resistencias al trigo y patata cultivados, bien mediante selección asistida por marcadores o bien por modificación genética

### Objetivo estratégico III

Acelerar la introducción de la mejora asistida por marcadores e ingeniería genética en la industria de mejora de la UE

- **Subproyecto 5.** Aumentar la resistencia a enfermedades en patata y trigo mediante la mejora asistida por marcadores (MAB). La selección asistida por marcadores ha pasado por una revolución silenciosa y se ha convertido en una opción realista para desarrollar nuevas variedades con múltiples resistencias. Es altamente eficiente y el tiempo que transcurre entre el primer cruzamiento en el que esté involucrada una especie silvestre y la introducción de la variedad en el mercado puede ser acortado enormemente. Uno de los mayores propósitos de este proyecto es estimular la mejora asistida por marcadores en Europa. En muchos cultivos, incluidos la patata y el trigo, las PYMES todavía tienen una posición fuerte y la divulgación de los resultados a estas compañías será esencial para estimular la MAB. Por lo tanto, PYMES europeas como APPACALE, participan en el proyecto para desarrollar y evaluar tecnologías moleculares de alto rendimiento en poblaciones de mapeo de referencia y en los programas de mejora que están desarrollando. Finalmente, se usarán marcadores moleculares polimórficos ligados a los caracteres de resistencia para construir pirámides de genes R y QTLs para diseñar resistencias duraderas a los principales patógenos.
- **Subproyecto 6.** Aumentar la resistencia en patata y trigo mediante ingeniería genética. La ingeniería genética permite la introgresión rápida de la nueva variación genética derivada de especies no relacionadas y permite un aumento de las resistencias mediante la modificación de los genes naturales de resistencia. El propósito es obtener resistencias duraderas introduciendo cassettes de genes R mayores y/o genes involucrados en la señalización que confieran resistencia a diferentes aislados de patógenos. Otra aproximación será crear nuevas especificidades de reconocimiento mediante la manipulación de genes R usando mutagénesis dirigida y cambios de dominios.

### Objetivo estratégico IV

Coordinar e integrar la investigación y la mejora, proporcionar formación en nuevas tecnologías, divulgar los resultados y transferir conocimientos y tecnología a las empresas.

- **Subproyecto 7.** Coordinar e integrar la investigación para proporcionar formación científica. La coordinación e integración de los diferentes subproyectos y bloques de trabajo descritos será esencial para cubrir todos los objetivos del proyecto. Otro aspecto importante será facilitar la interacción con otros proyectos que se estén realizando tanto a nivel nacional como internacional. Además, se proporcionará formación, se organizarán seminarios y se establecerán mecanismos para monitorizar el progreso hacia los objetivos y proteger el conocimiento y las tecnologías generados por el proyecto BIOEXPLOIT.
- **Subproyecto 8.** Divulgar los resultados y transferir tecnología a la industria. Hasta ahora la investigación genómica ha tenido poco impacto en la rutina diaria de la mejora y los lazos entre los mejoradores y los investigadores orientados hacia la genómica no están bien desarrollados. BIOEXPLOIT proporcionará una plataforma para la comunicación de conocimientos entre investigadores, de academias o industrias, y mejoradores. Con este proyecto también se establecerá

una Plataforma para la Transferencia de Tecnología que permitirá a los socios del consorcio, y también a los de fuera, explotar el conocimiento generado por el proyecto. Para aumentar la concienciación entre los consumidores en relación a la mejora asistida por marcadores y las plantas transgénicas se organizarán seminarios y simposios para una amplia audiencia (periodistas, políticos, líderes de opinión, organizaciones de consumidores...). Además se estudiará la actitud y confianza de los consumidores hacia variedades resistentes creadas mediante ingeniería genética o seleccionadas mediante marcadores moleculares. La actitud de los consumidores ahora y en el futuro será de la mayor importancia para las compañías privadas para decidir qué ruta debe ser tomada para desarrollar variedades y será una parte importante del Plan de Negocio.

Más información a cerca de este proyecto se puede encontrar en <http://www.bioexploit.net>

**SISTEMAS Y PRODUCCIÓN  
DE SEMILLA Y DESARROLLO**

# CONTROL Y CERTIFICACIÓN DE PATATA DE SIEMBRA EN LA COMUNIDAD AUTÓNOMA DEL PAÍS VASCO

Azpeitia J.

Apartado 46, 01080 Vitoria-Gasteiz (j-azpeitia@ej-gv.es)

## INTRODUCCIÓN

Históricamente, los agricultores eran conscientes de la “degeneración” de la patata. Por ello, tradicionalmente buscaban semilla en lugares donde sabían por experiencia que la patata era de mejor calidad. Así los agricultores de Rioja intercambiaban su vino por patata de la Montaña Alavesa que les servía como semilla. Después de una o dos generaciones comenzaban a reducirse las producciones y debían volver a comprar patata nueva para multiplicar.

La producción de patata de siembra más o menos organizada comenzó en los años 30, con el objetivo de mejorar la productividad y calidad del cultivo de consumo.

En España la producción está regulada por la Ley 30/2006 de Semillas, el Reglamento General Técnico de Control y Certificación de Semillas y Plantas de Vivero, el Reglamento General sobre Producción de Semillas y Plantas de Vivero; y más concretamente por el Reglamento Técnico de Control y Certificación de Patata de Siembra. Toda esta legislación está complementada por una serie de Directivas UE.

Las Comunidades Autónomas tienen las competencias sobre el control de la producción y la certificación. A pesar de que exista un Reglamento común que deben cumplir todas ellas, se ha desarrollado también legislación a nivel de Autonomías acorde a las necesidades y realidades de cada una de ellas.

Actualmente se produce patata de siembra en las Comunidades Autónomas de Castilla y León, Navarra y País Vasco. Dentro de ésta última, Álava ha sido y es la provincia productora de patata por excelencia. Dentro de su territorio existen tres zonas productoras: La Llanada, La Montaña y el Valle de Valdegovía. Aunque históricamente han sido grandes productores de patata de siembra, en la actualidad la superficie cultivada han disminuido considerablemente. Este hecho no es aislado, sino que se puede extender a las demás zonas productoras del Estado.

Mayoritariamente, las entidades se dedican a multiplicar patata importada de otros países; pero existen también entidades obtentores de variedades a nivel nacional como Neiker-Tecnalia y Appacale. Las importaciones son fundamentalmente de países de la unión europea:

- Alemania: 1.3%
- Bélgica: 8%
- Dinamarca: 4%
- Escocia: 27.3%
- Francia: 4.6%
- Luxemburgo: 5.5”
- Holanda: 47%
- Reino Unido: 2.3%

## MATERIAL Y MÉTODOS

El Servicio de Semillas y Plantas de Vivero del Departamento de Agricultura, Pesca y Alimentación del Gobierno Vasco, es el Organismo de Control de la producción y la certificación de la patata de siembra de la Comunidad Autónoma del País Vasco. La producción y la certificación deben seguir y cumplir una serie de pautas y normas, para que el producto final lleve una etiqueta que asegure al consumidor que la patata de siembra que ha comprado cumple los estándares de calidad marcados por la legislación. A continuación se detalla cronológicamente la metodología (marcada por el Reglamento Técnico de Con-

trol y Certificación de Patata de Siembra) llevada por el Servicio de Semillas y Plantas de Vivero del Gobierno Vasco, en colaboración con las Entidades productoras, los agricultores colaboradores y el Laboratorio de Sanidad Vegetal de Neiker-Tecnalia.

1. Solicitud de parcelas que probablemente cultivarán patatas:

- La solicitud se entrega a mediados de agosto.
- Se verifica que:
  1. las parcelas solicitadas no están en cuarentena
  2. pertenecen a la delimitación geográfica de patata de siembra (Decreto 237/2002).

2. Muestreo de tierra:

- Comienza a mediados de septiembre y se prolonga hasta finales de noviembre ( en función de las condiciones climatológicas)
- Se cogen entre 3-4 muestras/ha y se realizan como mínimo 60 pinchazos/muestra tal y como indica la legislación.
- La muestras se analizan en el laboratorio:
  - Sí el resultado es negativo, la parcela se autoriza para patata de siembra.
  - Si es positivo, se declara en cuarentena y se notifica por escrito junto con un plano de la parcela a:
    - Agricultores propietarios/arrendatarios afectados.
    - La Entidad Productora a la que pertenece el agricultor.
    - La Junta Administrativa del Municipio.
    - La Diputación Foral de Álava como institución competente de la Sanidad Vegetal en Álava.
  - Después de cinco años de cuarentena, se puede analizar sí sigue infectada o no. Sí el resultado es negativo, se levanta la cuarentena y se autoriza el cultivo de patata de siembra con alternativa de rotación de tres años. También se comunica por escrito, tantas copias como en el caso de comunicación de cuarentena.

3. Control de patata madre (Precontrol)

- Las entidades productoras comunican la entrada de los lotes importados (normalmente en el primer trimestre del año).
- En el caso de producción propia, no la analizamos porque ya se analizó durante su producción.
- Todos los lotes importados se analizan de:
  - *Clavibacter michiganensis ssp sepedonicus*
  - *Ralstonia solanacearum*.
  - PLRV y PVY.
  - Nematodo del quiste.
- Sí se detecta un positivo de algunos de los organismos de cuarentena se procede a aplicar el procedimiento para estos casos (Legislación sobre organismos nocivos).
- Los lotes libres de organismos de cuarentena son autorizados para la siembra.
- Campo de precontrol.

4. Declaración de siembra

- En cuanto los agricultores colaboradores acaban de sembrar (finales de abril-mayo, dependiendo de la zona y el año), mandan la declaración de siembra al Servicio de Semillas y Plantas de Vivero.
- Se verifica que los lotes sembrados y que las parcelas cultivadas han sido muestreadas y analizadas adecuadamente.
- Cada inspector se hace cargo de una determinada zona y realiza como mínimo tres inspecciones a cada unidad de cultivo. En base a los requisitos exigidos en el anexo II del Reglamento, pueden declarar los cultivos como no aptos para certificación y destinarlos para consumo. El equipo de inspección tiene a su disposición el Laboratorio para cualquier duda o confirmación.

#### 5. Muestreo en tubérculo (poscontrol)

- Se cogen muestras de tubérculos y se analizan de virus graves (PLRV y PVY) y de bacterias de cuarentena (entre 1-4 muestras en función de la superficie).
- Con los resultados facilitados por el Laboratorio, se autoriza o no la certificación (en base al anexo II del Reglamento).

#### 6. Precintado:

- El Organismo de Control facilita a la Entidad las etiquetas para el precintado. Se lleva un control del número de etiquetas que se da a cada Entidad y de la numeración de éstas.
- Una vez se envasa la semilla con su correspondiente etiqueta, la Entidad manda una Solicitud de Precintado el día anterior al que se solicita la presencia del inspector.
- El inspector elige varios sacos al azar y verifica que cumple el anexo del Reglamento. Sí el lote cumple todos los requisitos, el inspector sella las etiquetas descosidas y se da por finalizada la inspección. Sí no lo cumple, la Entidad revisa otra vez la partida y se vuelve a solicitar su precintado.
- Al hacer la inspección de precintado, se coge una muestra de cada lote para el campo de poscontrol.
- Al final de la campaña se hace un inventario de existencias de etiquetas para evitar cualquier tipo de fraude.

#### 7. Campo de poscontrol

- Una muestra de cada lote que se precinta en las Comunidades de Navarra, Castilla y León y País Vasco están sembrados en los dos campos que forman el Poscontrol Nacional de Patata de Siembra. La mayor parte esta a cargo del Centro de Control de Patata de Castilla y León en Albillos (Burgos) y el resto al nuestro.
- La inspección de estos campos se divide en dos días (cada uno):
  - El primer día se inspeccionan los campos por los inspectores de las tres comunidades junto con los inspectores de las Entidades.
  - A los dos días, se facilitan los resultados a los técnicos de las tres comunidades y a las Entidades (cada uno el suyo). Sí alguna Entidad no esta de acuerdo con un resultado, se vuelve a revisar.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ley 30/2006, de 26 de julio, de semillas y plantas de vivero y de recursos fitogenéticos.

Orden de 23 de mayo de 1986 por la que se aprueba el Reglamento General Técnico de Control y Certificación de Semillas y Plantas de Vivero

Decreto 3767/1972, de 23 de diciembre, por que el que se aprueba el Reglamento General sobre Producción de Semillas y Plantas de Vivero

Orden de 24 de mayo de 1989 por la que se aprueba el Reglamento Técnico de Control y Certificación de Patata de Siembra

Directiva 66/403/CEE del consejo, de 14 de junio de 1966, relativa a la comercialización de patatas de siembra.

Decreto 237/2002, de 12 de noviembre, por el que se establecen normas para la producción de patata de siembra en al Comunidad Autónoma del País Vasco.

Directiva 2000/29/CEE del Consejo, de 8 de mayo de 2000, relativa a las medidas de protección contra la introducción en la Comunidad de organismos nocivos para los vegetales o productos vegetales y contra su propagación en el interior de la Comunidad

Directiva 2007/33/CEE del Consejo de 11 de junio de 2007 relativa al control de los nematodos del quiste de la patata y por la que se deroga la Directiva 69/465/CEE

Decisión de la comisión de 12 de junio de 2007 por la que se adoptan medidas para evitar la introducción y propagación en la Comunidad del viroide de la deformación fusiforme del tubérculo de la patata

Directiva 93/85/CEE del Consejo, de 4 de octubre de 1993, relativa a la lucha contra la necrosis bacteriana de la patata

Directiva 98/57/CE del Consejo, de 20 de julio de 1998, sobre el control de *Ralstonia solanacearum* (Smith) Yabuuchi et al.

Real Decreto 58/2005, de 21 de enero, por el que se adoptan medidas de protección contra la introducción y difusión en el territorio nacional y de la Comunidad Europea de organismos nocivos para los vegetales o productos vegetales, así como para la exportación y tránsito hacia países terceros.

Ley 43/2002, de 20 de noviembre, de sanidad vegetal.

Orden APA/718/2007, de 15 de marzo, por la que se modifican los anexos de la Orden de 22 de marzo de 1994, relativa a la lucha contra la necrosis bacteriana de la patata, en aplicación de la Directiva 93/85/CEE del Consejo de las Comunidades Europeas.

Real Decreto 1644/1999, de 22 de octubre, sobre el control del organismo nocivo denominado *Ralstonia solanacearum* (Smith) Yabuuchi et al.

# EL LABORATORIO EN EL CONTROL DE LA PRODUCCIÓN DE PATATA DE SIEMBRA

Marquínez R. y Barrena I.

NEIKER-Tecnalia. Unidad E+C. Laboratorio de Sanidad Vegetal. Apartado 46. 01080 Vitoria-Gasteiz. España.  
rmarquinez@neiker.net ibarrena@neiker.net

## INTRODUCCIÓN

El sistema de inspección de patata de siembra se complementa con la actividad del laboratorio para evaluar la presencia de patógenos que van a determinar la calidad de la misma. La actividad del laboratorio está dirigida a evitar la introducción de microorganismos no deseados en el sistema de producción, asegurando así, la calidad del producto final. Según nuestra normativa, son los productores de patata de siembra los que deben controlar los patógenos llamados “de calidad” (virus graves), siendo la Administración la que verifica dichas analíticas (2 y 9). Es también responsabilidad de la Administración velar por la ausencia de patógenos de cuarentena (5 y 12). Los listados de organismos de cuarentena y calidad están definidos en la Unión Europea por la legislación en forma de directivas, siendo la EPPO el organismo que controla dichos listados y su evolución. La UE vela por el cumplimiento homogéneo de las normativas vigentes mediante formación para los países de nueva incorporación a la misma, auditorias periódicas a los países miembros y circulación interna de informes a cerca de aparición de cualquier patógeno de interés.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Cada autonomía tiene organizado el sistema de laboratorio en función de sus necesidades y dimensiones. Así en el caso de Castilla-León hay dos laboratorios separados que se ocupan, uno del control de patógenos de cuarentena y diagnósticos y otro de los patógenos de calidad. En el caso de País Vasco el laboratorio de Sanidad Vegetal del Instituto de Investigación y Desarrollo Agrario (NEIKER-Tecnalia) aglutina tanto el control de patógenos de cuarentena como el control de patógenos de calidad.

La metodología aplicada está definida por la legislación vigente. Para algunos patógenos las propias directivas definen la metodología ampliamente y en detalle (3, 4, 6, 7, 10, 11 y 13), dejando en otros casos más libertad para la elección del método de análisis (8). Estas analíticas incluyen técnicas serológicas (1 y 14), microscópicas, moleculares (15), bioquímicas y bioensayos.

Además, los laboratorios vamos dotándonos de sistemas de certificación y acreditación, disponiendo de métodos de trabajo aprobados y sometidos a auditorias periódicas.

Siguiendo las necesidades generales del sistema de certificación de patata de siembra, el laboratorio realiza las siguientes actividades en orden cronológico:

- Análisis de tierra para detección de nematodo del quiste (*Globodera pallida* y *G. rostochiensis*)
  - Lavado y extracción mediante equipamiento específico
  - Revisión e identificación de la muestra al microscopio
  - Determinación de la especie mediante PCR-RT en casos positivos
  - Bioensayo mediante variedades resistentes
- Análisis precontrol semilla madre
  - PLRV y PVY mediante ELISA
  - *Clavibacter m. var. sepedonicus* y *Ralstonia solanacearum* mediante IF, PCR-RT, bioensayo e identificación bioquímica.
- Labor analítica encaminada a apoyar la labor de los inspectores en campo

- Sistema de avisos
  - Seguimiento de vuelos de pulgón
  - Mildiu (tizón tardío)
  - Riego
- Poscontrol
  - ELISA en hoja y tubérculo para detección de virus graves
  - Control de bacterias de cuarentena
  - Otros (PSTV, TSWV,.....)

Además se da servicio interno al programa de obtención de nuevas variedades de Neiker testando el material de partida, clones y patata base destinada al mercado.

La Administración Estatal cuenta con una red de Laboratorios de Referencia especializados que complementa la actividad de la red de laboratorios autonómicos.

## RESULTADOS

Solo en el País Vasco, Neiker realiza anualmente más de 5.700 analíticas para la certificación de patata de siembra con garantía y calidad.

**Tabla 1.** Analíticas realizadas por el laboratorio de Sanidad Vegetal de Neiker para certificación de patata en 2007

	CUARENTENA			CALIDAD		Conteo e identificación pulgones
	Nematodos	Cm	Bacterias Rs	Otras	Virus	
ENERO	85	52	52		80	
FEBRERO	51	90	89	1	57	
MARZO	56	62	62	2	24	
ABRIL	10	38	38		8	
MAYO	14	8	8	1	2	81
JUNIO	2	2	2	2	4	104
JULIO	13				8	134
AGOSTO		26	26		69	115
SEPTIEMBRE	1025	45	45		106	73
OCTUBRE	1545	159	160	2	348	5
NOVIEMBRE	245	116	116		129	
DICIEMBRE	10	59	59		32	
<b>TOTAL</b>	<b>3056</b>	<b>657</b>	<b>657</b>	<b>8</b>	<b>864</b>	<b>512</b>

En las tablas se recogen las fechas de entrada de las muestras en el laboratorio.

Cada muestra de nematodos está formada por 250-500 gramos de tierra.

Los análisis de bacterias se realizan sobre muestras de patata de 200 tubérculos.

Los análisis de virus se evalúan en términos de número de placas ELISA (en cada placa se incluyen 93 análisis).

Cada muestra está formada por los pulgones recolectados en una trampa (bandeja).

En la tabla 1 se puede observar el volumen y la estacionalidad de las distintas campañas de análisis.

## DISCUSIÓN

La aplicación homogénea de la legislación vigente dentro de la UE garantiza la producción de patata de siembra de calidad, evitando la dispersión de organismos nocivos no deseados y manteniendo los estándares de calidad.

La aparición de nuevas tecnologías como la PCR y la PCR-RT han proporcionado a los laboratorios de diagnóstico instrumentos de confirmación analítica de gran interés.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CLARK, M. F. y ADAMS, A. M. 1977 Characteristics of the microplate method of enzyme linked immunosorbent assay for the detection of plant viruses. *Journal of General Virology* **34**: 475-483.
- DECRETO 237/2002, de 12 de noviembre, por el que se establecen normas para la producción de patata de siembra en la Comunidad Autónoma del País Vasco.
- DIRECTIVA 93/85/CEE de 4 de octubre de 1993 relativa a la lucha contra la necrosis bacteriana de la patata.
- DIRECTIVA 98/57/CE on the control of *Ralstonia solanacearum* (Smith) Yabuuchi et al.
- DIRECTIVA 2000/29/CE de 8 de mayo de 2000 relativa a las medidas de protección contra la introducción en la Comunidad de organismos nocivos para los vegetales o productos vegetales y contra su propagación en el interior de la Comunidad.
- DIRECTIVA 2006/56/CE de 12 de junio de 2006 por la que se modifican los anexos de la Directiva 93/85/CEE del Consejo relativa a la lucha contra la necrosis bacteriana de la patata.
- DIRECTIVA 2006/63/CE de la Comisión, de 14 de julio de 2006, por la que se modifican los anexos II a VII de la Directiva 98/57/CE del Consejo sobre el control de *Ralstonia solanacearum* (Smith) Yabuuchi et al.
- DIRECTIVA 2007/33/CEE del Consejo de 11 de junio de 2007 relativa al control de los nematodos del quiste de patata y por la que se deroga la directiva 69/465/CEE.
- Orden de 24 de mayo de 1989 por la que se aprueba el Reglamento Técnico de Control y Certificación de Patata de Siembra
- ORDEN DE 27 DE MARZO DE 2007 por la que se modifican los anexos correspondientes a la directiva 93/85/CEE, publicados en la directiva 2006/56/CE.
- ORDEN APA/719/2007 de 15 de marzo, por la que se modifican los anexos II a VII del Real Decreto 1644/1999, de 22 de octubre, sobre el control del organismo nocivo denominado *Ralstonia solanacearum* (Smith) Yabuuchi et al.
- REAL DECRETO 2071/1993 de 26 de noviembre, relativo a las medidas de protección contra la introducción y difusión en el territorio nacional y de la Comunidad Económica Europea de organismos nocivos para los vegetales o productos vegetales, así como para la exportación y tránsito hacia países terceros.
- REAL DECRETO 1644/1999 sobre control de *Ralstonia solanacearum* (Smith) Yabuuchi et al.
- SÁNCHEZ-VIZCAÍNO, J. M. y CAMBRA, M. 1987 Técnicas Inmunoenzimáticas ELISA en Patología Animal y Vegetal. Office International des Épizooties, París.
- SCHAAD N. W., FREDERICK R. D. (2002). Real-time PCR and its application for rapid plant disease diagnostics. *Canadian Journal of Plant Pathology* Volume 24, Number 3, September pp 250-258.

# ENTENDIENDO Y APLICANDO LA METODOLOGÍA DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN Y CONOCIMIENTO AGRÍCOLA DE LA PAPA (SICA-PAPA): CASO DE MOROCHATA Y POCONA EN COCHABAMBA, BOLIVIA<sup>1</sup>

Julio Gabriel<sup>2</sup>, Juan Vallejos<sup>2</sup>, Carolina Coca<sup>3</sup>, Ricardo Vera<sup>4</sup>, Omar Torres<sup>4</sup>

## RESUMEN

Esta experiencia fue desarrollada en el marco del proyecto IFAD en Pocona y Morochata. El objetivo fue identificar los principales actores del Sistema de Información y Conocimiento Agrícola (SICA) en ambos sitios, para caracterizar los roles, funciones y aportes de cada uno de los actores en el desarrollo agrícola de la papa en las zonas. Además, entender el tipo de conocimiento y vínculos entre los actores agrícolas involucrados. En Morochata y Pocona, se analizaron la situación actual sobre el Sistema de Información de Conocimientos Agrícolas del cultivo de papa (SICA-papa). Los resultados de los talleres SICA-papa mostraron que existen más vínculos en el tema de semilla de papa, que en el tema de comercialización y las encuestas denotaron que la transmisión de conocimiento más importante es de agricultor a agricultor, con contribuciones importantes iniciales de las instituciones.

**Palabras claves:** Funciones, actores agrícolas, semilla de papa, comercialización

## INTRODUCCIÓN

En general, los problemas de adopción de tecnologías agrícolas se han atribuido a algunos factores, tales como limitaciones educativas del agricultor, el tradicionalismo, las políticas económicas, los sistemas deficientes de la extensión y las limitaciones en los predios agrícolas (van der Ban y Hawkins 1996). No obstante a principios de la década de los 80, una nueva interpretación emergió del problema del agricultor, de la política, o de los predios agrícolas, y es más que esto, implica la inadecuada tecnología. La razón es que las necesidades y los objetivos de los agricultores no se han incorporado adecuadamente en la innovación tecnológica, así como el contexto socioeconómico de los diversos grupos sociales (Richardson 1985, Röling 1988, Kloppenburg 1991, Banco mundial 1992, Chambers 1993, Castro *et al.* 1995). Además recomendaciones técnicas que caracterizaron las relaciones entre los investigadores, los extensionistas y los agricultores se deben modificar para un proceso de aprendizaje. Se ha evidenciado la capacidad creativa del agricultor en algunas partes del mundo (Rhoades and Booth 1982, Richardson 1985, Hildebrand 1990, Ashby 1991, Rhoades 1993, Maurya 1993, Gupta 1993, Box *et al.* 1993).

Sin embargo, esto no sugiere la sustitución de la investigación en las estaciones experimentales o en los laboratorios. La innovación es un cambio de actitud que tiene como objetivo la complementariedad del conocimiento y las experiencias de los agricultores (Röling 1988, Kloppenburg 1991, Rhoades 1993, Maurya 1993, Drinkwater 1994). El acercamiento participativo se ha introducido como alternativa para integrar el conocimiento de los agricultores en el proceso de la innovación tecnológica (Chambers 1992).

En el documento se describe los resultados de talleres y encuestas del SICA-papa, desarrollados por la Fundación PROINPA y ASAR con el marco del proyecto IFAD.

<sup>1</sup> El documento es un resumen del artículo original de la Revista de Agricultura 42 (60): 9 -14.

<sup>2</sup> Fundación PROINPA, Casilla 4285, Cochabamba, Bolivia.

<sup>3</sup> Asociación de riegos del Municipio de Sacaba. Cochabamba, Bolivia.

<sup>4</sup> ASAR, Casilla 1714, Cochabamba, Bolivia.

E mail: j.gabriel@proinpa.org

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se organizaron tres grupos de trabajo de acuerdo a las siguientes preguntas:

1. *¿Quiénes trabajan y cómo se informan sobre la producción de papa?*

Para desarrollar este tema se utilizó la técnica de *"lluvia de ideas"*, Conforme fueron identificados los actores y para facilitar el desarrollo de la metodología de matriz de comparación entre pares entre los actores, que permitió identificar el nivel de involucramiento en el proceso productivo de la papa. En ambos municipios se priorizaron los temas de semilla y comercialización de papa.

2. *¿Qué hacían y que hacen actualmente en la producción de papa en la zona?*

Para desarrollar ésta pregunta se utilizó la *"línea de tiempo"*, considerando como prioridad la participación de agricultores de mayor edad entre los asistentes al taller y otros que participaron en diferentes procesos de capacitación. Se consideró cronológicamente épocas conocidas o destacadas por los agricultores en los cuales se presentaron los mayores problemas para la producción de papa en la zona.

### Encuestas del SICA-papa con agricultores

En Morochata, se realizaron 79 encuestas en las comunidades de Putucuni, Wallata, Piusilla, Toldo Moqo, Cajas, Jatun Rumi y Compañía Pampa. En Pocona fueron realizadas 68 encuestas en las comunidades de Lope Mendoza, Waya Pacha, Coca Pata, Chullchunqani, Chaupi Rancho, Yachuj Mayu y Conda (Pocona).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Análisis del SICA mediante talleres

Participaron 32 agricultores de las comunidades de Piusilla-San Isidro, Chinchiri, Compañía Pampa, Yerbabuenani, Wallata, Iglesias, Toldo Mogo, Yayani. En Pocona participaron 28 agricultores de las comunidades de Chullchunqani, Lope Mendoza, Chaupi Rancho, Miska Mayu, Muyurina, Conda, Kewiña Pampa. En ambos sitios analizaron la situación actual sobre el Sistema de Información de Conocimientos Agrícolas del cultivo de papa (SICA-papa). Se observó que los vínculos principales se dan entre ASAR y PROINPA, SEPA con PROINPA y PROINPA con las organizaciones de agricultores. Se denota que existen otros vínculos pero de menor importancia entre otros actores. Los organismos gubernamentales no tienen vinculación en el tema con las organizaciones. La situación es más crítica en el tema comercialización, donde los mayores vínculos se dan entre SEPA y los AGRICULTORES, SEPA con ARADO y PROINPA con ASOCIACIONES DE AGRICULTORES principalmente.

### Análisis del SICA mediante la línea del tiempo

- Morochata

El análisis de la línea de tiempo mostró que en el año 1952 a inicios de la Reforma Agraria, los agricultores de Morochata producían papa en una proporción de 1:30. La incidencia de enfermedades e insectos eran bajas y se controlaban en forma natural. Se incorporaba estiércol de ovino. Los conocimientos acerca de la producción de papa eran de padre a hijo. La intervención de las instituciones era nula.

En los años 70 aparecieron en las alturas de Morochata el tizón de la papa (*Phytophthora infestans*) y el nematodo-rosario (*Nacobbus aberrans*). Para controlar estas enfermedades los agricultores utilizaban pesticidas recomendados por el IBTA y el SENAR,. Obtenían rendimientos entre 1:6 a 1:20. En esta época se introdujo la variedad Waych'a (*Solanum andigena*) y variedades resistentes al tizón desde Toralapa.

En la década del 90 el tizón adquiere mayor agresividad y aparecen otras plagas importantes como la polilla (*Phthorimeae operculella*), la llaja (*Frankliniella* sp.) y *Globodera* sp. Se disemina el nematodo-rosario (*Nacobbus aberrans*) en alturas y los rendimientos son afectados llegando a producir entre 1:10 a 1:15 en las alturas y 1:5 a 1:8 en las zonas bajas, que además son afectadas por sequías frecuentes. Aparecen varias instituciones.

- Pocona

En el año 1952, los agricultores tenían pocos problemas de plagas y enfermedades, los mas importantes fueron el piki piki (*Epitrix* sp.), Challu (*Epicauta* sp.), Kullu llaja (*Frankliniella* sp.) y komer kuru (coleoptera), razón por la que de una carga de papa sembrada se cosechaba entre 25 a 30 cargas (1:25 - 1:30). Los agricultores utilizaban abono o guano de ovino como enmienda orgánica para la fertilización de sus suelos y como única variedad la Qoyllu Runa. Para controlar la llaja (*Frankliniella* sp.) aplicaban ceniza o muña. El flujo de información y conocimiento con respecto a la producción de papa fue de padre a hijo.

En la década de los 70, aparece el gorgojo (*Pemnotrypes* sp.) y aparece el t'octu (*Phytophthora infestans*). ASAR fue la única institución que prestó sus servicios en la zona. En esta época los agricultores utilizan productos químicos como Malathion y Aldrin; para el control de insectos e introducen la variedad Imilla Blanca. Ya hubo intervención institucional en la capacitación y transferencia de tecnología.

En los años de 1990 al 1995, aparecen nuevos problemas fitosanitarios como: Kaspi Kuru (*Heliotis* sp., *Spodoptera* sp.) y silvi kuru (*Pemnotrypes* sp.); *Globodera* y Pantalón Blanco (*Rhizoctonia solani*). Se observa una disminución de los rendimientos (1:10). Otras instituciones u organizaciones inician actividades (PROINPA, INEDER, PDAI, IBTA y CASDEC), que contribuyen en la investigación y capacitación de los agricultores. Se introduce la variedad resistente al tizón K'ori Songo y las variedades Yana Imilla y Gendarme, esta última resistente al nematodo-rosario. En este año, el rendimiento disminuye hasta 1:7. Se introducen nuevas variedades mejoradas resistentes al tizón como: Puka Nawi, Runa Toralapa, y otras como Yana Imilla, Romano y Capiro.

En los años 2000 se introduce las variedades mejoradas de Jaspe, Robusta, India. La capacitación se realiza a través de talleres cursillos, ECAS y CIALs. En base a estos grupos se forman una asociación de productores de papa que inician con las primeras ventas a los centros de demanda.

## **Análisis del SICA mediante encuestas**

- Morochata

El 100% de los agricultores mencionaron que en suelos descansados o nuevos (phurmas) produce mejor la papa, y el 54% mencionan que esto es debido a que los suelos son sanos, fértiles y descansados. El 57% aprendió de su familia, el 41% mencionan que lo aprendió haciendo, el 28% enseñó a sus amigos y vecinos y el 52% menciona que lo ha comunicando hablando.

Las variedades más sembradas en Morochata son la Waych'a, Runa Toralapa y Robusta, con un rendimiento promedio de 1 - 30 cargas (0.06 – 1.76 ha), de los cuales el 46% lo destinan al mercado de Quillacollo y Cochabamba. Por otro lado, el 42% indican que aprenden de la familia y el 57% lo enseña a sus compañeros, conocidos y vecinos.

El 100% de los agricultores entrevistados mencionan que el tizón es la enfermedad más importante y mencionan que otras plagas importantes son el *Epitrix* sp., polilla y llaja (*Frankliniella* sp.). Para el control y prevención de tizón 57% de los agricultores mencionan que utilizan Ridomil. El 44% menciona que aprendieron de la familia y el 72% indicaron que enseñan a su familia.

- Pocona

En general en las comunidades de Pocona, como factores internos de información y conocimiento de papa, la familia es una de las principales fuentes de información, particularmente en lo referentes a manejo de suelos, manejo de enfermedades y plagas y labores culturales. Como factores externos son las instituciones las que aportan información y conocimiento, pero en menor proporción a la familia. En manejo y conocimiento de suelo, el 91% de los agricultores de Pocona mencionan que en suelos des-

cansados o nuevos (phurmas) produce mejor papa, y el 58% mencionan que esto es debido a que estos suelos son sanos y fértiles. El 52% lo ha aprendido de su familia, el 42% mencionan que aprendieron de la familia y el 72% indicaron que enseñan a su familia.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecemos a los Drs. Oscar Ortiz y Willy Pradel del CIP por la coordinación internacional de Proyecto "Integrating and scaling-up technologies for poor resource potato growers (TAG 652-CIP)". A los agricultores del municipio de Pocona y Morochata, por su participación activa en la ejecución del mismo; y al IFAD por el apoyo financiero para realizar las investigaciones en Bolivia desde el 2004 al 2007.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASHBY J. A. 1991. Adopters and adapters: the participation of farmers in on-farm research. In: Trupp R., ed. Planned change in farming systems: progress in on-farm research. Chichester: John Wiley, p.273-286.
- BOX L., S. VIRGILIO. 1993. theorem: a method for adaptive agricultural research. In: CHAMBERS, R.; PACEY, A.; THRUPP, L. A., ed. Farmer first: farmer innovation and agricultural research. London: Intermediate Technology Publications, p.61-68.
- CASTRO A. M., R.V.G. DE COBBE, W.J. GOEDERT. 1995. Prospecção de demandas tecnológicas: manual metodológico para SNPA. Brasília: Embrapa-DPD, 82p.
- CHAMBERS R. 1993. Reversals, institutions and change. In: CHAMBERS, R.; PACEY, A.; THRUPP, L. A., ed. Farmer first: farmer innovation and agricultural research. London: Intermediate Technology Publications, p.181-195.
- DRINKWATER M. 1994. Knowledge, consciousness and prejudice: adaptive agricultural research in Zambia. In: Scoones, I.; Thompson, J., ed. Beyond farmer first: rural people's knowledge, agricultural research and extension practice. London: Intermediate Technology Publications. p.32-40.
- GUPTA A. K. 1993. Scientists' views of farmers' practices in India: barriers to effective interaction. In: CHAMBERS, R.; PACEY, A.; THRUPP, L. A., ed. Farmer first: farmer innovation and agricultural research. London: Intermediate Technology Publications. p.24-30.
- HILDEBRAND P.E. 1990. Farming systems research-extension. In: JONES, J.G.W.; STREET, P.R., ed. Systems theory applied to agriculture and the food chain. London: Elsevier Applied Science. p.131-144.
- KLOPPENBURG J. R. 1991. Social theory and the de/reconstruction of agricultural science: local knowledge for an alternative agriculture. *Rural Sociology*, Auburn, v.56, n.4, p.519-548.
- MAURYA D.M. 1993. The innovative approach of indian farmers. In: CHAMBERS, R.; PACEY, A., Thrupp L. A., ed. Farmer first: farmer innovation and agricultural research. London: Intermediate Technology Publications. p.9-14.
- RHOADES R. Y R. H. BOOTH. 1982. Farmer-back-to farmer a model for generating acceptable agricultural technology. *Agricultural Administration*, Essex, v.11, p.127-137.
- RHOADES R. 1993. The role of farmers in the creation of agricultural technology. In: chambers, R.; pacey, a.; thrupp, L. A., ed. Farmer first: farmer innovation and agricultural research. London: Intermediate Technology Publications. p.3-9.
- RICHARDSON P. 1985. Indigenous agricultural revolution. London: Hutchinson. 192p.
- ROLING N. 1988. Extension science: information systems in agriculture development. Cambridge: Cambridge University. 233p.
- VAN DER BAN A. W., H. S. HAWKINS. 1996. Agricultural extension. Carlton: Blackwell Science. 294p.
- WORLD BANK. 1992. Development and the environment. Oxford: Oxford University Press (World Development Report 1992).

## **COMERCIALIZACIÓN**

# NEWCO: TECNOLOGÍAS EN PATATA

Carrasco A.<sup>1</sup>; Pascualena J.; Ruiz de Galarreta J.I.<sup>2</sup>; Albizu A.<sup>2</sup>; Hormilla S.<sup>2</sup>; Ortiz Barredo A.<sup>2</sup>

## INTRODUCCIÓN

NEWCO es una nueva empresa de base tecnológica que nace para la transferencia de conocimiento científico y el desarrollo de tecnologías en el ámbito de la producción de patata. Para conseguir estos objetivos, la selección de variedades para los diferentes mercados figura como uno de sus principales fines, además de la introducción e implantación de las nuevas tecnologías productivas en la cadena de valor de la producción y la transformación en patata. En resumen, se persigue la búsqueda de nuevas oportunidades tecnológicas que den mayor valor añadido a este cultivo.

Los promotores y referentes que avalan el proyecto son:

- A) NEIKER-Tecnalia que posee una dilatada experiencia en I+D en patata, que va desde el ámbito molecular al agronómico pasando por el desarrollo de nuevas variedades. Desde hace años mantiene una estrecha interlocución con el sector productor y colaboraciones en el ámbito de I+D con Administraciones, Empresas, Universidades, Asociaciones, etc. tanto a nivel nacional como internacional
- B) NEIKERTEK: Modelo de transferencia de tecnología y conocimiento
- C) SOCIOS SECTORIALES: Productores y comercializadores de patata siembra y consumo y el sector de la industria transformadora

Así, la empresa está participada por NEIKERTEK, por las entidades de producción y/o comercialización de patata de siembra y por las entidades de producción, comercialización y/o transformación de patata de consumo. Entre los agentes relacionados con el sector productor y transformador de la patata que son socios de NEWCO se encuentran Alavesa de Patatas, Nuestra Sra. de Ocón, Semillas Clemente, Garlan S. Coop., UDAPA, Natuber, Celigüeta y Zarabiku. Todos ellos son de gran importancia para poder dar un enfoque integral al proyecto del que se pretende que salga fortalecido el sector. Además, cuenta con el apoyo institucional de la Diputación Foral de Álava y del Departamento de Agricultura, Pesca y Alimentación del Gobierno Vasco.

## OBJETIVOS

Entre los objetivos perseguidos por NEWCO se encuentra el estudio de los mercados posibles para las variedades obtenidas por NEIKER, labor que se realizará en estrecha colaboración con las entidades de patata de siembra y comercializadores y transformadores de patata de consumo. Además, se dará apoyo a las líneas de mejora genética y agronomía de NEIKER para poder establecer una red exterior de evaluación de los clones que permita acercar los nuevos materiales al mercado; labor que se realizaría previamente al Registro Varietal. Finalmente, y de cara al futuro se quiere incluir la promoción y asesoramiento a agricultores, formalización de contratos para esta estructura y el asesoramiento técnico en campo, sin olvidar el esfuerzo que hay que realizar en la formación continua para todo el sector. Todo esto va encaminado a la consolidación del mismo, ofreciendo un producto en el que se prime la calidad y el rendimiento, sin perder de vista los nuevos sistemas de producción cada vez más respetuosos con el medio ambiente y atentos a la demanda del mercado.

---

<sup>1</sup> NEWCO. Parque Tecnológico Arkaute. Campus Agroalimentario de Arkaute. Apdo. 46. E-01080 Vitoria-Gasteiz. info@newco.com

<sup>2</sup> NEIKER Tecnalia. Parque Tecnológico Arkaute. Campus Agroalimentario de Arkaute. E-01080 Vitoria-Gasteiz. aortizb@neiker.net

## LÍNEAS DE ACTIVIDAD

Las actividades previstas que se van realizar son las siguientes:

1. Obtención de nuevas variedades seleccionadas en base a criterios y parámetros de mayor valor añadido relacionados con:

- El sistema de producción y cultivo, concretamente con las resistencias a enfermedades fúngicas, virus, nematodos y con la adaptación a los factores edafoclimáticos del área de cultivo.
- La calidad del producto y diferenciación mediante certificaciones.
- El manejo y la conservación del producto teniendo en cuenta la aptitud frente al lavado y otras manipulaciones como las nuevas prácticas de conservación en frío y sin el empleo de antigerminantes.
- Los procesos específicos industriales: chips, prefrita-congelada (*french fries*), purés e industria feculera.
- Los nuevos nichos de mercado.

Estas variedades son obtenidas según el esquema de mejora de NEIKER que se basa en la realización de cruzamientos y posterior selección clonal. Se utilizan aproximadamente 65 genitores cada campaña de cruzamientos, sembrándose unas 200-250 familias por año y unas 100-200 semillas por familia. Anualmente se evalúan entre 200.000 y 500.000 plantas. Finalmente, se realizan campos de demostración y promoción para el registro de las nuevas variedades. Entre las variedades obtenidas por NEIKER figuran Nagore (1990), Zorba (1994) y Gorbéa (2003) y como clones más avanzados de cara a un futuro registro varietal EMP 00-104 y EMP 00-284.

2. Implantación de sistemas de producción especializada de semilla seleccionada, producción “a la carta” de las variedades y categorías de interés, con estrictos controles de calidad:

- Saneamiento de la variedad mediante termoterapia si se ve profundamente afectada por la infección por virus.
- Introducción de la variedad “in vitro” para la micropropagación de plantas. Todas las introducciones son analizadas de los principales virus de patata y de patógenos de cuarentena.
- Transplante a invernadero en bateas con turba para la aclimatación y el crecimiento de las plántulas producidas *in vitro*.
- Transplante de las plantas a bancadas de invernadero. Producción de minitubérculos (categoría G-2).
- Plantación de minitubérculos en túnel de plástico. Producción de tubérculos de categoría prebase.
- Plantación en campo de tubérculos para la obtención de semilla prebase, base y certificada.

3. Diseño de innovadores modelos de producción, optimizados e integrales, enfocados a mercados emergentes de la patata. Cada vez se tienen más en cuenta factores medioambientales y de seguridad alimentaria por lo que se prestará especial interés a la producción integrada y ecológica. Además, se explorará la producción con fines ajenos al alimentario

4. Búsqueda de nuevas oportunidades de negocio basadas en el cultivo de variedades para los nuevos usos y hábitos de consumo mediante:

- La prospección la diversidad genética de la patata en variedades latinoamericanas.
- La identificación de valores nutricionales y relación con los nuevos hábitos alimentarios y perfiles de consumidores.
- Asociar las nuevas variedades a los mercados “diana”.



**PÓSTER**

# 1. PAPASALUD - EVALUACIÓN DE PAPAS NATIVAS PARA LA AGRICULTURA SOSTENIBLE

E. Ritter<sup>1</sup>, JI. Ruiz de Galarreta<sup>1</sup>, L Barandalla<sup>1</sup>, R. López<sup>1</sup>, M. Huarte<sup>2</sup>, S. Capezzio<sup>2</sup>, X. Cuesta<sup>3</sup>, J. Rivadeneira<sup>3</sup>, F. Vilaró<sup>4</sup>, J. Gabriel<sup>5</sup>, M. Scurrah<sup>6</sup>, R. Canto<sup>6</sup>, W. Amoros<sup>7</sup>, A. Forbes<sup>7</sup>, M. Bonierbale<sup>7</sup>

Las especies de “Papas nativas” (NPS) son especies cultivadas del género *Solanum*, que no son ni patatas ordinarias (*Solanum tuberosum* ssp.) ni especies silvestres, pero producen tubérculos varipintos. Estas especies nativas se cultivan bajo duras condiciones ambientales donde las variedades comerciales de patata no pueden competir.

Durante siglos estas “Papas nativas” han sido localmente seleccionadas por los campesinos andinos con el fin de subsistir bajo las severas condiciones ambientales de los Andes. Dichos agricultores son capaces de seleccionar y mantener una alta diversidad de germoplasma con excelentes cualidades organolépticas, cultivando papas nativas de diferentes ploidías, resistencia a enfermedades y estreses dentro de una misma parcela de cultivo. Algunas entradas tienen buenas características para el procesamiento (Bonierbale et al. 2004). Sin embargo, hasta el día de hoy estos valiosos recursos no han sido explotados eficientemente a causa del aislamiento geográfico (Huanco 1991).

Algunas introducciones de papas nativas existen también en Europa. En las Islas Canarias la “papa negra” (= *S. chaucha*) y otras antiguas variedades autóctonas son muy apreciadas. Aunque su productividad es baja, los precios elevados de venta en el mercado les hacen un cultivo lucrativo.

Ocasionalmente podemos encontrar algunas patatas de la especie género *S. phureja* procedentes de Ecuador o Colombia como la “Criolla” o la “Yema de Huevo” que se venden con precios elevados en los supermercados Europeos.

En el marco del proyecto “Papasalud” un consorcio de siete participantes de seis países, se están evaluando las propiedades de NPS, mejorando y seleccionando genotipos apropiados con características superiores y promocionando su explotación.

Detalles sobre el proyecto, las metodologías empleadas y resultados actuales se pueden encontrar en la página WEB del proyecto: <http://www.neiker.net/neiker/papasalud>.

Dicho proyecto se divide en cinco partes. La primera considera la elección y preparación del material vegetal, su distribución y multiplicación para diferentes análisis y evaluaciones en ensayos de campo. Todos los colaboradores han adquirido las diferentes entradas de diferentes especies nativas del género *Solanum* y han establecido cultivos in vitro de las entradas. Se trabaja con una docena de diferentes especies. Cada colaborador ha multiplicado el material vegetal requerido para realizar los diferentes análisis y ensayos de campo previstos.

A parte del material específico de cada socio, se ha definido el material vegetal común de referencia que se utilizará en todo los ensayos y servirá para comparar los resultados obtenidos en diferentes localidades. Estas siete entradas comunes se han multiplicado mediante cultivo in vitro. Los detalles sobre el germoplasma que se utiliza se pueden ver en la página WEB del proyecto. Adicionalmente, se

<sup>1</sup> NEIKER – Tecnalia. Campus Agroalimentario de Arkaute. Aptdo. 46. 01080 Vitoria-Gasteiz, Spain.

<sup>2</sup> INTA - Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, EEA Balcarce, C.C. 276, (7620) Balcarce, Argentina.

<sup>3</sup> INIAP - Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, Est. Exp. Santa Catalina, Panamericana Sur km 1, Quito, Ecuador.

<sup>4</sup> INIA - Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, Est. Exp. Las Brujas, Ruta 48 Km. 10, Canelones, Uruguay.

<sup>5</sup> PROINPA - Fundación Promoción e Investigación de Productos Andinos, P.O. Box 4285, Cochabamba, Bolivia.

<sup>6</sup> NGO “Grupo Yanapai”, Atahualpa 297, Concepción (Junin), Perú <sup>7</sup>CIP – International Potato Center, Apartado 1558, Lima 12, Perú.

multiplicaran genotipos con características superiores o material selecto de los programas de mejora genética y se distribuirá entre los agricultores locales.

En la segunda parte del proyecto se realizan evaluaciones agronómicas del material vegetal y de resistencia a plagas y enfermedades en diferentes localidades incluyendo localidades con condiciones adversas. Se evaluará también el comportamiento postcosecha, las propiedades organolépticas y la aptitud para el procesado, así como el contenido potencial de sustancias perjudiciales y propiedades nutricionales.

Por otro lado se están determinando los niveles de resistencia contra las plagas y enfermedades más importantes de la patata en bioensayos. Estos análisis se completan con evaluaciones de campo. Los primeros resultados muestran que existen entradas con resistencias o resistencias parciales a diferentes virus comunes de la patata, al oomicete *Phytophthora infestans*, al nematodo *Globodera pallida* y a la bacteria *Erwinia carotovora*. Algunas entradas poseen incluso resistencias a múltiples patógenos.

Asimismo, se analiza la capacidad de acumular sustancias perjudiciales como glicoalcaloides y nitratos así como la capacidad de formar acrilamida en el procesado como chips o patatas fritas. Los primeros resultados muestran entradas con características favorables para el procesado.

Las evaluaciones nutricionales incluyen la evaluación de la composición general de los tubérculos, su contenido en minerales y proteínas, así como vitaminas y flavonoides antioxidantes. En los primeros análisis hemos encontrado genotipos con características nutricionales favorables, con valores altos de materia seca y ricos en minerales.

El comportamiento agronómico se evalúa en diferentes ensayos de campo. Los análisis incluyen la evaluación de los componentes del rendimiento: producción, número y peso medio de tubérculo, así como la uniformidad de tamaño, incidencia de enfermedades y plagas y análisis de longitud de estolones, floración y ciclo.

Adicionalmente se evalúan las tolerancias a estreses abióticos en ensayos de campo específicos. Parcialmente se mide el potencial hídrico (tolerancia a la sequía) y la fluorescencia de la clorofila (tolerancia al frío).

También se evaluará el comportamiento post cosecha analizando la dormancia, incidencia de enfermedades y plagas durante el almacenamiento y pérdida de rendimiento.

Los análisis de procesado incluyen las características organolépticas, la determinación de su contenido en materia seca y azúcares reductores, y la evaluación del procesado (patata cocida, chips, patatas fritas) utilizando metodología estándar (Bonierbale et al. 2007). Los primeros resultados muestran entradas con características favorables para el procesado.

En la tercera parte se analiza la biodiversidad con respecto a genes candidatos de resistencia a diferentes estreses bióticos y abióticos y de calidad. Se están también analizando posibles asociaciones entre alelos específicos y niveles de expresión de caracteres. Hasta la fecha hemos analizado la variación alélica de diferentes genes candidatos (LRP, Porinas, Patatina, Ef1 y otros) en una colección de NPS utilizando metodología estándar (Sambrooks et al. 1989). La variabilidad alélica varía considerablemente en función del gen analizado.

La cuarta parte del proyecto considera actividades de mejora genética para combinar características favorables del material inicial y seleccionar genotipos mejorados. Hasta la fecha los socios han obtenido numerosos cruzamientos tanto entre diferentes entradas de NPS como en cruzamientos con *S. tuberosum*. Las primeras progenies se están evaluando en campo.

La quinta parte del proyecto considera la explotación, difusión y transferencia de los resultados obtenidos, de las tecnologías aplicadas y del material vegetal seleccionado.

Esta tarea incluye también la evaluación de la aptitud de comercialización de papas nativas por profesionales involucrados en la comercialización y el uso de patata y sus derivados, y por cocineros y procesadores de patata. El análisis incluye la determinación de características favorables así como la identificación de debilidades, representando retos para la mejora genética posterior.

Por otra parte se determinan factores técnicos y agronómicos favorables para la producción de entradas prometedoras. Se consideran prácticas de manejo, cosecha y tratamientos post cosecha así como los costes de producción de papas nativas comparado con los de otros cultivos. Se identifican mercados potenciales de venta de papas nativas y se desarrollarán estrategias para la comercialización efectiva de papas nativas. Se evalúa su impacto y su potencial de generar ingresos adicionales para los pequeños agricultores.

Se han realizado talleres regionales con agricultores y representantes de asociaciones de agricultores en diferentes países latinoamericanos para informar sobre el proyecto y los resultados y para dar recomendaciones para el cultivo y manejo de papas nativas.

## **AGRADECIMIENTOS**

Parte de este trabajo se financia por el proyecto CYTED 407PIC0306 (Papasalud) y el proyecto INIA RTA2008-00045-C02-01 (Genpapa).

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- BONIERBALE, M. AMOROS, W. GOMEZ, R. BERNET, T. Value-added options for native potato *diversity*. American Journal of Potato Research. 2004. 81: 47.
- BONIERBALE M, DE HAAN S, FORBES A. 2007. Procedures for standard evaluation trials of advanced potato clones. An International Cooperators' Guide. International Potato Center (CIP), Lima, Peru
- HUANCO, V. 1991. Potencial de las papas amargas en el altiplano de Puno. Perú. P25-26. In : J. Rea and J. J. Vacher (eds.). La papa amarga. I Mesa Redonda: Perú-Bolivia, La Paz, 7 y 8 de Mayo, 1991. Orstom, La Paz, Bolivia.
- SAMBROOK J., FRITSCH E. F., MANIATIS T 1989. Molecular Cloning. A laboratory manual. Cold Spring Harbour Laboratory Press, New York

## 2. EVALUACIÓN DE CLONES Y/O VARIEDADES EN TRES PROVINCIAS DE LA SIERRA ECUATORIANA (COTOPAXI, TUNGURAHUA Y CHIMBORAZO) Y PARTICIPACIÓN EN EVENTOS DE DIFUSIÓN

Rivadeneira J.<sup>1</sup>, Bonilla N<sup>1</sup>, Yanez E<sup>1</sup>, Carrera E<sup>1</sup>, Villaroel A<sup>2</sup>, Pinduisaca L.<sup>2</sup>, Narváez G<sup>2</sup>, Espin P<sup>2</sup>. y Cuesta X<sup>1</sup>.

**Palabras claves:** Evaluación participativa, clones, tizón tardío, mejoramiento

### RESUMEN

En el Ecuador la papa constituye uno de los principales cultivos del cual dependen económicamente más de 200.000 familias. Las preferencias de los consumidores por la variedad de papa en lo que es color, forma, usos, varían dependiendo de la región. Lo cual sumado al cambio en el hábito de consumo de las personas ha provocado un incremento del consumo de papa procesada, además la continua aparición de nuevas razas de *Phytophthora infestans* (Tizón tardío), hacen necesario la permanente búsqueda de nuevas variedades que puedan ser alternativas o reemplazo a las que se cultivan actualmente. Las nuevas variedades deben reflejar las preferencias de los diferentes actores de la agrocadena (consumidores, comerciantes, procesadores, etc.) y deben tener mejores características agronómicas, de calidad y de resistencia al tizón tardío que las variedades que se cultivan actualmente.

Para lo cual en el ciclo 2007-2008 con el apoyo del Proyecto Latinpapa con financiamiento del INIA de España y Fontagro se establecieron 3 ensayos de evaluación y selección de clones con agricultores del CONPAPA en localidades ubicadas entre los 2800 y 3400 m de altitud de la Provincia del Chimborazo – Ecuador. Se evaluaron 32 clones promisorios del Programa de mejoramiento más 8 variedades mejoradas. Se registró información del porcentaje de emergencia, altura de planta, senescencia, rendimiento y sus componentes. Los agricultores (as) realizaron su evaluación a la cosecha.

Fueron seleccionados cuatro clones: 99-32-1, 98-11-6, 99-78-5, R-2, 04-24-01, 99-66-4, de los cuales sobresale el clon 99-32-1 el cual se ubicó en los primeros lugares en las tres localidades con rendimientos por planta entre 0.79 y 1.44 kg. Además obtuvo el primer lugar en la evaluación con los agricultores(as), seleccionado tanto por los hombres como por las mujeres en partes iguales. A diferencia de la variedad Brenda que también fue seleccionada pero por un mayor porcentaje (70%) por las mujeres.

Los clones seleccionados en acuerdo con los agricultores se evaluarán por otro ciclo en parcelas más grandes con el objetivo de seleccionar al menos uno con características para ser utilizado como una futura variedad. Paralelamente se iniciará el proceso de limpieza de virus y la producción de semilla de calidad.

Como parte de las actividades de difusión del Proyecto Latinpapa se participó en tres eventos de difusión: 1) Feria Sana Soberana y Solidaria en Macají Riobamba, del 20-22 de junio, con la asistencia de 1000 personas 2) Feria de Biodiversidad de papa en Colta – Riobamba, del 30 julio, con la participación de 600 personas y 3) en la segunda feria agropecuaria en Quero Tungurahua, realizada el 2 de agosto, con la participación de alrededor de 1000 personas. En cada sitio se presentó en un stand con las diferentes actividades que desarrolla el Programa de mejoramiento: Conservación y caracterización de germoplasma, selección de progenitores, cruzamientos, evaluación y selección de clones, multiplicación de semilla y complementaria el desarrollo de componentes de manejo integrado del cultivo.

<sup>1</sup> Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Programa Nacional de Raíces y Tubérculos rubro papa. Panamericana Sur km 1 Quito Ecuador. Email: rivadeneira@fapapa.org.ec

<sup>2</sup> Agricultores promotores del Consorcio de productores de papa (CONPAPA-Chimborazo)

<sup>3</sup> Técnicos de producción y semillas del CONPAPA-Chimborazo, Boyacá y Juan Montalvo. Email: forticonpapa@hotmail.com

### 3. ÁCIDOS ORGÁNICOS EN VARIEDADES DE PAPAS ANTIGUAS DE CANARIAS

Rodríguez B<sup>1</sup>, Hernández L<sup>1</sup>, Ríos D<sup>2</sup>, Rodríguez E<sup>1</sup>, Díaz C<sup>1\*</sup>

#### INTRODUCCIÓN

Los ácidos orgánicos son componentes de frutas y verduras con interés bromatológico y nutricional. Se pueden utilizar como sustrato para la producción de energía y contribuyen a la acidez y pH del producto, lo cual está relacionado con la estabilidad microbiológica. El ácido cítrico, uno de los más abundantes, tiene un importante papel por su efecto complejante de metales oxidantes, y por tanto tiene una función antioxidante sinérgica a la vitamina C. Por otra parte, el ácido málico es un importante indicador de la frescura de frutas y tubérculos, y su concentración se incrementa en el período de conservación, en detrimento del ácido cítrico. El ácido oxálico tiene importancia desde un punto de vista nutricional, ya que forma sales insolubles con el calcio y otros cationes divalentes disminuyendo su biodisponibilidad.

En este trabajo se determinó el contenido de ácidos orgánicos en diferentes variedades tradicionales de papas de Canarias, con objeto de establecer diferencias entre ellas. Algunas de estas variedades de papas fueron cultivadas en dos zonas de la isla de Tenerife para así evaluar la influencia del suelo sobre el contenido en estos ácidos orgánicos. Se aplicó el análisis discriminante para tratar de clasificar las muestras de papas en función de la variedad y zona de cultivo.

#### MATERIAL Y MÉTODOS

*Muestras.* Un total de 47 muestras ( $\approx 0,5$  kg) de papas fueron muestreadas por técnicos del Centro para la Conservación de la Biodiversidad Agrícola de Tenerife (CCBAT). Las muestras de papa eran de las siguientes variedades: Bonita, Bonita negra, Azucena negra, Mora, Borralla, Terrenta, Colorada de Baga, Negra, Peluca blanca y Palmera lagarteada. Las muestras procedían de dos cultivos experimentales zonas del municipio del Rosario: El Castillo y La Cañada, cuyos suelos se han clasificado como andisoles y alfisoles (Soil Conservation Service. USDA, 1999) respectivamente. Las condiciones agronómicas y climáticas de ambos cultivos fueron muy similares.

*Métodos analíticos.* Todos los ácidos orgánicos se determinaron por HPLC acoplado a un detector de diodo-array (Hernández et al. 2008). Las muestras de papa fresca y homogeneizada se extraen con etanol (80%), se pasan sucesivamente a través de un cartucho Sep-Pack C18 y un filtro ( $0,45 \mu$ ), y seguidamente se inyectaron en la cabeza de la columna cromatográfica. El ácido ascórbico se determinó por un método volumétrico con 2,6-diclorofenol-indofenol previa extracción de la muestra con metafosfórico (3%) (AOAC, 1990).

#### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

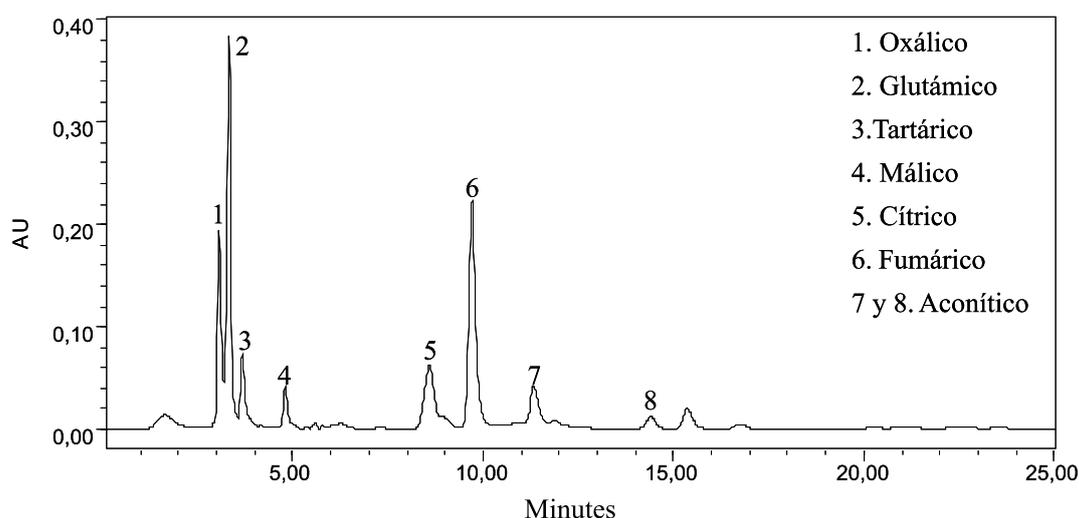
En la Figura 1 se presenta un cromatograma de una muestra de papa analizada.

---

<sup>1</sup> Departamento de Química Analítica Nutrición y Bromatología. Universidad de La Laguna. 38201-La Laguna, Tenerife.

<sup>2</sup> Servicio Técnico de Agricultura y Desarrollo Rural. Cabildo Insular de Tenerife. Plaza de España s/n. 38003-Santa Cruz de Tenerife.

\* Corresponding author. Tel.: +34-922-318049; Fax: +34-922-318003. E-mail address: cdiaz@ull.es.



**Figura 1.** Cromatograma de ácidos orgánicos en una muestra de papa

En esta figura se puede observar la buena resolución de los siete picos cromatográficos identificados correspondientes a los ácidos orgánicos: glutámico, oxálico, málico, tartárico, cítrico, fumárico y aconítico. La identificación de los picos se realizó chequeando el tiempo de retención y el espectro de absorción en los picos cromatográficos.

En la Tabla 1 se presentan los resultados (media±desviación estándar) de los ácidos orgánicos determinados, agrupando las muestras en función de la variedad. El glutámico fue el ácido mayoritario, seguido por el cítrico. Luego se sitúan los ácidos tartárico, oxálico, ascórbico y málico, y con cantidades más bajas el aconítico y fumárico. Se encontraron diferencias entre las concentraciones medias obtenidas en todos los ácidos orgánicos estudiados, excepto glutámico y oxálico, en función de la variedad. Se pueden destacar las variedades Bonita y Bonita negra porque muestran los valores medios mayores de los ácidos ascórbico, fumárico y aconítico. Los contenidos mayores de cítrico se detectaron en las variedades Palmera lagarteaada y Peluca blanca, y esta segunda variedad mostró también los valores medios más elevados para los ácidos orgánicos. La variedad Colorada de baga tenía el valor medio mayor de ácido málico, con diferencias significativas con respecto al resto de variedades.

**Tabla 1.** Resultados (media±desviación estándar) de los ácidos orgánicos agrupando las muestras en función de la variedad

Variedad	Glutámico	Tartárico	Málico	Oxálico	Cítrico	Ascórbico	Fumárico	Aconítico
Bonita	1052±157	86,2±20,8	9,5±2,1	28,2±13,3	170±50	25,9±5,1	0,47±0,06	1,78±0,23
Bonita negra	947±439	74,9±23,3	6,8±3,1	27,1±8,8	230±79	31,1±11,4	0,33±0,12	1,93±0,60
Azucena negra	508±55	62,2±13,8	6,9±1,6	25,4±5,2	144±29	14,5±1,3	0,40±0,14	1,39±0,46
Mora	937±223	27,1±6,5	5,2±1,6	23,6±2,5	161±36	12,9±2,2	0,21±0,09	0,75±0,32
Boralla	786±264	31,6±7,3	8,0±2,3	33,1±12,5	206±39	10,5±1,2	0,39±0,17	1,06±0,43
Terrenta	408±112	47,3±5,9	7,5±0,6	25,0±2,6	137±9	14,1±1,5	0,17±0,01	0,97±0,05
Colorada de Baga	789±208	69,2±27,0	12,3±4,1	32,9±14,1	227±116	14,3±2,6	0,40±0,26	1,42±0,31
Negra	758±332	73,0±19,9	5,3±1,6	29,1±8,7	278±74	16,0±3,1	0,30±0,12	1,07±0,36
PelUCA blanca	1081±622	63,2±35,7	8,2±2,7	34,3±7,6	379±149	15,2±4,5	0,91±0,50	1,93±0,43
Palmera lagarteaada	1029±253	50,4±10,5	5,6±1,4	27,8±8,8	382±97	17,3±3,9	0,32±0,06	0,65±0,15
<b>Total</b>	<b>854±352</b>	<b>56,2±25,9</b>	<b>7,5±3,1</b>	<b>29,2±9,3</b>	<b>247±118</b>	<b>16,1±6,3</b>	<b>0,40±0,29</b>	<b>1,24±0,55</b>

Todos los datos expresados como mg/kg de muestra fresca.

Cuando se analizan los datos en función de la zona de muestreo se deduce que la influencia de la zona de muestreo sobre la composición en ácidos orgánicos es diferente en función de la variedad (Tabla 2). Se observa que las muestras de la variedad Colorada de baga producidas en la zona de el Castillo tenían mayores contenidos de todos los ácidos orgánicos, excepto de ácido ascórbico el cual tenía un comportamiento inverso, que los contenidos encontrados en las muestras procedentes de la Cañada. Asimismo, en la variedad Mora se observó una clara influencia de la zona de producción, con valores de todos los ácidos (excepto málico y oxálico) mayores también en las muestras de la zona de el Castillo. En el resto de las variedades la influencia de la zona de producción fue significativa sólo para algún ácido orgánico.

**Tabla 2.** Resultados (media±desviación estandar) de los ácidos orgánicos analizados agrupando las muestras por orígenes y variedades

Variedad	Origen	Oxálico	Glutámico	Tartárico	Málico	Cítrico	Ascórbico	Fumárico	Aconítico
Mora	Cañada	25,0±1,2	741±90	21,6±3,7	4,70±1,05	132±14	11,2±1,6	0,13±0,02	0,48±0,06
	Castillo	22,3±2,8	1133±36	32,7±1,3	5,70±2,16	189±26	14,6±1,1	0,28±0,05	1,03±0,18
Boralla	Cañada	40,5±14,1	652±161	28,3±6,5	7,30±2,45	191±41	10,4±1,7	0,25±0,08	0,81±0,52
	Castillo	25,7±5,1	919±308	34,9±7,7	8,72±2,34	222±38	10,5±0,8	0,53±0,08	1,30±0,13
Colorada de Baga	Cañada	21,6±2,6	607±95	46,7±3,4	8,57±0,24	123±12	16,5±0,9	0,17±0,03	1,15±0,03
	Castillo	44,2±10,2	970±12	91,7±17,2	15,9±1,00	332±29	12,2±1,5	0,63±0,05	1,68±0,17
Negra	Cañada	30,4±7,1	686±156	73,2±10,7	4,74±1,01	270±79	13,7±0,6	0,20±0,05	0,96±0,14
	Castillo	27,9±11,6	830±485	72,8±29,5	5,76±2,19	287±85	18,2±2,9	0,39±0,05	1,17±0,52
Peluca blanca	Cañada	34,9±6,4	1092±973	67,9±55,1	6,65±2,97	312±178	18,2±4,7	0,49±0,22	1,57±0,15
	Castillo	33,7±10,1	1069±141	58,4±9,5	9,85±1,47	445±102	12,1±0,6	1,33±0,24	2,28±0,25
Palmera lagarteada	Cañada	22,8±5,2	1122±288	44,5±6,5	4,46±0,53	314±43	17,6±5,5	0,29±0,06	0,70±0,19
	Castillo	32,8±9,5	936±225	56,4±11,2	6,81±0,63	450±88	17,1±2,6	0,36±0,06	0,61±0,12

Todos los datos expresados comomg/kg de muestra fresca.

Aplicando un análisis discriminante lineal paso a paso (stepwise), en cada una de las zonas de forma independiente, para diferenciar las muestras en función de la variedad, se observaron comportamientos diferentes en función de la zona. Así las muestras de la Cañada presentaron un muy baja clasificación correcta (40%; 30% después de validación cruzada), seleccionando sólo el ácido aconítico; mientras que en el caso de la zona del Castillo, la esta clasificación fue elevada (100%; 77,8% después de validación cruzada), seleccionando los ácidos málico, tartárico, cítrico y fumárico. Cuando el análisis discriminante “stepwise” se realiza para clasificar las muestras en función de la zona de producción, se observa que seleccionando los ácidos fumárico y aconítico, se obtiene una clasificación moderadamente alta (83,3%; 81,3% después de validación cruzada).

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- HERNÁNDEZ SUÁREZ, M.; RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ, E. M.; DÍAZ ROMERO, C. Analysis of organic acid content in cultivars of tomato harvested in Tenerife. *Eur. Food Res. Technol.* 2008, 226, 423–435.
- AOAC. Official methods of analysis of AOAC: Food composition; additives; natural contaminants. Helrich, K., Ed.; AOAC: Arlington, 1990; Vol. n° II.
- SOIL CONSERVATION SERVICE. U.S.D.A, (1999). “Soil Taxonomy” A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys . Second Edition. 871 p.

# 4. COMPOSICIÓN QUÍMICA GENERAL DE DIFERENTES VARIEDADES DE PAPAS PROCEDENTES DE DOS ZONAS DE LA ISLA DE TENERIFE

Rodríguez B<sup>1</sup>, Hernández L<sup>1</sup>, Ríos D<sup>2</sup>, Rodríguez E<sup>1</sup> y Díaz C<sup>1\*</sup>

## INTRODUCCIÓN

El cultivo de papas produce más materia seca y proteína por hectárea que los cereales (Burton, 1989), siendo uno de los cultivos más importantes del mundo. La composición química de papas producidas en Tenerife puede variar en función de diversos factores:

1. Variedad. Hay aproximadamente entre 20 y 25 variedades de papas en Canarias, que se clasifican habitualmente en dos grupos: a) Papas tradicionales o "Papas Antiguas", las cuales fueron introducidas en Canarias hace varios siglos y pertenecen a la especie *Solanum tuberosum* spp. *tuberosum*, *Solanum tuberosum* spp. andígena y *Solanum x chaucha*. Probablemente, ellas están emparentadas con las papas de los Andes; b) Papas de importación reciente, las cuales han sido importadas desde las islas británicas en el siglo pasado. Las variedades de este grupo pertenecen a la especie *S. tuberosum* ssp *tuberosum*;
2. Condiciones climáticas. El clima en Canarias se caracteriza por temperaturas muy moderadas en zonas costeras. Sin embargo, debido a una acentuada orografía en algunas islas, y dirección de los vientos, existen zonas con humedad y temperatura específicas o "microclimas";
3. Composición de suelos. El suelo de las islas Canarias se caracteriza por ser de naturaleza volcánica, pero las características y composición de los suelos cambian en función de la zona de cultivo; 4) Prácticas agrícolas. Existen muchos factores que afectan la composición química de papas, tales como métodos de cultivo, fertilizantes y pesticidas usados, tipo y calidad del agua de irrigación, así como condiciones de conservación y comercialización.

En este trabajo se determinó la composición química general (humedad, almidón, porcentaje de amilosa, proteínas, fibra, cenizas, fenoles totales, pH y acidez) en las diferentes variedades tradicionales de papas de Canarias, con objeto de caracterizarlas desde un punto de vista químico. Algunas de estas variedades de papas fueron cultivadas en dos zonas de la isla de Tenerife para así evaluar la influencia del suelo sobre la composición química. Se aplicó el análisis discriminante para tratar de clasificar las muestras de papas en función de la variedad y la zona de cultivo.

## MATERIAL Y MÉTODOS

**Muestras.** Un total de 47 muestras ( $\approx 0,5$  kg) de papas fueron muestreadas por técnicos del Centro para la Conservación de la Biodiversidad Agrícola de Tenerife (CCBAT). Las muestras de papa eran de las siguientes variedades: Bonita, Bonita negra, Azucena negra, Mora, Borralla, Terrenta, Colorada de Baga, Negra, Peluca blanca y Palmera lagarteada. Las muestras procedían de dos cultivos experimentales zonas del municipio del Rosario: El Castillo y La Cañada, cuyos suelos se han clasificado como andisoles y alfisoles (Soil Conservation Service. USDA, 1999) respectivamente. Las condiciones agronómicas y climáticas de ambos cultivos fueron similares.

---

<sup>1</sup> Departamento de Química Analítica Nutrición y Bromatología. Universidad de La Laguna. 38201-La Laguna, Tenerife.

<sup>2</sup> Servicio Técnico de Agricultura y Desarrollo Rural. Cabildo Insular de Tenerife. Plaza de España s/n. 38003-Santa Cruz de Tenerife

\* Corresponding author. Tel.: +34-922-318049; Fax: +34-922-318003. E-mail address: cdiaz@ull.es

**Métodos analíticos.** Los métodos usados fueron de la AOAC o similar. La humedad se determinó por desecación de en una estufa a 105°C durante 24 h, y las cenizas por calcinación a 550°C hasta obtener cenizas blancas, a partir de la muestra provenientes de la determinación de humedad. El almidón fue analizado por el método polarimétrico § 35 LMBG L 17.00-5 modificado por Egan et al. (1987). El porcentaje de amilosa se obtuvo mediante el método de Hoverkamp-Hermelink et al (1988). Las proteínas se determinaron por el método Kjeldahl (Factor = 6.25), mientras que la fibra se determinó por el método de Prosky et al (1998). Se determinó pH y acidez por potenciometría y volumetría respectivamente.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se presentan los resultados (media±desviación estándar) de los parámetros analizados, diferenciando las variedades. Se observaron diferencias significativas en los valores medios de todos los parámetros analizados, exceptuando los porcentajes de amilosa y cenizas, entre las diferentes variedades estudiadas. Las variedades Bonita, Bonita negra y Mora fueron las de mayor tamaño por unidad de tubérculo, mientras que la variedad Negra tenía el menor peso medio por tubérculo. Se puede destacar la variedad Terrenta ya que muestra el valor mayor de extracto seco y contenido de almidón, compuestos fenólicos totales, y fibra junto con Azucena negra. El contenido de proteínas más elevado se observó en la variedad Azucena negra, con diferencias significativas frente al resto de las variedades; mientras que los valores medios menores se detectaron en las variedades Mora, Colorada de baga y Palmera lagarteada. Las variedades Bonita y Bonita negra tenían los contenidos medios de acidez mayores, y lógicamente menores niveles de pH; y en contraste, la variedad Palmera lagarteada los menores contenidos de acidez y mayores valores de pH.

**Tabla 1.** Resultados (media±desviación estándar) diferenciando por variedades

Variedad	Humedad	Cenizas	CFT	Almidón	Amilosa	pH	Acidez	Fibra	Proteínas
Bonita	74,0±0,6	0,8±0,0	69,7±13,3	16,2±0,7	28±7	6,3±0,0	0,15±0,02	2,0±0,1	2,0±0,1
Bonita negra	72,0±0,7	0,8±0,1	94,5±0,9	17,5±1,2	26±9	6,3±0,1	0,16±0,02	2,1±0,3	2,0±0,1
Azucena negra	71,3±0,2	0,9±0,0	74,2±9,9	16,6±0,9	20±9	6,0±0,1	0,23±0,01	2,5±0,7	2,4±0,0
Mora	76,7±1,9	0,8±0,2	65,8±5,1	15,2±1,3	25±7	6,1±0,2	0,20±0,02	2,0±0,4	1,7±0,2
Boralla	75,2±2,9	0,9±0,3	61,5±7,6	16,3±2,4	27±1	6,0±0,1	0,22±0,01	2,4±0,5	1,8±0,1
Terrenta	71,3±0,3	0,9±0,0	127,4±4,5	18,4±0,5	30±3	6,0±0,0	0,23±0,01	2,5±0,4	2,0±0,2
Colorada de Baga	74,6±4,3	1,3±0,6	78,9±26,3	16,5±3,6	25±7	6,1±0,2	0,27±0,07	1,9±0,4	1,7±0,2
Negra	75,2±2,2	1,1±0,4	62,1±18,9	15,6±1,2	28±7	6,1±0,1	0,27±0,02	2,0±0,2	2,1±0,3
PelUCA blanca	75,8±3,7	1,1±0,4	52,5±6,8	14,9±2,5	25±8	6,0±0,1	0,26±0,02	1,8±0,3	1,9±0,1
Palmera lagarteada	78,8±0,5	0,9±0,3	58,4±19,4	12,7±1,2	24±7	5,7±0,1	0,29±0,02	1,8±0,1	1,7±0,3
<b>Total</b>	<b>75,1±3,1</b>	<b>1,0±0,4</b>	<b>70,3±22,7</b>	<b>15,7±2,3</b>	<b>26±7</b>	<b>6,0±0,2</b>	<b>0,24±0,05</b>	<b>2,1±0,4</b>	<b>1,9±0,3</b>

Todos los datos expresados como g/100 g, excepto CFT (compuestos fenólicos totales) y acidez en mg/100 g

Analizando los datos en función de la zona de muestreo, se deduce que la influencia de la zona de muestreo sobre los parámetros analizados es variable en función de la variedad considerada (Tabla 2). Así, en la variedad Mora no se observó una influencia significativa de la zona de cultivo sobre ninguno de los parámetros analizados, excepto las cenizas; en contraste otras variedades mostraron diferencias significativas en muchos de los parámetros analizados. Se deduce que los contenidos medios de humedad y de cenizas fueron mayores en las muestras recolectadas en la zona de el Castillo, con diferencias significativas en todos los casos excepto en el caso de la humedad de la variedad Mora. Los contenidos medios de almidón en las muestras de las variedades Colorada de baga y Peluca blanca producidas en la zona de la

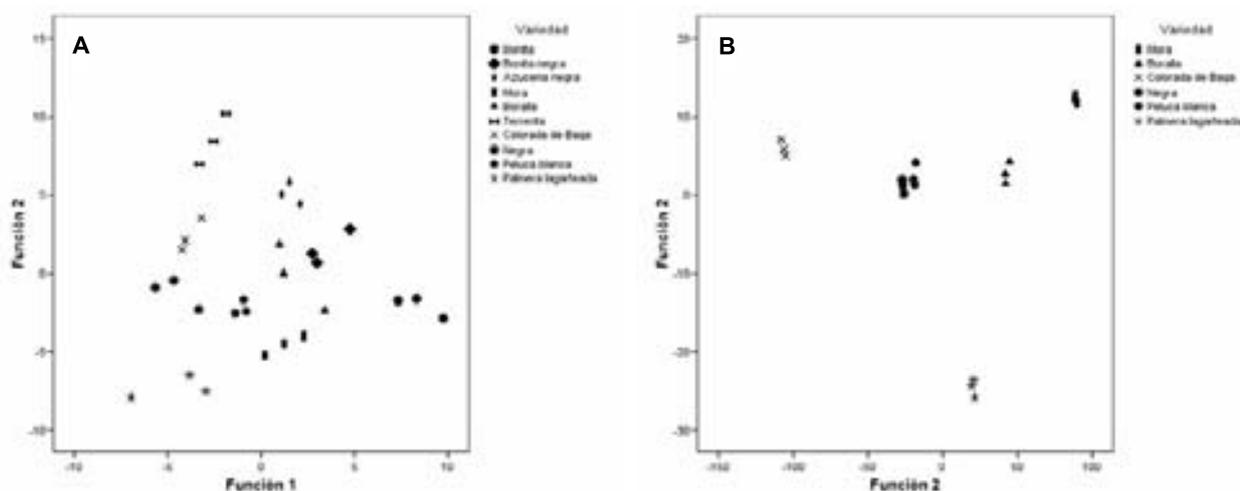
Cañada fueron mayores ( $p<0,05$ ) que los que se encontraron en las muestras del Castillo, ocurriendo lo contrario en la variedad Palmera lagarteada. La variedad Negra mostró mayores ( $p<0,05$ ) contenidos de proteínas y fibra en las muestras recolectadas en la Cañada, ocurriendo lo mismo para el caso de la fibra en la variedad Borralla, y para proteínas en la variedad Palmero lagarteada. No se observó influencia importante de la zona sobre el pH y acidez, salvo en la variedad Colorada de бага, en la que las muestras de la zona de la Castillo tenían mayor ( $p<0,05$ ) acidez y menor ( $p<0,05$ ) pH, respectivamente.

**Tabla 2.** Resultados (media±desviación estándar) diferenciando por variedades y orígenes

Variedad	Origen	Humedad	Cenizas	CFT	Almidón	Amilosa	pH	Acidez	Fibra	Proteínas
Mora	Cañada	75,6±1,8	0,64±0,03	65,8±2,4	15,7±1,5	25±10	6,0±0,3	0,20±0,04	2,12±0,53	1,8±0,2
	Castillo	77,8±1,3	0,97±0,05	65,8±7,7	14,7±1,1	25±5	6,1±0,0	0,19±0,01	1,95±0,38	1,6±0,1
Borralla	Cañada	72,8±1,9	0,69±0,04	56,7±6,8	18,0±2,0	26±1	6,1±0,0	0,21±0,01	2,75±0,21	1,8±0,1
	Castillo	77,7±0,4	1,16±0,02	66,3±5,3	14,6±1,2	27±2	6,0±0,0	0,23±0,01	1,97±0,11	1,8±0,1
Colorada de Baga	Cañada	70,8±0,7	0,77±0,02	101,0±7,6	19,7±0,8	21±8	6,2±0,0	0,22±0,02	1,93±0,22	1,5±0,1
	Castillo	78,5±0,6	1,89±0,03	56,9±14,5	13,3±0,9	28±7	5,9±0,0	0,33±0,03	1,93±0,52	1,8±0,1
Negra	Cañada	73,3±0,8	0,68±0,03	78,2±7,3	15,9±1,9	26±4	6,0±0,2	0,27±0,03	2,23±0,05	2,3±0,2
	Castillo	77,1±0,1	1,45±0,01	45,9±7,8	15,4±0,2	30±10	6,1±0,1	0,28±0,01	1,86±0,05	1,8±0,2
Peluca Blanca	Cañada	72,4±0,3	0,74±0,02	52,9±9,5	16,9±2,0	18±3	6,1±0,1	0,24±0,02	1,69±0,07	1,9±0,1
	Castillo	79,2±0,2	1,50±0,05	52,0±5,1	12,9±0,4	32±2	6,0±0,1	0,28±0,01	1,94±0,48	1,8±0,2
Palmera lagarteada	Cañada	78,4±0,3	0,62±0,02	74,6±12,2	11,6±0,3	19±7	5,7±0,0	0,28±0,02	1,75±0,08	1,9±0,2
	Castillo	79,2±0,3	1,14±0,03	42,3±2,6	13,8±0,2	29±5	5,7±0,1	0,29±0,02	1,82±0,07	1,5±0,1

Todos los datos expresados como g/100 g, excepto CFT(compuestos fenólicos totales) y acidez en mg/100 g.

Se realizó un análisis discriminante lineal paso a paso (stepwise), en cada una de las zonas de forma independiente, para diferenciar las muestras en función de la variedad. Para ambas zonas se pudo comprobar que todas muestras se clasificaron correctamente dentro de su variedad (100% y 80,0% de casos bien clasificados después de validación cruzada, para las muestras del Castillo y la Cañada; respectivamente). En las muestras de la Cañada se seleccionaron humedad, proteínas, acidez y compuestos fenólicos totales; y en las del Castillo, todas las variables, excepto el porcentaje de amilosa. En la Figura 1 se expone una representación gráfica de las dos primeras funciones discriminantes correspondientes a las muestras de la Cañada (a) y el Castillo (b), en la que se puede ver como las muestras se separan claramente en función de la variedad. También se llevó a cabo el análisis discriminante "stepwise" para clasificar las muestras en función de la zona de producción. Se deduce que seleccionando la humedad, cenizas y almidón se logra un 100% de clasificación correcta de las muestras (100% después de validación cruzada).



**Figura 1.** Discriminante por variedades para la Cañada (A) y el Castillo (B)

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BURTON, W. G. 1989. The Potato. Third edition. England.

Egan H., Kirk R.S., Sawyer R. 1987. Análisis químico de los alimentos de Pearson. CECSA, México.

PROSKY L., ASP N., SCHEWEIZER T., DE VRIES J, FURDA I. 1998. Determination of insoluble, soluble and total dietary fiber in foods and food products: interlaboratory study. *J. Assoc. off Anal. Chem.* 71, 1017-1023.

HOVERKAMP-HERMELINK J.H.M., DE VRIES J. N., ADAMSE P., JACOBSEN E., WITHOLT B., FEENSTRA W. J. 1988. Rapid estimation of the amylose/amylopectin ratio in small amounts of tuber and leaf tissue of the potato. *Potato Res.* 31, 241-246.

SOIL CONSERVATION SERVICE. U.S.D.A, (1999). "Soil Taxonomy" A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys . Second Edition. 871 p.

## 5. CONTROL DEL TIPO ESPORAL *FUSARIUM* EN DIFERENTES CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO DE LA PATATA (CAMPAÑAS 2004-2006)

Iglesias, I.; Méndez, J. & Escuredo, O.  
Departamento de Biología Vegetal y Ciencias del Suelo, Universidad de Vigo,  
Facultad de Ciencias, "As Lagoas", Ourense 32004, España. e-mail: misabel@uvigo.es

### INTRODUCCIÓN

Actualmente son nueve almacenistas los que operan fundamentalmente en la zona de "A Limia" y entre los que cuentan con naves e infraestructuras físicas de mayor o menor tamaño está Droguería Agrícola (donde se ha llevado a cabo este trabajo) en ellos se almacenan y distribuyen patatas que están amparadas por la IGP "*Patata de Galicia*".

Las patatas de consumo protegidas por la IGP, para ser comercializadas como tal, tienen que pasar por un estricto sistema de control, comenzando éste en las propias parcelas de producción y posteriormente durante el almacenamiento y la expedición al mercado.

*Fusarium*, causante de la enfermedad fusariosis, también denominada podredumbre seca, representa el patógeno más abundante en almacén y es causa de importantes pérdidas económicas.

Se ha realizado un estudio comparativo, en un almacén de Xinzo de Limia cuantificando este tipo esporal en diferentes condiciones de almacenamiento para los tubérculos. Este almacén cuenta con dos celdas independientes en las que se controla el ambiente que rodea a la patata y una tercera en la que no existe dicho control.

### MATERIAL Y MÉTODOS

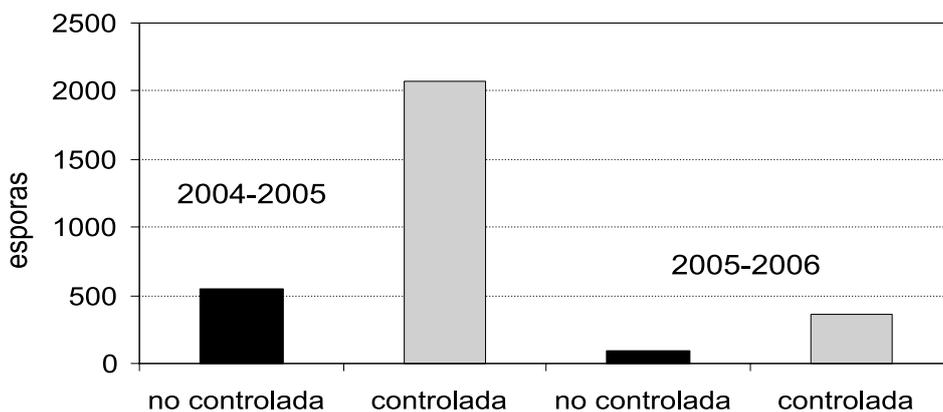
Para la realización de este trabajo se han utilizado dos captadores tipo Hirst (Hirst, 1952) modelo Lanzoni VPPS 2000 de cambio semanal, que se han mantenido en funcionamiento durante las campañas 2004-2005 y 2005-2006. Para el registro de las condiciones ambientales se han empleado dos registradores automáticos HOBO PROSERIES HO8-032-08 con sensores de temperatura y humedad relativa. Para la toma de muestras y recuento del contenido de conidios del ambiente que rodea al tubérculo se ha seguido la metodología propuesta por Domínguez y col. (1992).

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La cantidad de esporas pertenecientes a este tipo conidial es mayor en las celdas en las que la temperatura está controlada que en aquellas en las que no existe ningún tipo de control como se puede apreciar en la figura 1.

Hemos observado diferencias significativas del desarrollo de este tipo conidial en función de las condiciones de almacenamiento del tubérculo, con una mayor incidencia de este patógeno a temperaturas más bajas y humedades relativas más altas.

Así en el año 2004-2005 se contabilizan un total de 542 esporas de *Fusarium*, frente a las 91 de la campaña precedente, ambas en condiciones no controladas. Estos valores se ven fuertemente incrementados, durante las dos campañas, en las celdas que cuentan con temperatura controlada, con valores de 2071 y 362 esporas totales respectivamente, valores que representan practicante el quíntuplo de los recogidos en ambiente sin control de temperatura.

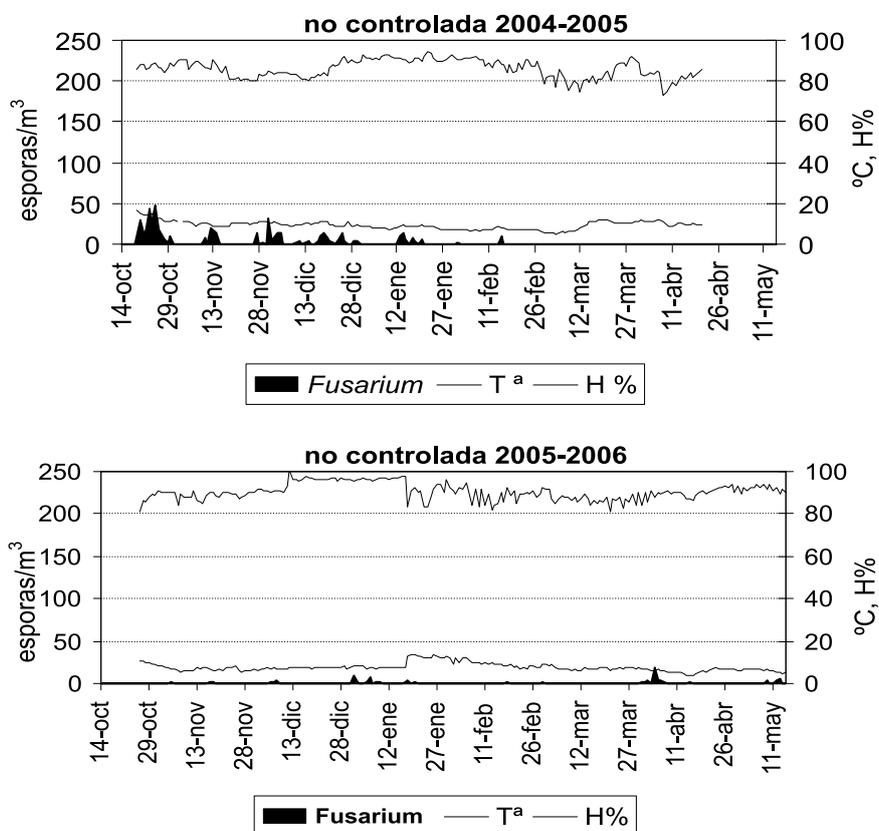


**Figura 1.** Total de esporas de *Fusarium* recogidas durante los dos períodos de estudio

Los valores más elevados que se recogen durante el primero de los años estudiados al inicio de la etapa de almacenamiento relacionándolo con la entrada de esporas de exterior (Boyd, 1972) ya que al final de la etapa de cultivo se registran precipitaciones que incrementan la humedad de la tierra y facilitan la adherencia de la misma a la epidermis de los tubérculos.

### ALMACENAMIENTO EN CONDICIONES DE TEMPERATURA NO CONTROLADA

La presencia de esporas de *Fusarium* es mayor en la campaña 2004-2005, existiendo una gran concentración de esporas al inicio de la misma, con máximos que llegan a alcanzar las 50 esporas/m<sup>3</sup>. Estos valores elevados se relacionan con la entrada de esporas provenientes del exterior, del ambiente de cultivo, que permanecen adheridas a la epidermis de los tubérculos (Boyd, 1972), fundamentalmente en las zonas erosionadas de los mismos (Figura 2).



**Figura 2.** Evolución de la concentración de esporas de *Fusarium*, Tª y H % durante los períodos de estudio

Esta entrada puede provocar posteriormente el desarrollo de la fusariosis si las condiciones de almacenamiento son las adecuadas para el crecimiento del hongo (Smith y col., 1992).

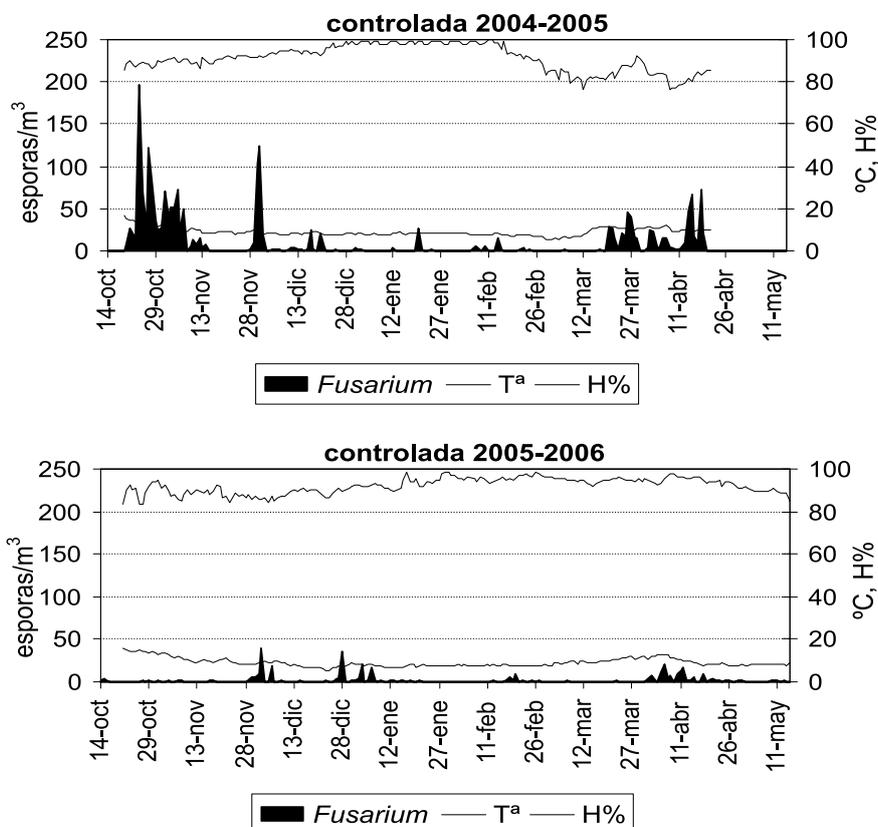
En el año 2005-2006 estos valores elevados de inicio de campaña no se producen y se valores registrados son bajos o nulos durante la práctica totalidad de la misma. En ambos casos una vez que se han superado los primeros meses de almacenamiento aparecen incrementos en las concentraciones de *Fusarium* coincidiendo con humedad relativa elevada y temperaturas bajas, estas condiciones pueden favorecer el desarrollo de la fusariosis (Hudson y Horr, 1977).

### ALMACENAMIENTO EN CONDICIONES DE TEMPERATURA CONTROLADA

Al igual que en el caso anterior la cantidad de esporas totales de *Fusarium* es mayor en el primero de los años de estudio, con 2071 y 362 esporas totales respectivamente. El comportamiento de las concentraciones a lo largo del año difiere, dado que en el primero de los años las mayores concentraciones se recogen al inicio de la etapa de almacenamiento, mientras que en el segundo de los años se produce un desplazamiento de los valores elevados de prácticamente un mes, produciéndose los valores máximos durante los meses de diciembre y enero. Las diferencias son también importantes en cuanto a los máximos registrados con valores cercanos a los 200 esporas/m<sup>3</sup> durante el primero de los años estudiados y solamente 40 esporas/m<sup>3</sup> en el segundo de ellos (Figura 3).

Comparación de la evolución de esporas en condiciones de temperatura controlada y no controlada

Durante la campaña 2004-2005 y al inicio de la misma se registran las mayores concentraciones de *Fusarium* posteriormente dichas concentraciones van disminuyendo. En condiciones controladas se producen incrementos en la fase final que pueden estar motivados por la diferente duración de la presencia de tubérculo en las celdas de almacenamiento, ya que una temperatura controlada permite el mantenimiento de los tubérculos durante más tiempo.



**Figura 3.** Evolución de la concentración de esporas de *Fusarium*, Tª y H % durante los períodos de estudio.

La comercialización del tubérculo que se encuentra almacenado en la celda en la cual la temperatura no se controla, se inicia al inicio antes, mientras que en la controlada se mantiene el tubérculo almacenado y posteriormente son sacadas a las celdas no controladas las partidas que van a ser comercializadas de forma inmediata.

## CONCLUSIONES

Las precipitaciones en momentos previos a la recogida de los tubérculos favorecen la adherencia de la tierra a la epidermis del tubérculo, facilitando así la entrada del patógeno a las cámaras de almacenamiento.

Condiciones de temperatura baja y humedad relativa elevada condicionan la proliferación de *Fusarium* en el ambiente interior durante la etapa de almacenamiento viéndose favorecida la podredumbre seca.

La senescencia del tubérculo influye en la sensibilidad al ataque de *Fusarium*, produciéndose concentraciones de esporas más elevadas al final de la etapa de almacenamiento.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a Don José Enríquez y al equipo de Droguería Agrícola su inestimable colaboración para el desarrollo de este estudio.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BOYD, A.E.W. 1972. Potato storage diseases. *Rev. Plant Pathology*, 51:297-321.
- DOMÍNGUEZ, E.; INFANTE, F.; GALÁN, C. Y VILLAMANDOS, F. 1991. Handling and evaluation of the data from the aerobiological sampling. *Monografías REA*, 1:1-18.
- HIRST, J. M. 1952. An automatic volumetric spore trap. *Annals of Applied Biology*, 39, 257-265.
- HUDSON, D.E. Y HERR, P.H. 1977. incidente of mechanical injury to potatoes during certain storage-related handling operations in the Red River Valley production area. *Am. Potato J.*, 54:11-21.
- SMITH, I. M., DUNEZ, J., PHILLIPS, D. H., LELLIOT, R. A., y ARCHER, S. A. 1992. Manual de enfermedades de las plantas. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 671 pp.

## 6. USO DE CULTIVOS BORDE Y ACEITES VEGETALES PARA EL CONTROL DE LA TRANSMISIÓN DE PVY EN PATATA

Cabaleiro C,<sup>1</sup> Marnotes S<sup>1</sup>, Couceiro C<sup>1</sup>, Martín B,<sup>1</sup> García L<sup>2</sup> y Alvarez S<sup>2</sup>

### INTRODUCCIÓN

En la producción de patata certificada, los virus de transmisión no persistente son los que presentan, en general, mayores dificultades de control (Simon y Zitter, 1980; Yan Qiu y Pirone, 1989). Entre otras muchas medidas aplicables (insecticidas, repelentes, destrucción precoz de matas, acolchados etc) los cultivos borde y el uso de aceites pueden contribuir a limitar la transmisión de esos virus, especialmente de PVY (Potato Virus Y) que es el virus con mayor presencia en los cultivos de patata y el que mayores problemas presenta en la producción de patata certificada (Difonzo *et al*, 1996; Martín *et al.*, 2006), reiniciada recientemente en algunas zonas montañosas de la provincia de Ourense en Galicia.

### MATERIAL Y MÉTODOS

Se plantearon tres ensayos de campo entre 2001 y 2004 que se complementaron con ensayos de transmisión en invernadero y fitotrón (Martín *et al.*, 2006). Esos ensayos se hicieron en zonas de producción de patata de consumo y con poblaciones medio/altas de pulgones (Pérez *et al.*, 2004) y disponibilidad de inóculo cercano. En 2001 se estableció un ensayo en la finca experimental del “Instituto do Campo” en Xinzo de Limia (Ourense) utilizando como bordes soja y maíz y dos variedades de patata, Kennebec y Penélope; en 2003 se evaluó –con Kennebec– el efecto en la transmisión de PVY del uso de dos tipos de aceite comercial: colza (Codacide, 1%) y mineral (SunSpray Ultra-fine ® 85% p/v, al1%) en una parcela experimental situada en el Ayuntamiento de O Corgo (Lugo). En el ensayo de 2004 se evaluaron, de nuevo en el Instituto do Campo y con la variedad Kennebec, conjuntamente, un cultivo borde (maíz) y varios aceites; el ensayo consistió en dos parcelas, una con borde de maíz y otra con suelo labrado, en cada una de las cuales se establecieron 4 bloques, cada uno con 5 tratamientos: Sunspray al 1% como aceite mineral y aceites de colza y soja refinados de MOYRESA (al 1%+Tween®20 al 10%); como control, además de agua, se utilizó un insecticida (Cipermetrina 10% p/v). Todos los tubérculos se trataron con imidacloprid en siembra. Los tratamientos con aceites (7) se aplicaron, como en el ensayo anterior, cada 8-10 días desde brotación. En todos los casos se utilizaron cuatro repeticiones por tratamiento y parcelas de entre 30 y 50 plantas, con sus correspondientes bordes. Los tubérculos de siembra – calidad élite – se sometieron a muestreos y análisis previos para comprobar la ausencia de virus, se realizó también un muestreo en vegetación a final de ciclo y se analizaron brotes de 2 tubérculos de cada planta que, tras la cosecha, habían sido almacenados hasta su brotación natural. Los análisis se realizaron por DAS y/o DIP-ELISA (Couceiro *et al.*, 2005). Se colocaron trampas amarillas (Moericke, de 60 x 60 x 10 cm) para controlar las poblaciones de pulgones (Pérez *et al.*, 2004) y algunas filas de plantas con alto nivel de virosis, para garantizar la presencia de inóculo cercano.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el ensayo de 2001, con siembra muy tardía para la zona (Junio) y un pico importante de pulgón a principios de Agosto, el efecto borde no fue significativo ni para maíz ni para soja frente al suelo labra-

<sup>1</sup> Escola Politécnica Superior, Universidad de Santiago de Compostela, Campus Universitario s/n 27002 Lugo. e-mail: cristina.cabaleiro@usc.es

<sup>2</sup> Instituto do Campo – INORDE, c/ 2 de Mayo, Xinzo de Limia, Ourense. e-mail: institutodocampo@gmail.com

do y en torno a un 40% de tubérculos resultaron infectados con PVY. Los análisis realizados a pecíolo al final del ciclo vegetativo no dieron ningún resultado positivo para PVY, lo que indica que no hubo infecciones tempranas y que la transmisión se dio con toda probabilidad durante el pico de principios de Agosto, antes de la eliminación de las matas que tuvo que ser mas tarde por lo tardío de la siembra. No hubo diferencias entre los distintos tratamientos borde para Penélope o Kennebec ( $X^2 = 2,6$  y  $X^2 = 2,4$ , respectivamente), pero sí entre ellas, con porcentajes en torno al 57% de PVY en Penélope frente al 23% en Kennebec ( $X^2 = 18,3$ ). La distribución espacial de plantas que adquirieron el PVY no indica ningún gradiente hacia las zonas labradas ni es menor en la zona interior.

En 2003, con poblaciones de pulgón importantes desde el inicio del cultivo, sólo el aceite mineral redujo significativamente ( $X^2=26,2$ ) las transmisiones tempranas, que parecen haber sido importantes, puesto que el virus se ha detectado con facilidad y claramente por DIP-ELISA en los brotes que empezaban a agostar. Los análisis realizados en Enero a los tubérculos que iniciaban su brotación dieron un mayor número de positivos en todos los tratamientos que en el análisis de pecíolos, pero se mantienen las diferencias significativas a favor del aceite mineral ( $X^2=8,5$ ); los valores medios de tubérculos infectados están en torno al 49% para el testigo, 47% para el aceite de colza y 28% para el aceite mineral.

En el ensayo de 2004, el efecto borde fue superior al de los aceites o el insecticida; el borde de maíz permitió conseguir tubérculos con menos del 10% de PVY frente a cerca de un 30% en la parcela con el borde labrado. El pico de pulgones se produjo en Junio y no fue muy importante pero se detectaron menos pulgones en hoja en la parcela con borde; hubo pocas infecciones precoces, pero ya se detectaron más en la parcela con borde labrado. En la parcela sin maíz hay un claro gradiente de PVY hacia el borde que limita con una parcela de patata. Los tratamientos con aceite mineral y de colza disminuyeron significativamente el nivel de transmisión del PVY en la parcela con el borde labrado; el aceite de colza controló mejor en el bloque de mayor incidencia de PVY y el aceite mineral fue el de mejor comportamiento a nivel general de las dos parcelas. En la parcela con borde de maíz no hay gradientes significativos de PVY hacia ningún bloque, los valores son similares en toda la parcela y solamente se aprecian diferencias significativas en uno de los bloques en el que las plantas tratadas con el aceite mineral tuvieron incidencia 0 de PVY. Los tratamientos con aceites no dieron lugar a efectos fitotóxicos apreciables en la vegetación (manchas, nivel de clorofila) ni provocaron disminución en la producción total o en los calibres predominantes en la cosecha; sí se observó un retraso significativo en el agostamiento en la parcela con bordes de maíz que tuvo producciones significativamente mayores que en la parcela con el borde labrado.

La utilización de cultivos borde, es una práctica que se ha demostrado útil en diversas zonas y cultivos ( Difonzo *et al*, 1996; Avilla *et al.*, 1996); en el caso de la producción de patata de siembra los bordes de maíz se pueden establecer sin grandes complicaciones de manejo o efectos secundarios, al poder efectuar la siembra en las mismas fechas en las que se realiza la de la patata; en grandes parcelas se podrían proponer franjas de varias líneas de maíz alternando con parcelas de patata, teniendo en cuenta la orientación y los vientos dominantes que puedan traer a los pulgones. El uso de aceites vegetales podría ser una alternativa a los insecticidas; aplicados semanalmente puede contribuir a rebajar el nivel de transmisión de PVY aunque habría que optimizar el número y momento de tratamientos; en ensayos en laboratorio se ha visto (Martín *et al.*, 2006) que su efecto es mayor en limitar la adquisición del virus que en transmitirlo por lo que complementa bien la acción de los cultivos borde en los que el pulgón perdería el inóculo antes de llegar a la patata y no lo adquiriría de nuevo en posibles plantas aisladas de patata virosadas.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado parcialmente por un proyecto (2002/PX112) del PGIDT Recursos Agropecuarios, de la Xunta de Galicia.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AVILLA C., COLLAR J.L., DUQUE M., HERNÁIZ P. MARTÍN B. y FERERES A. 1996. Cultivos barrera como método de control de virus no persistentes en pimiento. Bol. San. Veg. Plagas, 22: 301-307.

- COUCEIRO, C. GARCÍA L., ALVAREZ S. y CABALEIRO C. 2005. Optimization of direct immunoprinting for the detection of potato viruses. 16th triennial conference of the EAPR, Bilbao 17-22 July.
- DIFONZO C. D., RAGSDALE D. W., RADCLIFFE E. B., GUDMESTAD N. C. y SECOR G. A. 1996. Crop borders reduce PVY incidence in seed potato. *Ann. appl. Biol.* 129: 289-302.
- MARTÍN B, VARELA I., MARNOTES S. y CABALEIRO C. 2006. Use of various oils combined with low doses of insecticides for the control of *Myzus persicae* and PVY epidemics. *Pest Management Science* 62: 372-378.
- PEREZ P., GARCÍA L., MARTÍN, B. y CABALEIRO C. 2004. Actividad de las potenciales especies vectoras de virus de patata en la zona de producción de Xinzo de Limia. *Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas* 30: 487-496.
- SIMONA J. N. y ZITTER T. A. 1980. Use of oils to control aphid-borne virus diseases. *Plant Disease* 64(6): 542-546
- YAN QIU, J. y PIRONE T. P. 1989. Assessment of the effect of oil on the potyvirus aphid transmission process. *J. Phytopathology* 127: 221-226

## 7. ASPECTOS EPIDEMIOLÓGICOS RELACIONADOS CON LA EXPRESIÓN DE LA RESISTENCIA AL TIZÓN TARDÍO EN PAPA

Rivadeneira J., Tello., C., Cuesta X., Ochoa J. y Reinoso I.  
Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Programa Nacional de Raíces y Tubérculos rubro papa. Panamericana Sur km 1 Quito Ecuador. Email: rivadeneira@fapapa.org.ec

### INTRODUCCIÓN

El tizón tardío causado por *Phytophthora infestans* es la principal enfermedad del cultivo de papa en el Ecuador. Puede ocasionar pérdidas de hasta el 100% dependiendo de la variedad y las condiciones ambientales (FRY *et al.*, 1993). El Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), mantiene un programa para el desarrollo variedades con resistencia a la enfermedad (ANDRADE, 1995).

En los últimos años se han obtenido clones promisorios con diferentes niveles de resistencia, algunos de ellos presentan un comportamiento inconsistente, siendo resistentes en determinados sitios experimentales y susceptibles en otros, creando cierta incertidumbre en el momento de seleccionar genotipos superiores (INIAP, 2006) .

Para lo cual en esta investigación se estudiaron algunos aspectos epidemiológicos relacionados con la expresión de resistencia de la papa (*Solanum tuberosum*) para las poblaciones de *Phytophthora infestans* predominantes en las provincias de Pichincha, Carchi y Cotopaxi de Ecuador.

### METODOLOGÍA

Se estableció un ensayo en campo para determinar el efecto de interferencia entre parcelas. Los factores en estudio fueron seis genotipos de papa (99-38-5, 98-11-6, 97-1-10 y las variedades I Fripapa y Brenda), tres arreglos (genotipos resistentes entres susceptibles, susceptibles entre resistentes y al azar) y dos tamaños de parcela( dos y cuatro surcos), se evaluaron variables de resistencia y de rendimiento.

Se complementó con un ensayo de laboratorio, en el cual mediante la inoculación de folíolos con aislamientos de *P. infestans* se identificó la presencia de genes mayores en los genotipos de papa evaluados, se determinó las mezclas de razas existentes en cada localidad y sus variaciones en agresividad. Para lo cual se evaluaron los mismos clones del primer experimento incluyendo la variedad I-Estela; se incluyó un set de clones diferenciales de papa, papa para determinar razas fisiológicas de *Phytophthora infestans*: R0, R1, R2, R3, R4, R5, R6, R7, R8, R9, R10 y R11. Finalmente se evaluaron 199 aislamientos de *P. infestans* colectados en las localidades previamente mencionadas.

Las variables evaluadas fueron: para el análisis de la población del patógeno se determinó el porcentaje de incidencia de razas virulentas, mientras que, para el análisis de la resistencia se midió la eficacia de virulencia de los aislamientos en los genotipos de papa, el período de latencia, la intensidad de esporulación y el tamaño de lesión (CENTRO INTERNACIONAL DE LA PAPA, 1997).

Para cada aislamiento se registró la reacción exhibida visualmente en los folíolos de los clones diferenciales de papa (con genes individuales para resistencia vertical a diferentes razas reconocidas del hongo). A los seis días de inoculados los folíolos, se evaluó la respuesta de compatibilidad: (+) si se presentaba una lesión acompañada de esporulación del hongo, (-) en ausencia de lesiones o (H) si se presentaba respuesta de hipersensibilidad, cuando se observaron puntos necróticos dentro de la gota del inóculo, obteniéndose así el porcentaje de incidencia de razas virulentas. De la misma manera se realizó las evaluaciones en los folíolos de los genotipos de papa inoculados para obtener la eficacia de virulencia en los mismos.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

No existe interferencia entre parcelas para “Tizón tardío” en el cultivo de papa; las epidemias de las variedades en los dos arreglos evaluados presentaron tendencias similares, por lo que la evaluación de materiales adyacentes, una cerca de otra no tiene efecto importante en la expresión de la resistencia y por lo tanto no existen errores en las evaluaciones.

La severidad promedio de las variedades en la mezcla fue menor que en parcelas; en mezcla las variedades susceptibles presentaron un menor AUDPC, mientras que las variedades resistentes tuvieron un AUDPC mayor. Adicionalmente, la severidad de las mezclas fue menor en parcelas grandes.

Aunque el tamaño de parcela tuvo un efecto importante en la epidemia de la enfermedad, no afectó la expresión de la resistencia de los materiales evaluados. La severidad de la enfermedad fue mayor en parcelas grandes, pero la secuencia de los materiales evaluados de acuerdo a su severidad fue similar, por lo que la evaluación de la resistencia es confiable en los dos tamaños de parcela que el mejorador utiliza.

Las poblaciones heterogéneas en virulencias del patógeno cuando los materiales presentan genes mayores y diferencias en agresividad del patógeno aparecen como las principales causas que afectan la expresión de la resistencia. Así los clones 97-1-10, 98-11-6, 99-38-5 y las variedades I-Fripapa y Brenda poseen genes mayores y al proteger de la infección de parte de la población del patógeno, permiten sobrestimar la resistencia cuantitativa de estas variedades.

Las poblaciones heterogéneas en virulencias sobreestiman la resistencia, especialmente al inicio del período de evaluación, por lo que gran parte de los materiales seleccionados como resistentes, presentan niveles significativos de enfermedad en etapas tardías de evaluación.

Aparentemente existen poblaciones más agresivas para ciertas fuentes de resistencia. Este es el caso de las poblaciones de *P. infestans* de Carchi que produjeron tamaños de lesión mucho mayores en el clon 97-1-10 que en Pichincha y Cotopaxi, por esta razón los niveles de AUDPC en este clon fueron mayores en Carchi.

Aparentemente existe una interacción entre resistencia cuantitativa en la planta y agresividad en el patógeno. Este es el caso de los aislamientos en Carchi que son más agresivos para 97-1-10 que los aislamientos de Pichincha.

Brenda en Cotopaxi presentó niveles de AUDPC bajos, similares a I-Estela, mientras que en Pichincha los niveles de severidad fueron similares a Superchola, variedad susceptible. Esta inconsistencia se debió a que el gen mayor de Brenda en Cotopaxi protegió a gran parte de la población del patógeno, mientras que en Pichincha protegió a una pequeña parte de la población.

El patógeno presenta una gran variabilidad en las tres provincias estudiadas. Así, se identificaron 39, 27 y 17 razas en las provincias de Pichincha, Carchi y Cotopaxi respectivamente, siendo solo una raza similar entre provincias.

La principal causa de las inconsistencias observadas en la selección y evaluación de material resistente en el programa de papa del INIAP están asociadas con la presencia de genes mayores en el germoplasma de papa, que se expone en los procesos de selección a una gran variabilidad genética del patógeno.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, H. 1995. Plan de mejoramiento de papa. INIAP, PNRT-Papa, FORTIPAPA. Quito - Ecuador, p. 2 - 50.
- CENTRO INTERNACIONAL DE LA PAPA. 1997. Laboratory Manual for *Phytophthora infestans* work at CIP - Quito. Quito. p: 8 - 10.
- FRY, W., GOODWIN, B., DYER, T., MATUSZAK, J., DRENTH, A., TOOLEY, W., SUJKOWSKI, S., KOH, J., COHEN, A., SPIELMAN, J., DEAHL, L., INGLIS, A. y SANDLAN, P. 1993. Historical and recent migrations of *Phytophthora infestans*: Chronology, Pathways and implications. Plant Disease 77. p: 653 – 661.

## **AGRADECIMIENTO**

Al Programa Iberoamericano de Ciencia y tecnología para el Desarrollo (CYTED) por el financiamiento de esta investigación.

Al Centro de Investigaciones NEIKER por el apoyo científico de sus técnicos.

# 8. CARACTERIZACIÓN E INTROGRESIÓN DE LA RESISTENCIA A LA MARCHITEZ BACTERIANA DE *SOLANUM COMMERSONII* EN EL GERMOPLASMA DE PAPA

González, M.<sup>1</sup>, Vilaró, F.<sup>1</sup>, Dalla Rizza, M.<sup>1</sup>, Galván, G.<sup>2</sup>

## INTRODUCCIÓN

La marchitez bacteriana causada por la bacteria *Ralstonia solanacearum* es la segunda enfermedad del cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) en el mundo. La inexistencia de tratamientos curativos efectivos hace que la resistencia genética juegue un papel clave en el manejo integrado de la enfermedad. Desde principios de la década del 70 el Centro Internacional de la Papa (CIP) viene trabajando en la búsqueda de fuentes de resistencia para la raza 3 a partir de especies nativas y silvestres de diferentes orígenes. En forma paralela en EMBRAPA (Brasil) se han seleccionado clones provenientes del mismo germoplasma con buenos niveles de resistencia para la raza 1 y 3. Pese a estos esfuerzos lamentablemente no existen cultivares adaptados con resistencia completa y estable.

Uruguay se encuentra en el centro de diversidad primario de *Solanum commersonii* (Hawkes, 1994), especie silvestre tuberífera y diploide (1EBN) destacada entre otros factores por su alta resistencia a la marchitez bacteriana (Laferriere et al., 1999; Kim-Lee et al., 2004). Sin embargo su uso en el mejoramiento de papa ha sido limitado debido a barreras post-cigóticas que impiden los cruzamientos directos con *S. tuberosum* (4EBN) (Johnston y Hanneman, 1982) y a su alto contenido de glicoalcaloides.

El objetivo de este trabajo es la caracterización e introgresión de la resistencia a la marchitez bacteriana de *S. commersonii* en el germoplasma de la papa.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Evaluación de la Resistencia

Para la evaluación de resistencia a *R. solanacearum* se adoptó la metodología de inoculación en el suelo, que permite diferenciar grados de resistencia en plántulas provenientes de la multiplicación in vitro. El protocolo es una modificación de la técnica descrita en Montanelli et al. (1990) y se detalla a continuación.

Se utilizó la cepa TB01 perteneciente a *R. solanacearum* Raza 3 Biovar 2, seleccionada por su virulencia. El inóculo se preparó como una suspensión de bacterias en suero fisiológico, a una concentración de aprox.  $10^8$  ufc·mL<sup>-1</sup>, a partir de colonias incubadas durante 48 horas a 28°C en medio TTC sin tetrazolio. La concentración del inóculo se estimó mediante lecturas de absorbancia de 0.1 en espectrofotómetro (OD 550 nm). La concentración estimada por el espectrofotómetro se corroboró mediante la siembra de diluciones  $10^{-5}$  y  $10^{-6}$  en placas de Petri con medio TTC con tetrazolio. De esta manera se obtuvieron recuentos de entre 10 y 100 ufc para la dilución de  $10^{-6}$  y 100 a 300 ufc para la dilución de  $10^{-5}$ .

Para las evaluaciones de resistencia se utilizaron plántulas con 5-8 hojas expandidas, cultivadas en 4 gr sustrato hortícola comercial libre de patógenos dentro de bandejas con celdas individuales de 17 cm<sup>3</sup>. Las plántulas son clonalmente micropropagadas *in vitro* con tres semanas de crecimiento y poste-

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA), Estación Experimental Wilson Ferreira Aldunate (INIA Las Brujas), Ruta 48 Km. 10, Canelones, Uruguay. fvilaro@lb.inia.org.uy

<sup>2</sup> Universidad de la República, Facultad de Agronomía, Avenida Garzón 780, Montevideo, Uruguay.

riormente dos semanas de aclimatación en invernadero con el recipiente y el sustrato a usarse en la inoculación. Se utilizaron 12 repeticiones por cada clon. Como control de la virulencia de la cepa se inocularon con la misma metodología 12 plántulas de tomate (*Solanum lycopersicum*) y/o 12 plantas de papa (*Solanum tuberosum*).

Previo a la inoculación, se generó un orificio en el sustrato junto a cada planta enterrando un tip de micropipeta (1 cm aprox.) con el fin de generar heridas a nivel radicular. Posteriormente en cada orificio se aplicó 1 mL de la suspensión bacteriana  $10^8$  ufc·ml<sup>-1</sup> utilizando una pipeta. Después de la inoculación las plantas se mantuvieron en una cámara con luz artificial (12 horas al día,  $78 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ) y 28°C constante medido a nivel radicular. Se realizaron riegos diarios para mantener húmedo el sustrato.

La evaluación de síntomas se hizo cada cuatro días, en forma visual, utilizando la escala propuesta por Nelson y Haynes (1960): 0 (sin síntoma), 1 (hasta 25% de hojas marchitas), 2 (hasta 50% de hojas marchitas), 3 (hasta 75% de hojas marchitas) y 4 (planta muerta). Se tomaron datos por un período de 28 días post inoculación, momento a partir del cual se estabilizaron los síntomas.

En cada observación, se estableció un índice de enfermedad característico de cada individuo, producto del promedio de los valores de cada una de las plantas inoculadas. Este índice se graficó en función del tiempo para crear la curva de progreso de la enfermedad. El nivel de resistencia de cada material se midió por el área debajo de esta curva (AUDPC).

## Selección de los padres

### Fertilidad del polen

Se colectaron flores abiertas de cada clon y se sacudieron sobre una gota de colorante cotton-blue previamente colocada en un porta-objeto. Se cubrió con el cubre-objeto y se observaron al microscopio un mínimo de 200 granos.

### Nivel de ploidía

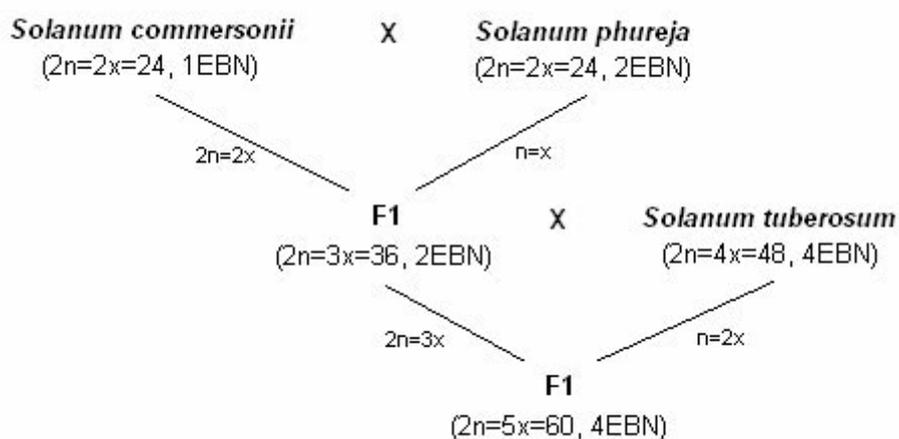
Se estimó mediante el conteo de cloroplastos de las células guardia de los estomas foliares. Para esto se colectaron folíolos terminales de hojas de los diferentes clones. Se separó tejido epidérmico del envés en zonas próximas a las nervaduras. Inmediatamente se colocó en un porta-objeto, se agregó una gota de KI-I y se cubrió con un cubre-objeto. El conteo se realizó con microscopio en al menos 20 células guarida de un tamaño representativo. Para la estimación de la ploidía se tiene en cuenta la escala que figura en Huamán, 1995.

### Contenido de glicoalcaloides

Se prepararon extractos crudos de glicoalcaloides a partir de muestras de hojas liofilizadas según el procedimiento descrito por Ferreira et al. (1993). Estos fueron purificados por extracción en fase sólida, aplicándolos a cartuchos Sep-Pak C18 (500mg). El contenido de glicoalcaloides de los extractos purificados fue determinado por TLC cuantitativa.

## Cruzamientos

La propuesta de cruzamientos para obtener la introgresión fue adaptada de Carputo, et al. 1997 y se basó en el esquema de cruzamientos de la figura N° 1 en el cual *S. phureja* es utilizada como especie puente. Los clones seleccionados como padres fueron obtenidos del banco de germoplasma que se encuentra in vitro en el INIA Las Brujas. El lugar de crecimiento definitivo fue un invernadero de vidrio con condiciones de temperatura (25°C) y fotoperíodo controlados (14 horas de luz). La floración ocurrió a los 52 días post trasplante. Se utilizó polen fresco de flores abiertas de las plantas utilizadas como macho. La polinización se realizó sobre flores emasculadas de las plantas utilizadas como hembra. A los 60 días se cosecharon las bayas. Las semillas extraídas se sembraron *in vitro*, lo que permitió desde el inicio que la población pueda ser conservada en el banco de germoplasma, así como la micropropagación para contar con repeticiones para la evaluación de la resistencia.



**Figura 1.** Esquema para la introgresión de la resistencia a marchitez bacteriana desde *S. commersonii* al germoplasma de *S. tuberosum* mediante cruzamientos sexuales dirigidos

### Evaluación de progenies híbridas

Las progenies híbridas fueron caracterizadas por su resistencia a la marchitez bacteriana así como por su nivel de ploidía estimado, fertilidad del polen y contenido de glicoalcaloides.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Inoculación en suelo de individuos de *Solanum commersonii*

**Tabla 2.** Niveles de resistencia para diferentes clones de *S. commersonii*

Clon	Especie	Origen	AUDPC
04.09.T	cmm	Rio Negro	0.00
05.02.6	cmm	Canelones	0.00
20.17.6	cmm	(nd)	3.17
05.05.218	cmm	Canelones	7.75
09.02.11	cmm	Paysandú	9.38
09.02.7	cmm	Paysandú	13.36
05.05.25	cmm	Canelones	16.83
05.05.216	cmm	Canelones	26.04
05.05.24	cmm	Canelones	27.31
05.05.27	cmm	Canelones	28.46
10.09.3	cmm	Artigas	29.17
10.16.7	cmm	Artigas	32.75
05.01.6	cmm	Canelones	35.04
04.203.1	cmm	(nd)	38.81
05.05.26	cmm	Canelones	41.08
Chieftain 1	cmm	USA, cultivar comercial	44.88
04.203.4	cmm	(nd)	47.92
10.05.8	cmm	Salto	53.89

Los materiales inoculados mostraron niveles de resistencia diferentes, variando entre individuos asintomáticos al marchitamiento (valor de AUDPC = 0) hasta individuos con niveles superiores al testigo susceptible (Chieftain, AUDPC = 44.88) (tabla 3). Esto demuestra que dentro de la variabilidad natural de la especie existen muy altos niveles de resistencia al marchitamiento bacteriano bajo nuestras condiciones de caracterización.

## Cruzamientos

Se seleccionó el individuo 05.02.6 por su alta resistencia al patógeno en las condiciones de inoculación descritas. Este individuo fue incluido en el programa de cruzamientos interespecíficos dirigidos con el fin de introducir su resistencia en el germoplasma de *S. tuberosum*. Las características de los padres utilizados se detallan en la tabla 4. El clon 192 de *S. phureja* elegido como especie puente fue obtenido a partir de selecciones recurrentes dentro de una población original proveniente del programa de NCSU (USA) para adaptación a días largos.

**Tabla 4.** Características de los padres utilizados

Clon	Especie	Fertilidad del polen (%)	N° de cloroplastos/célula guardia	Ploidía estimada
05.02.6	<i>S. commersonii</i>	0.11	7.5	2x
192	<i>S. phureja</i>	0.91	6.3	2x

**Tabla 5.** Cruzamientos realizados entre 05.02.6 (*S. commersonii* resistente) y el clon 192 (*S. phureja*)

Cuajado (%)	Semillas por		Germinación (%)
	Bbaya	Polinización	
0.62	0.24	0.15	0.22

La eficiencia del cruzamiento en cuanto a la producción de semilla es baja. De todas formas se trata de una práctica muy sencilla de realizar por lo que un gran número de flores pueden ser polinizadas para obtener progenies adecuadas para someter a procesos de selección.

## Caracterización de progenies híbridas (cmm x phu)

**Tabla 6.** Niveles de resistencia para una progenie de híbridos entre *S. commersonii* y *S. phureja*

Especie	Clon	AUDPC
<i>S. commersonii</i>	05026	0,0
<i>S. phureja</i>	192	43,6
cmm x phu	06202.7	1,8
cmm x phu	06202.6	4,8
cmm x phu	06202.28	10,1
cmm x phu	06202.3	11,4
cmm x phu	06202.17	14,7
cmm x phu	06202.19	27,5
cmm x phu	06202.4	32,1
cmm x phu	06202.13	37,9
<i>S. tuberosum</i>	cv. Chieftain	54,5

Los niveles de resistencia para los padres y sus respectivas progenies se muestran en la tabla 6. Se confirma el pasaje de altos niveles de resistencia a la marchitez bacteriana bajo nuestras condiciones de caracterización.

Si bien la progenie evaluada es muy reducida es posible observar una distribución continua de niveles de resistencia con extremos similares a ambos padres. Esto alimenta la hipótesis de que la característica es de tipo poligénica y transferible a la progenie.

**Tabla 7.** Fertilidad del polen y ploidía de los híbridos resistentes

clon	especie	fertilidad del polen (%)	cloroplastos/célula guardia	ploidía estimada
06202.6	cmm x phu	0.09	10.6	3x
06202.7	cmm x phu	0.11	8.9	3x

Tanto el número de cloroplastos como la fertilidad del polen indican que los materiales híbridos serían triploides originados de un gameto femenino no reducido de *S. commersonii*. Si estos híbridos producen gametas femeninas no reducidas pueden ser cruzados directamente con *S. tuberosum* para formar pentaploides. En estas dos etapas es posible seleccionar individuos con niveles aceptables de glicoalcaloides. El segundo nivel de introgresión a completar podría ser realizado con los mejores materiales provenientes de los programas en CIP y EMBRAPA como forma de combinar diferentes fuentes de resistencia.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CARPUTO, D.; BARONE, A.; CARDI, T.; SEBASTIANO, A.; FRUSCIANTE, L. y PELOQUIN, S. 1997. Endosperm balance number manipulation for direct in vivo germplasm introgression to potato from a sexually isolate relative (*Solanum commersonii* Dun.). Proc. Natl. Acad. Sci. 94:12013-12017.
- FERREIRA F., MOYNA P., SOULÉ S. y VÁZQUEZ A. 1993. Rapid quantitative determination of solanum glycoalkaloids by TLC-scanning. J. Chromatogr. 653:380-384
- HAWKES, J. G. 1994. Origin of the Cultivated Patatoes and Species Relationship. En: Potato Genetics. J.E. Bradshaw y G.R. Mackay (Eds). Wallingford, UK. CAB International. pp 3-42.
- JOHNSTON, S. A., y HANNEMAN, R. E. 1982. Manipulations of endosperm balance number overcome crossing barriers between diploid *Solanum* species. Science 217: 446–448.
- KIM-LEE, H.; MOON, J. S.; HONG, Y. S.; KIM, M. S. y CHO H. M. 2004. Bacterial wilt resistance in the progenies of the fusion hybrids between haploid of potato and *Solanum commersonii*. Amer. J. of Potato Res. 82:129-137.
- LAFERRIERE, L. T.; HELGESON, J. P. y ALLEN, C. 1999. Fertile *S. tuberosum* + *S. commersonii* somatic hybrids as sources of resistance to bacterial wilt caused by *R. solanacearum*. Theor. & Appl. Gen. 98:1272-1278.
- MONTANELLI, C.; CHIARI, A.; CHIARI, T.; STEFANINI, F. y NASCARI, G. 1995. Evaluation of resistance to *Pseudomonas solanacearum* in potato under controlled conditions. Euphytica 81:35-43.

## 9. ARTICULACIÓN DE PEQUEÑOS PRODUCTORES A NICHOS DE MERCADOS, COMO ESTRATEGIA DE CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD

Rodríguez Luis, Saavedra; Moya Pablo, Galarza  
Av. Meneceles, km 4, El Paso, departamento de Cochabamba-Bolivia  
Tel.: 591-4-4319595, fax 591-4-4319600.  
p.moya@proinpa.org, pmgconsultores@latinmail.com

### INTRODUCCIÓN

Mejorar la sostenibilidad global de la oferta de papa, proveniente de la economía familiar campesina boliviana en general, y en particular de las familias campesinas del Norte Potosí, no pasa solamente por la innovación tecnológica y comercial (semilla de calidad, riego, control de plagas, planes de negocios, oportunidades de mercado). Son las extremas condiciones del complejo ecosistema con el cual conviven y que fácilmente tiende a los extremos: sequías prolongadas, heladas, granizadas frecuentes, exceso de lluvias, precipitaciones adelantadas o retrasadas, agudizadas como efecto del cambio climático; que obligan a las familias campesinas a desarrollar complejas estrategias de sobrevivencia, buscando de este modo minimizar riesgos, en su proceso de articulación al mercado.

El proyecto tiene alcance a los municipios del Uncía, Llallagua, Pocoata, San Pedro de Buena Vista y Chayanta ubicados en el Norte Potosí, considerada la región más deprimida de Bolivia, ver cuadro 1. Los actores directos son 450 afiliados a la Red de Asociaciones de Productores de Papas Nativas (RED PROPANA), aglutinadas en 6 asociaciones de Productores ubicados en los Ayllus (Aymaya, Thayaquira, Chullpas, Jatun Ayllu Qhayanas, Pocorasí y Sullka).

La participación de la mujer es importante en la conservación de biodiversidad y la articulación al mercado de las papas nativas, por cuanto ellas constituyen, el 51,5%, en relación a los hombres 48,5%, proporción que se justifica por el alto proceso de migración temporal registrada en la zona.

Para entender mejor el contexto en el que se desarrolla el Norte Potosí, a continuación presentamos los indicadores sociodemográficos del área de estudio:

**Cuadro 1.** Indicadores sociodemográficos

Municipio/Ayllu	San Pedro Buena Vista	Uncía	Chayanta	Pocoata	Llallagua
Total población (2001)	22.005	24.751	19.428	16.993	39.890
Necesidades básicas insatisfechas (2001)	99,8	96,1	98,8	99,7	93,8
Índice de desarrollo humano (2005)	0,372	0,450	0,381	0,423	0,626

**Fuente:** Elaboración propia en base a datos de INE 2001, PNUD 2005.

El cuadro 1, nos muestra el nivel de pobreza existente en la zona, donde en promedio el 96,7% de la población no ha satisfecho sus necesidades básicas, en tanto que el índice de desarrollo humano está por debajo de la media nacional 0,641.

En este contexto la Fundación PROINPA, en coordinación con Organizaciones no Gubernamentales locales, como el Programa de Desarrollo Interdisciplinario (PRODII), el Centro de Apoyo al Desarrollo (CAD), con sede en Llallagua, la participación de los centros internacionales el Centro Internacional de Papa (CIP Perú) y el Centro de Investigación Agrícola Tropical (CIAT Colombia), desarrollan un programa

de investigación orientado a propiciar la articulación sostenible de productores de papas nativas al mercado, tanto en su estado fresco como procesado.

Proceso que se viene implementando con la aplicación de herramientas metodológicas participativas de desarrollo organizacional y agronegocios, que apoyan la valorización de la riqueza cultural y promueven precios justos para las papas nativas. Como ser:

- *Desarrollo Organizacional*
  - Diagnóstico Cualitativo, orientado a definir la situación actual del ámbito organizacional y de mercadeo, en la Red PROPANA.
  - Planificación Estratégica, orientado a definir estrategias que mejoren la capacidad de gestión organizacional e identifiquen mejores oportunidades de mercado, para la Red PROPANA.
- Agronegocios
  - Enfoque *Participativo de Cadenas Productivas* (EPCP), orientado a desarrollar innovaciones tecnológicas de orden económico productivo, fruto de la concertación y confianza generada entre diferentes actores directos e indirectos, de la cadena de papas nativas.

El objetivo de la aplicación de dichas herramientas es posibilitar un desarrollo sostenible que respete la identidad cultural y la conservación de la biodiversidad, desarrollando negocios sustentables. A través de la comercialización de dos tipos de productos:

- Papa fresca, en Hoteles turísticos, supermercados y segmentos de medios y altos ingresos, del entorno local y nacional.
- Producto procesado (harinas de chuño, sopas deshidratadas, apis y purés): como almuerzo escolar, desayuno escolar, programas de nutrición, constituidas por economías municipales y departamentales.

El Norte Potosí constituye uno de los centros de origen y conservación de la biodiversidad de papas nativas, más importantes de Bolivia, donde aún coexisten más de 200 variedades de papa. Conservación realizada en sistemas tradicionales de cultivo como son:

- *Mantas en Ayllus*, sistemas tradicionales de propiedad colectiva de la tierra, ubicadas en alturas mayores a 3500 msnm, donde las familias campesinas, realizan la siembra de muchas variedades de papas nativas, garantizando con ello su conservación.
- *Huertos ó jardines*, sistemas tradicionales de propiedad individual, ubicadas en las zonas aledañas a sus viviendas, ubicadas entre 3000 a 3500 msnm, donde además se siembra, hortalizas, frutas, plantas medicinales, hierbas, arbustos y árboles en parcelas pequeñas, como otra estrategia de conservación.

La agrobiodiversidad, practicada por las familias campesinas a través de sistemas tradicionales de cultivo, se basa en el uso de insumos locales, que sustenta la vida en las comunidades y Ayllus del Norte Potosí, aunque progresivamente se van erosionando debido a diferentes factores, como ser: la introducción de variedades mejoradas de papa, la acentuada migración y la falta de adecuadas estrategias de articulación de las papas nativas al mercado. Sino no se toman previsiones desde adentro, generando sintonías y espacios de recreación de la biodiversidad, este deterioro se puede seguir profundizando.

## **MATERIAL**

En el proceso de investigación se vienen utilizando los siguientes materiales, para diferentes momentos del proceso de aplicación de las herramientas metodológicas:

- *Desarrollo organizacional (DO)*
  - En primera instancia se ha elaborado un diagnóstico cualitativo sobre gestión organizacional y mercadeo, para ello se han utilizado cartillas didácticas, orientadas a la socialización de los resultados del diagnóstico entre todos los asociados de las comunidades involucradas.

- Posteriormente se ha elaborado un plan estratégico en organización y mercadeo, de la misma forma que el caso anterior, la socialización se realizó utilizando cartillas didácticas con mayor contenido gráfico, y texto en menor proporción.
- *Enfoque participativo de la Cadena Papas Nativas (EPCP)*
  - En el proceso de difusión y promoción de los productos frescos y procesados, se vienen utilizando cuñas radiales, medios televisivos, trípticos, gigantografías, boletines y recetarios. En el caso de las empresas turísticas se han utilizado gigantografías en dos idiomas (inglés y castellano).
  - Para la comercialización de la biodiversidad de papas nativas, se han utilizado envases tipo red de 1 a 2 kg, al cual se adjunta un recetario.
- *Innovación tecnológica*
  - La elaboración por parte de familias campesinas, de controladores biológicos, en base a insumos locales, en el contexto de un sistema de manejo integrado del cultivo.

## MÉTODOS

Las metodologías de Desarrollo Organizacional y el Enfoque participativo de Cadenas Productivas, recurre a varios métodos orientados a mejorar las habilidades, destrezas y nivel de confianza existente entre de los diferentes actores de la cadena de papas nativas. Los métodos son los siguientes:

Metodologías de Desarrollo organizacional:

1. Elaboración Diagnósticos Cualitativos en Organización y mercadeo

Métodos:

- Reuniones de motivación, a nivel comunitario, dentro el área de influencia
- Talleres grupales, con todos los actores locales
- Observación directa, a través de visitas periódicas
- Socialización de l diagnóstico entre los actores locales
- Entrevistas semiestructuradas
- Estudios de caso, entrevistas a personas clave

2. Planificación estratégica en organización y mercadeo

- Reuniones de motivación, a nivel comunitario, dentro el área de influencia
- Talleres grupales participativos, con todos los actores locales (Empresa asociativa Rural, Gobiernos municipales, Autoridades originarias y otras instituciones prestadoras de servicios.)
- Socialización del Plan estratégico sobre organización y mercadeo

Metodología de Agronegocios:

3. Enfoque Participativo de Cadenas Productivas

Métodos:

- Mapeo de actores, redes sociales, orientados a la identificación y motivación de actores
- Conformación de grupos de interés, para desarrollar niveles de confianza entre actores directos e indirectos de la cadena.
- Análisis y definición de oportunidades de mercado, formulación de proyectos compartidos.
- Plan de negocios, desarrollo del negocio

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

- La certificación orgánica de las papas nativas en el Norte Potosí, está en la fase final.

- Con la implementación del proyecto de producción de bioinsumos, se viene potenciando la producción orgánica de papa nativa, mediante la *cultura de la complementariedad en la producción*, práctica cotidiana para garantizar la conservación y variabilidad genética en la producción de las papas nativas. Por ejemplo el uso del estiércol de llamas, ovejas y otros animales, arbustos aromáticos de la zona (la muña, chinchircuma), posibilitan la elaboración de vióles, como estrategia de conservación de la biodiversidad.
- El alcance del proyecto de investigación, se expande a gran parte de la región del Norte Potosí, en interacción estrecha con los gobiernos municipales, que desde el inicio se apropiaron de este proceso.
- Se han firmado convenios de comercialización anteponiendo la variabilidad (al menos 10 variedades de papas nativas), en nichos de mercado como son las empresas de turismo (Salar de Uyuni, Copacabana en La Paz, Santa Cruz), fortaleciendo con ello la **conservación, la cultura, en la articulación al mercado**, el conocimiento de esta interconexión, entre hombre, madre tierra, rituales, ha posibilitado generar seguridad entre los diferentes actores de la cadena y negociar la papa, no sólo por sus características organolépticas, sino principalmente por su identidad cultural.
- La estrategia de comercialización de mix de variedades de papas nativas, está revalorizando la *cultura de la diversificación en la producción de papas nativas*, desde adentro, como parte de un proceso de recreación de los saberes campesinos.
- Se ha generado una sintonía entre el manejo del ecosistema, capital social, interacción con los actores locales, capacidad de gestión empresarial, acceso a capital financiero y a nichos de mercado.
- Se ha concluido la elaboración de un proyecto de transformación primaria de alimentos, en base a la complementariedad entre recursos locales, con la economía local. Es decir manteniendo los “recursos locales dentro la economía local (almuerzo escolar, programas de nutrición familiar regionales, trabajadores asalariados, etc.), es decir lograr una suerte de reciclaje interno del sistema.

Se ha apoyado la conformación de redes de actores locales “plataformas de concertación, orientados a lograr procesos de articulación más estratégicos y sostenibles de los productores de papas nativas al mercado.

## 10. RED LATINPAPA - RED IBEROAMERICANA DE INNOVACIÓN EN MEJORAMIENTO Y DISEMINACIÓN DE LA PAPA

Stef de Haan<sup>1\*</sup>, Merideth Bonierbale<sup>1</sup>, Carolina Bastos<sup>1</sup>, Julio Gabriel<sup>2\*</sup>, Carlos Nústez<sup>3\*</sup>, Domingo Ríos<sup>4\*</sup> y Francisco Vilaro<sup>5\*</sup>

Este póster describe de forma resumida la organización de la Red LatinPapa, sus avances hasta la fecha y su programación futura poniendo énfasis en capacidades y fortalezas científicas, tecnológicas y organizacionales en la región, además de innovaciones comprobadas con potencial de replicabilidad. La cooperación interinstitucional entre y dentro países, cada uno con diferentes demandas y ofertas, es esencial para lograr impacto con la innovación tecnológica (productos & procesos) en un contexto de creciente complejidad en América Latina: pobreza en zonas marginales, crecimiento de industrias de procesamiento y supermercados, rápida urbanización, y cambio climático.

La recientemente constituida Red LatinPapa busca fortalecer la colaboración entre investigadores y entidades de Ibero América que realizan trabajos de fitomejoramiento e innovación tecnológica con el cultivo de papa a fin de lograr impacto en la seguridad alimentaria y la economía de agricultores pequeños de la región. El enfoque de sistemas de innovación constituye un nuevo paradigma de I&D que reconoce que el flujo de tecnología e información entre personas, entidades e instituciones es clave para un proceso innovador. Además que se requiere de interacción entre los actores para convertir una idea en un proceso, producto o mercado que beneficia a agricultores que viven en condición de pobreza. El alcance de una innovación depende de un complejo conjunto de relaciones entre actores que producen, distribuyen y aplican conocimiento.

La Red LatinPapa propone facilitar la innovación trabajando en cuatro ejes estratégicos (módulos de trabajo): germoplasma, disseminación, semilla y sistemas de información. El primero busca que los actores de sector y los miembros de la Red tienen mayor acceso a germoplasma avanzado de papa. El segundo propone la liberación acelerado de nuevas variedades y adopción temprana de esquemas innovadores de disseminación. El tercero busca enlazar tecnologías de producción de semilla a sistemas formales e informales de distribución. Por ultimo, el cuarto eje propone que miembros de la RED, socios estratégicos y actores de cadenas de valor cuentan con un sistema de información y comunicación compartido.

---

<sup>1</sup> Centro Internacional de la Papa - Perú, Av. La Molina 1895, Apdo. 1558, Lima 12, Peru, s.dehaan@cgiar.org.

<sup>2</sup> Fundación PROINPA, Cochabamba, Bolivia.

<sup>3</sup> Universidad Nacional de Colombia, Bogota, Colombia.

<sup>4</sup> Centro de Conservación de la Biodiversidad Agrícola de Tenerife, Islas Canarias, España;.

<sup>5</sup> Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, Montevideo, Uruguay; \* Comité de Gestión Red LatinPapa

# 11. EVALUACIÓN DE FOSFITOS EN EL CONTROL DEL “TIZÓN TARDÍO” (*PHYTOPHTHORA INFESTANS*) PARA PRODUCCIÓN SANA DE PAPA EN EL ECUADOR

A. Taipe, H. López, G. Forbes, J. Andrade-Piedra  
Centro Internacional de la Papa

**Palabras Claves:** fosfitos, tasa de infección, tamaño de lesión, AUDPCR, severidad.

En Ecuador el uso excesivo de fungicidas para el control del “Tizón Tardío” de la papa es común y ocasiona daños al medio ambiente, productor y salud humana. Una producción sana se fundamenta en el uso de agroquímicos poco tóxicos como los fosfitos. Existe una amplia diversidad de productos a base de fósforo cuya eficiencia en el control de “Tizón Tardío” es necesario definirla. Mediante un bioensayo se evaluó quince fosfitos frente a testigos como Mancozeb y sin aplicación. Se realizaron inoculaciones de *P. infestans* en foliolos de papa con diferentes niveles de resistencia: CIP 386209.10 (resistente), CIP 388790.24 (moderadamente resistente) y CIP 387345 (susceptible). Las variables evaluadas fueron tasa de infección (TI) y tamaño de lesión (TL). Los resultados indican que los fosfitos de Potasio, Calcio, una combinación de Cobre + Manganeso + Zinc y Calcio + Magnesio presentan 0 % de TI y por lo tanto de TL, mientras que Mancozeb presentó una TI del 17.8% y una TL de 88.1 mm<sup>2</sup>. Los fosfitos de K (50%), Ca (20%) y Cu (50%) fueron los más efectivos y se evaluó su eficiencia en condiciones naturales.

En campo se realizó un experimento factorial. El factor variedades tuvo los siguientes niveles: CIP 575045 (Resistente), CIP 388790.24 (Moderadamente resistente) y CIP 387345 (Susceptible). El factor fungicidas tuvo los siguientes niveles: dos fosfitos de Potasio al 50% (Glass K y Fosphitall), Fosfito de Calcio (Glass Cal), Fosfito de Cobre (Cooper feed Cu), Dimetomorph (Testigo translaminar positivo), Mancozeb (Testigo protectante positivo) y sin aplicación (Testigo negativo absoluto). Un total de 21 tratamientos se dispusieron en un diseño de bloque dividido con 3 repeticiones. La aplicación de productos se realizó cada 10 días. La dosis de fosfitos utilizada fue de 3 cc de ingrediente activo/litro y para Dimetomorph y Mancozeb la dosis comercial recomendada (3.75 g/l y 2.5 g/l respectivamente). Se registró la severidad del tizón tardío cada 4 días y el rendimiento en t/ha. Con los valores de severidad se calculó el AUDPC relativo (AUDPCR) ya que las variedades tienen distinto periodo de maduración. Los resultados obtenidos indican que los fosfitos fueron tan efectivos para el control del tizón tardío como el Dimetomorph en los tres tipos de variedades (Resistente, Moderadamente resistente y Susceptible), solamente la variedad Susceptible con Mancozeb presentó un AUDPCR similar a los testigos sin aplicación. Los rendimientos más altos se obtuvieron con Mancozeb, Dimetomorph y fosfito de potasio al 50% y estuvieron comprendidos entre 15 y 21 t/ha. Los fosfitos de Cobre y Calcio alcanzaron rendimientos de 13.5 y 12.9 respectivamente que sin ser los mejores son muy superiores al testigo con 7.6 t/ha.

Se determinó que los fosfitos son alternativas importantes a fungicidas peligrosos y se estableció una sinergia positiva entre el nivel de resistencia y la eficiencia de los fosfitos. Aspectos como dosis y combinaciones de fosfitos requieren futura investigación.

## 12. ENSAYO DE UN NUEVO SISTEMA DE PLANTACIÓN EN PATATA BASE Y PREBASE

Calderón L.J., Carrasco A., Ortega F., Isla S.  
APPACALE S.A. Valle de Mena 13. 09001 Burgos. España. info@appacale.com

### INTRODUCCIÓN

La producción de semilla de categoría prebase y base es una actividad que demanda una constante evolución hacia técnicas más eficientes que tengan como objetivo reorientar el sistema de producción convencional que lleva practicándose durante los últimos 25 años hacia sistemas alternativos ligados a la agricultura sostenible y a productos de calidad. El tubérculo-semilla es un factor fundamental para garantizar la calidad y la productividad de un cultivo de patata. Para conseguir una semilla de calidad es imprescindible la aplicación de las mejores técnicas de cultivo.

El objetivo es conseguir mejoras en el cultivo de la patata de siembra mediante la aplicación de los siguientes parámetros:

- Mejorar los índices de producción de cantidad de tubérculos por planta (calibres 28-60mm)
- Mejorar la calidad sanitaria de la semilla.
- Conseguir una mayor homogeneidad de la producción.
- Minimizar los tubérculos “fuera de calibre” (< de 28mm ó > de 60mm).
- Optimizar el uso del agua de riego.
- Mejorar la mecanización de las labores de siembra.

En resumen, el enfoque dado para conseguir este objetivo es incrementar la densidad de plantación un 35-40% (20x80), la optimización del riego y la utilización de semilla entera.

### MATERIAL Y MÉTODOS

La semilla base fue producida en APPACALE mediante técnicas de micropropagación *in vitro*. Las variedades utilizadas fueron identificadas mediante marcadores moleculares para evitar errores por mezclas y además fueron analizadas de *Ralstonia solanacearum*, *Clavibacter michiganensis sepedonicus*, PVY, PLRV, PVX, PVS, PVM y PVA. El material sano e identificado molecularmente fue el que se utilizó para su multiplicación *in vitro*. Estas plantas se aclimataron en invernadero y 3 semanas después fueron trasplantadas a sacos de turba y arena y cultivadas en túnel con malla antiáfidos. El marco de plantación fue 15 x 14 cm (52 plantas/m<sup>2</sup>). Se aplicó una fertilización equilibrada y riego por goteo. La semilla obtenida, llamada G-2, es el punto inicial para su multiplicación en condiciones de campo en zonas autorizadas para la producción de semilla de patata a una altitud de 1052 m.

Esta semilla-base de distintas variedades se plantó en función del calibre: 28/35, 35/45, 45/55, 55/60.

El proceso de Siembra se lleva a cabo mediante *tres labores* de la siguiente forma:

1. Pase de arado-acaballador: tres días antes de la siembra, abriendo profundos surcos en el suelo de labor (55-60cm)
2. Pase de “Criba”: mediante un apero especial, se cribó profusamente la capa arable movida anteriormente por el acaballador, mediante un sistema de cribas, estrellas y dedos de goma. Ésta labor es fundamental, pues tiene como misión crear un lecho de siembra perfectamente mullido a la profundidad ideal (13-16cm), quedando superficialmente las partículas de tierra más gruesas y en el fondo del surco todas las piedras y terrones, que permitirán un buen drenaje de la parcela.
3. Siembra: mediante sembradora de vasos, dotada con control automático de profundidad.

Se realizan análisis de suelo y aguas para efectuar un correcto abonado.

Durante la siembra se comprueba el correcto estado sanitario de la semilla, el tempero del suelo, profundidad de siembra y la densidad de siembra.

En la vegetación se evalúan datos de nascencia, estado sanitario del cultivo, control de plagas y enfermedades, control de tuberización, maduración, aforos, quema de matas y tres depuraciones sanitarias según el Reglamento de producción de patata de siembra de Castilla y León.

Durante la cosecha se controla la cosechadora, tempero del terreno y se realizaron los análisis de virosis.

En el almacenamiento se controló la brotación, temperatura y se tomaron muestras del producto para realizar los análisis sanitarios correspondientes.

## RESULTADOS

En la Tabla 1 se muestra el tiempo empleado en cada tarea.

**Tabla 1.** Superficies y tiempos de labor

Labor	Tiempo (h)	Superficie (ha)	Rendimiento (horas/ha)
<b>Siembra</b>	34,5	5,75	6
			%
tiempo efectivo de siembra	10,50		1,83
tiempos muertos:			30
llenado de tolva	8,40		1,46
maniobras	4,30		0,75
ajustes máquina	10,60		1,84
llenado producto fitosanitario	0,70		0,12
<b>Criba</b>	41,1	8,1	5,1
			%
tiempo efectivo de criba	26,6		65
tiempos muertos:			
maniobras	8,5		21
ajustes máquina	6		15

El número de horas empleadas en la preparación del suelo y en la plantación fue mayor que el especificado por el fabricante (Tabla 2). No obstante, hay que tener en cuenta que las fuertes lluvias caídas antes de la plantación hicieron los trabajos mucho más dificultosos que en una situación normal.

**Tabla 2.** Rendimientos teóricos y reales de la maquinaria.

Labor	Rendimiento (horas/ha)	
	Teórico	Real
Siembra	2	6
Criba	4	5,1

## CONCLUSIONES

- Los tubérculos son depositados en un lecho de siembra perfectamente cribado, con una estructura muy buena que favorece la nascencia.

- El sistema de control automático de profundidad permite una uniformidad exacta en la profundidad de siembra, favoreciendo la *homogeneidad* de nascencia.
- El sistema de vasos es muy preciso cuando se siembran calibres uniformes ( $< 10\text{mm}$  de desviación).
- El sistema de siembra proporciona un buen drenaje.
- Permite aumentar en gran medida la densidad de siembra. La semilla no es sometida a golpeo, fricciones ni aplastamientos, el trato es bueno.
- La precisión de la plantadora es muy alta en el cómputo general de una hectárea, siendo muy fiable el marco de plantación en relación con el nº de tubérculos por hectárea.
- Los cambios en el marco de plantación se hacen de forma rápida y efectiva, ajustándose los valores reales a los teóricos de las tablas de la máquina.
- La nascencia, aunque un poco más tardía que en siembras convencionales (dos-tres días), es muy homogénea.
- El sistema favorece en gran medida la labor de recolección con cosechadora, ya que en el lomo no quedan ni piedras ni terrones grandes.
- El sistema de vasos tiene un elevado número de fallos cuando se siembran calibres poco uniformes.
- La plantadora no es muy precisa en cuanto a la distancia entre dos tubérculos.
- El sistema de control automático de profundidad es complicado de ajustar.
- En suelos poco profundos, el sistema de tapado del tubérculo es impreciso y realiza caballones irregulares.
- En parcelas con laderas o parcelas muy inclinadas, la plantadora eleva su índice de fallos.

P  
A  
T  
A  
T  
A

2  
0  
0  
8

neiker  
tecnalia



**EUSKO JAURLARITZA**  
**GOBIERNO VASCO**

**NEKAZARITZA, ARRANTZA  
ETA ELIKADURA SAILA**

**DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA,  
PESCA Y ALIMENTACIÓN**

Eusko Jaurlaritzaren Argitalpen Zerbitzu Nagusia

Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco

ISBN 978-84-457-2804-8



P.V.P.: 30 €

