

UPOV

SIMPOSIO SOBRE EL FITOMEJORAMIENTO PARA EL FUTURO

21 de octubre de 2011
Ginebra, Suiza



Índice

Programa	3
Discurso de bienvenida	
<i>Sr. Francis Gurry, Secretario General, UPOV</i>	5
Mensaje del país anfitrión de la conferencia diplomática de 1961	6
<i>Sr. Jean-Marc Bournigal, Director del Gabinete del Ministerio de Agricultura, Alimentación, Pesca, Ruralidad y Ordenación del Territorio (MAAPRAT), Francia</i>	6
Mensajes de los miembros fundadores de la Unión	8
<i>Su Excelencia Sra. Ilse Aigner, Ministra de Alimentación, Agricultura y Protección del Consumidor, de Alemania</i>	7
<i>Su Excelencia Sr. H. Bleker, Secretario de Estado, Ministro de Asuntos Económicos, Agricultura e Innovación, Países Bajos</i>	9
<i>Lord Taylor de Holbeach, Subsecretario Parlamentario del Departamento de Medio Ambiente, Alimentación y Asuntos Rurales (DEFRA), Reino Unido</i>	10
La evolución del fitomejoramiento y de la protección de las obtenciones vegetales	
<i>Sr. Bernard Le Buanec</i>	12
SESIÓN 1: Las ciencias vegetales y el futuro del fitomejoramiento	23
La función de la genómica en la mejora de los cultivos	
<i>Sr. Mike Bevan, Director Adjunto del Departamento de Ciencias, John Innes Centre (Reino Unido)</i>	22
Bioingeniería	
<i>Sr. Konstantin G. Skryabin, Director del Centro de Investigación "Bioingeniería", Academia de las Ciencias de Rusia (Federación de Rusia)</i>	23
Heteorisis en el centeno	
<i>Sr. Stanislau Hardzei, Jefe del Laboratorio de Genética y Biotecnología del Centro Científico y Práctico de Belarús para las Tierras Arables (SPCAF)(Belarús)</i>	24
Fitomejoramiento para la resistencia a virus en los cereales	
<i>Sr. Frank Ordon, Director y Profesor, Jefe del Instituto de Investigaciones sobre la Resistencia y sobre la Tolerancia al Estrés, Julius Kühn-Institut (JKI), Centro Federal de Investigaciones sobre Plantas Cultivadas (Alemania)</i>	32
Resistencia al estrés en el maíz	
<i>Sra. Marianne Bänziger, Directora General Adjunta, Investigación y Colaboración, Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT)</i>	36
Interacción molecular virus-planta y defensa patógena en las plantas de cultivo de tubérculo	
<i>Sr. Jari P.T. Valkonen, Catedrático de Fitopatología de la Universidad de Helsinki (Finlandia)</i>	37

Las opiniones expresadas en las ponencias y en los resúmenes de los debates del Simposio pertenecen a los ponentes o a los participantes y no son necesariamente las opiniones de la Unión Internacional para la protección de las obtenciones vegetales (UPOV).

SESIÓN 2: Aplicación de la ciencia: desafíos y oportunidades	47
La protección de las variedades vegetales y la transferencia de tecnología <i>Sr. Peter Button, Secretario General Adjunto de la UPOV</i>	47
Características de las variedades para el futuro <i>Sr. David Nevill, Jefe de I+D sobre Cereales, Syngenta International AG</i>	63
Estrategías para cultivos hortícolas y extensivos en África oriental <i>Sr. Yashwant Bhargava, Jefe de I&D, East African Seed Company Ltd.</i>	65
Perspectivas del fitomejoramiento hortícola en Asia <i>Sr. Ki-Byung Lim, Catedrático del Departamento de Horticultura de la Universidad Nacional Kyungpook (República de Corea)</i>	71
Fitomejoramiento de variedades florales de cara al mercado mundial <i>Sr. Ulrich Sander, Director Gerente, Selecta Klemm (Alemania)</i>	89
Objetivos del fitomejoramiento de variedades frutales en el siglo de XXI <i>Sra. Wendy Cashmore, Directora del Equipo de Gestión de Variedades Vegetales, Instituto Neozelandés de Investigación sobre Plantas y Alimentación (Nueva Zelanda)</i>	94
Debates (transcripciones)	103
Conclusiones	
<i>Sr. Keun-jin choi, presidente del consejo de la UPOV</i>	111
Biografías	113
Lista de participantes	121

Para su información las presentaciones en Powerpoint están disponibles en el sitio Web de la UPOV
www.upov.int/meetings/es/details.jsp?meeting_id=24133

Programa

Viernes 21 de octubre de 2011

- 08.30 Inscripción
- 09.15 Discurso de bienvenida del Sr. Francis Gurry, Secretario General de la UPOV
Mensaje del país anfitrión de la Conferencia Diplomática de 1961
- 09.25 Ministro (Francia)
Mensajes de los miembros fundadores de la Unión
- 09.30 Ministro (Alemania)
- 09.35 Ministro (Países Bajos)
- 09.40 Ministro (Reino Unido)
- 09.45 Discurso de apertura del Sr. Keun-Jin Choi, Presidente del Consejo de la UPOV
- 09.55 La evolución del fitomejoramiento y de la protección de las obtenciones vegetales
Sr. Bernard Le Buanec
- 10.25 Pausa

SESIÓN 1: Las ciencias vegetales y el futuro del fitomejoramiento

Presidenta: Sra. Kitisri Sukhapinda, Vicepresidenta del Consejo de la UPOV

- 10.55 La función de la genómica en la mejora de los cultivos
Sr. Mike Bevan, Director Adjunto del Departamento de Ciencias, John Innes Centre (Reino Unido)
- 11.15 Bioingeniería
Sr. Konstantin G. Skryabin, Director del Centro de Investigación "Bioingeniería", Academia de las Ciencias de Rusia (Federación de Rusia)
- 11.35 Heterosis en el centeno
Sr. Stanislau Hardzei, Jefe del Laboratorio de Genética y Biotecnología del Centro Científico y Práctico de Belarús para las Tierras Arables (SPCAF) (Belarús)
- 11.55 Fitomejoramiento para la resistencia a virus en los cereales
Sr. Frank Ordon, Director y Profesor, Instituto de Investigaciones sobre la Resistencia y sobre la Tolerancia al Estrés, Julius Kühn-Institut (JKI), Centro Federal de Investigaciones sobre Plantas Cultivadas (Alemania)
- 12.15 Almuerzo
- 15.00 Resistencia al estrés en el maíz
Sra. Marianne Bänziger, Directora General Adjunta, Investigación y Colaboración, Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT)
- 15.20 Interacción molecular virus-planta y defensa patógena en las plantas de cultivo de tubérculo
Sr. Jari P.T. Valkonen, Catedrático de Fitopatología de la Universidad de Helsinki (Finlandia)

SESIÓN 2: Aplicación de la ciencia: desafíos y oportunidades

Presidente: Sr. Peter Button, Secretario General Adjunto de la UPOV

- 15.40 La protección de las variedades vegetales y la transferencia de tecnología
Sr. Peter Button, Secretario General Adjunto, UPOV
- 15.55 Características de las variedades para el futuro
Sr. David Nevill, Jefe de I+D sobre Cereales, Syngenta International AG
- 16.10 Estrategias para cultivos hortícolas y extensivos en África oriental
Sr. Yashwant Bhargava, Jefe de I+D, East African Seed Company Ltd.
- 16.25 Perspectivas del fitomejoramiento hortícola en Asia
Sr. Ki-Byung Lim, Catedrático del Departamento de Horticultura de la Universidad Nacional Kyungpook (República de Corea)
- 16.40 Pausa
- 16.55 Fitomejoramiento de variedades florales de cara al mercado mundial
Sr. Ulrich Sander, Director Gerente, Selecta Klemm (Alemania)
- 17.10 Objetivos del fitomejoramiento de variedades frutales en el siglo XXI
Sra. Wendy Cashmore, Directora del Equipo de Gestión de Variedades Vegetales, Instituto Neozelandés de Investigación sobre Plantas y Alimentación (Nueva Zelanda)
- 17.25 Debate
- 17.55 Conclusiones del Sr. Keun-Jin Choi, Presidente del Consejo de la UPOV
- 18.00 Clausura

Discurso de bienvenida

**Sr. Francis Gurry,
Secretario General, UPOV**

Señoras y señores:

Muy buenos días a todos. Me complace darles la bienvenida a este “Simposio sobre el fitomejoramiento para el futuro”, organizado paralelamente al quincuagésimo aniversario de la UPOV.

Como todos ustedes saben, los fundadores del Convenio de la UPOV reconocieron que el establecimiento de un sistema eficaz de protección de las obtenciones vegetales incentivaría la muy necesaria inversión en el fitomejoramiento así como la innovación en la agricultura mediante la obtención de nuevas variedades vegetales.

Cincuenta años después, en la conmemoración de la firma de ese Convenio en París en 1961, la conjunción de las circunstancias actuales señala, más que nunca, la necesidad de innovar en el ámbito de la agricultura. Se ha producido, naturalmente, un aumento de la población mundial, que actualmente alcanza los 7.000 millones de personas, y se prevé que en 2050 la cifra habrá ascendido a 9.000 millones. Ese incremento de la población y su necesidad de alimento, junto con la necesidad de fuentes renovables de energía, ejercen una fuerte presión con respecto al suelo arable, que empieza a ser escaso. Al mismo tiempo, se cierne ante nosotros el fenómeno del cambio climático, que tiene distintos efectos en la productividad agrícola. De modo que, en consecuencia, la necesidad de innovación, en particular mediante la obtención vegetal, es más importante que nunca.

Por otra parte, la innovación, especialmente en el sector agrícola, es una fuente de crecimiento económico, de desarrollo económico para el sector rural y también un medio principal de creación de empleo. Para lograr una agricultura dinámica y sostenible es necesario el progreso científico y que la ciencia se aplique al desarrollo de los cultivos mediante el fitomejoramiento, que es el tema del simposio que celebramos hoy, en el que examinaremos qué nos depara el futuro en tales ámbitos, esto es, qué nos cuenta la ciencia actual acerca de las posibilidades del futuro en el ámbito del fitomejoramiento.

Permítanme expresar un caluroso agradecimiento a todos los oradores y expertos que arrojarán luz sobre los distintos aspectos del tema. Así, me complace presentarles a:

**Sr. Jean-Marc Bournigal
Director del Gabinete del (MAAPRAT)
Ministerio de Agricultura y Pesca**

**Su Excelencia Sra. Ilse Aigner
Ministra de Alimentación, Agricultura y Protección del Consumidor
11055, Berlín, Alemania**

**Su Excelencia Sr. H. Bleker
Secretario de Estado
Ministro de Asuntos Económicos, Agricultura e Innovación, Países Bajos**

**Lord Taylor de Holbeach
Subsecretario Parlamentario del Departamento de Medio Ambiente,
Alimentación y Asuntos Rurales (DEFRA), Reino Unido**

Mensaje del país anfitrión de la conferencia diplomática de 1961

Sr. Jean-Marc Bournigal,
Director del Gabinete del Ministerio de Agricultura, Alimentación, Pesca,
Ruralidad y Ordenación del Territorio (MAAPRAT), Francia

Señor Presidente, Señor Secretario General
 Señor Secretario General Adjunto
 Señoras, Señores, Representantes de los miembros y observadores de la UPOV

Hace cincuenta años, las delegaciones de seis países se reunieron en París, por iniciativa de Francia, con el fin de instituir un modelo original de protección de la propiedad intelectual en el ámbito vegetal. Dicho modelo se asienta sobre un adecuado equilibrio entre la protección del titular y los intereses del usuario. Así se estableció el Convenio Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales, que fue revisado en 1962, 1978 y 1991.

¿CUÁL ERA EL OBJETIVO?

En aquel momento, de lo que se trataba era de asegurar la sostenibilidad de las actividades de investigación agronómica, ya que sin investigación agronómica no aumenta la productividad agrícola, hecho que Francia ha podido recordar con motivo de la reunión del G20 en materia agrícola, organizada en junio en París. La demanda alimentaria mundial no podrá satisfacerse sin un incremento sostenible de la producción agrícola, lo que, a su vez, no podrá lograrse sin el apoyo de la investigación agronómica. Los fundamentos del establecimiento del Convenio de 1961 siguen siendo totalmente pertinentes hoy en día, y el desafío se prevé aún mayor en los años venideros.

El Convenio garantiza el derecho del obtentor sobre su creación, dejando al mismo tiempo abierta a terceros la posibilidad de utilizar esa creación para fines de investigación, incluida la obtención de nuevas variedades. Es decir que el Convenio garantiza que nada obstaculice las actividades de investigación al servicio de nuestros agricultores en un contexto en el que se multiplican los desafíos climáticos o sanitarios en todo el planeta. Desde tal perspectiva, debemos dejar de sopesar el interés de los obtentores y el de los agricultores, ya que no podrá darse una agricultura productiva sin una intensa investigación. Debo recordar que en el siglo XX, la mitad de las ganancias en la productividad agrícola se debieron a los avances de la investigación en el ámbito de la genética, y para obtener variedades resistentes a los avatares climáticos y sanitarios y que requieran menos agua es necesario invertir en investigación. Creo que todos tenemos esta certeza.

Es igualmente importante señalar que no puede haber una agricultura sostenible sin innovación agronómica. Para conciliar la productividad y el respeto del medio ambiente, no bastará con adaptar los métodos clásicos, sino que hay que cambiar de modelo, y será la innovación lo que nos permitirá dar ese salto cualitativo necesario, mediante la creación de variedades que no requieran la utilización de insumos ni pesticidas.

Por último, hay que señalar que no se obtendrá una agricultura competitiva sin una investigación fructuosa y, por ello, justamente remunerada. Los padres del Convenio, del que hoy festejamos el quincuagésimo aniversario, comprendieron muy bien este hecho, que demuestra cómo el modelo de protección de la propiedad intelectual impulsado por la UPOV está en consonancia con las necesidades y las expectativas de nuestra agricultura, de suerte que no podrá sorprendernos su éxito: en 1961, seis Estados definieron sus límites, y hoy son más de 70 los que están aquí para apoyar sus principios, entre los cuales debe celebrarse la presencia de numerosos países en desarrollo.

Si echamos la vista atrás, observaremos que, desde entonces, el número de especies y de variedades

protegidas no ha dejado de aumentar, ofreciendo a los productores una mayor diversidad genética. También ha aumentado el volumen de producción, si bien la reunión del G20 nos ha permitido recordar que es más necesario e indispensable que nunca perseverar en el empeño.

Este éxito es el éxito de todos ustedes, el éxito de la UPOV. La actualidad, la modernidad de este Convenio debe mucho a su empeño y su trabajo. Señoras, señores, Francia es más partidaria que nunca del modelo que presenta la UPOV. En un momento en el que debemos reinvertir decididamente en la agricultura mundial, el Convenio constituye el equilibrio adecuado entre el interés particular y el colectivo, entre el interés privado y el general. El futuro de la agricultura está en la investigación, ya sea en materia de productividad, de calidad de la alimentación o de protección del medio ambiente, y con este modelo aportamos a la investigación los medios de hacer frente a los desafíos del futuro. Por ello, les agradezco su activa participación en este proyecto y espero naturalmente que esta jornada sirva también para conmemorar la gran satisfacción que nos produce festejar los cincuenta años de trabajo en ese sentido.

Muchas gracias.

Mensajes del los miembros fundadores de la Unión

Su Excelencia Sra. Ilse Aigner,
Ministra de Alimentación, Agricultura y Protección del Consumidor, de Alemania

Señor Presidente,
Señor Secretario General.
Señoras y Señores:

Celebrar el cincuentenario de la UPOV significa celebrar medio siglo de cooperación internacional en aras de la protección de las obtenciones vegetales.

Me complace y me honra particularmente transmitirles mis mejores deseos con ocasión de esta celebración.

La firma, el 2 de diciembre de 1961, del Convenio de la UPOV fue una piedra angular en el fomento de una protección moderna del fitomejoramiento.

Alemania figura entre los miembros fundadores de la UPOV.

En mi carácter de Representante del Gobierno Federal, me alegro particularmente de la evolución positiva de esta Unión Internacional en los últimos 50 años.

Durante este lapso, unos 70 Estados y la Unión Europea han decidido adherirse al sistema de protección de las obtenciones vegetales de la UPOV.

Así pues, un número cada vez mayor de Estados miembros decide proteger por propiedad intelectual las variedades vegetales, conforme al Acuerdo sobre los ADPIC de la OMC, mediante los derechos de obtentor.

Aumenta sin cesar el número de títulos de protección conferidos a las obtenciones vegetales en el marco de la UPOV.

La mayoría de los países que llevan a cabo actividades de fitomejoramiento ha optado por aplicar el sistema de la UPOV de protección de las obtenciones vegetales.

Este sistema permite a los obtentores recuperar las ingentes inversiones que se destinan a la selección de obtenciones vegetales. La protección de las obtenciones vegetales permite realizar avances fundamentales en el ámbito de la creación de variedades, velando al mismo tiempo por que se mantenga un justo equilibrio entre los intereses de los obtentores y los de los agricultores.

Es por esos motivos que la República Federal de Alemania optó desde un comienzo por proteger las obtenciones vegetales con arreglo al Convenio de la UPOV. Esa protección sigue respondiendo a los intereses de los pequeños y medianos obtentores y de la agricultura rural. Contrariamente a los derechos que confieren las patentes, más restrictivos, los principios de la UPOV dan impulso a la transferencia de la innovación: gracias a la exención del obtentor, todas las obtenciones vegetales protegidas pueden ser objeto de fitomejoramiento adicional. Así pues, el acceso a los recursos genéticos utilizados para obtener nuevas variedades es ilimitado, a los fines de la investigación y el fitomejoramiento. Ello hace una aportación decisiva a la innovación en el campo del fitomejoramiento, lo cual, en mi opinión, es particularmente importante.

Por ese motivo, me manifiesto firmemente a favor de la protección de las obtenciones vegetales y en contra de las patentes sobre las obtenciones vegetales.

Señoras y Señores:

Como bien saben, los Ministros de Agricultura del G20 se reunieron este año en París para tratar las cuestiones siguientes, decisivas para el futuro:

¿Cómo podemos garantizar el derecho de todo ser humano a la alimentación?

¿Cómo podemos garantizar el acceso a la alimentación para una población mundial en aumento?

Todos estuvimos de acuerdo respecto del hecho de que es fundamental reforzar la agricultura.

Los gobiernos de todo el mundo deben hacer todo lo posible, teniendo en cuenta los desafíos mundiales actuales y futuros, para garantizar la durabilidad de la seguridad alimentaria y el desarrollo de la agricultura.

Para ello se necesita crear variedades vegetales de alto rendimiento, robustas y adaptadas a las distintas condiciones locales.

En su declaración final, los Ministros de Agricultura del G20 se comprometieron a favorecer la innovación en el fitomejoramiento, en particular reforzando los mecanismos jurídicos acordados a escala internacional en relación con las variedades vegetales.

El elemento clave para garantizar a la población mundial el acceso a la alimentación es la responsabilidad en la utilización de los recursos genéticos.

Para poder hacer frente a los desafíos del futuro, conviene no olvidar ese concepto en nuestras actividades.

También debe mejorarse el rendimiento de las plantas de cultivo extensivo mediante las modernas técnicas de fitomejoramiento.

Un ejemplo de ello es el “SMART breeding”, que puede traducirse también como “cultivo inteligente”.

Es la única manera de aumentar, a largo plazo, la productividad agrícola.

Señoras y Señores:

La UPOV goza de un merecido renombre a escala mundial. Lo demuestra la presencia numerosa de representantes de organizaciones internacionales como la OMC, la FAO, el CDB, la ISF y otras, que se encuentran aquí reunidos con los miembros de la familia de la UPOV.

Para los próximos decenios, deseo a la UPOV el mejor de los éxitos en la prosecución de su labor de fomento de la protección de las obtenciones vegetales.

Estoy convencida de que es particularmente importante dar una respuesta a los problemas futuros de la humanidad. Sólo de esa forma será posible garantizar a una población mundial en aumento el acceso a la alimentación, a las materias primas y a la energía.

Espero con impaciencia los resultados del Simposio sobre el Fitomejoramiento para el Futuro y deseo a todos los participantes y los invitados un intercambio de opiniones fructífero y constructivo.

**Su Excelencia Sr. H. Bleker,
Secretario de Estado, Ministro de Asuntos Económicos, Agricultura e Innovación
Países Bajos**

En primer lugar, permítanme felicitarles por el quincuagésimo aniversario del Convenio Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales (UPOV).

Los Países Bajos, junto con algunos otros países, estuvieron presentes en la puesta en marcha de esta maravillosa iniciativa, que hoy constituye un sistema mundial en el que participan 69 países unidos con el fin de fomentar la obtención de variedades vegetales y de desarrollar el marco necesario para ello.

El sistema de la UPOV crea además incentivos a la innovación y la obtención de variedades vegetales, para que agricultores y horticultores de todo el mundo puedan extraer el máximo provecho de tales variedades. En aras de la seguridad alimentaria, es de vital importancia, hoy más que nunca, fomentar el desarrollo de variedades que puedan ayudarnos a alcanzar el adecuado volumen de productividad y que, al mismo tiempo, necesiten menos insumos, sean más resistentes y se adapten mejor a los efectos del cambio climático.

Aunque sea un enorme desafío, el sistema de la UPOV para la protección de las variedades puede, a mi parecer, brindar muchas posibilidades de avanzar a los agricultores de los países en desarrollo.

Las circunstancias cambian continuamente y tenemos que ir adaptándonos a tales cambios. Así, debemos, por ejemplo, examinar cuidadosamente cómo mantener la eficacia de los derechos de obtentor en relación con las patentes sobre invenciones en el ámbito vegetal. Debemos encontrar un equilibrio entre ambos sistemas.

Y tenemos esta certeza: tras 50 años de existencia de la UPOV, todavía queda mucho trabajo por hacer y sería bueno para la UPOV que se ampliara el número de miembros.

Así, les transmito de nuevo mi felicitación por el quincuagésimo aniversario de la UPOV, y estoy plenamente convencido que los motivos en que se asientan los continuos esfuerzos de la UPOV son más sólidos que nunca, y que su entusiasmo logrará impulsarlos durante los próximos cincuenta años.

**Lord Taylor de Holbeach,
Subsecretario Parlamentario del Departamento de Medio Ambiente,
Alimentación y Asuntos Rurales (DEFRA), Reino Unido**

El Convenio de la UPOV es la piedra angular de la industria mundial del fitomejoramiento. En ese sentido, el Reino Unido tiene el orgullo de haber sido uno de los primeros signatarios del Convenio original, y el país sigue valorando la importancia que tiene la UPOV en el fomento de la industria de fitomejoramiento.

Han sido muchas las ventajas que han brindado el Convenio de la UPOV y las leyes de derechos de obtentor. El hecho de que los obtentores pudieran percibir regalías por sus variedades impulsó el rápido desarrollo del fitomejoramiento, dando lugar a un aumento de la producción, la calidad y la diversidad de la oferta. La importancia de la obtención vegetal se ilustra en recientes estudios, en los que se muestra que más del 90% del incremento de la producción en los principales cultivos agrícolas del Reino Unido se debe a la obtención de nuevas variedades. El trabajo que llevan a cabo la UPOV y la industria del fitomejoramiento para potenciar la obtención de nuevas variedades sostenibles redundan en beneficio de la comunidad global, ya que reduce las consecuencias que el problema, cada vez más acuciante, de la seguridad alimentaria plantea frente al incremento de la población y al cambio climático.

Mi departamento está trabajando con toda la cadena alimentaria a fin de fomentar la economía ecológica e impulsar al sector agrícola y de alimentación para aumentar la productividad de manera sostenible, con miras a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y proteger el medio ambiente. Las obtenciones vegetales y el sistema de protección de obtenciones vegetales, con el apoyo de la UPOV, son esenciales a tales fines.

En la Segunda Conferencia Mundial sobre Semillas se hizo hincapié en que los gobiernos deben mantener y potenciar un entorno propicio a la innovación en los ámbitos de la obtención vegetal y la producción de semillas. El Reino Unido comparte esa opinión y, recientemente, ha incrementado su inversión en investigación en el ámbito del fitomejoramiento y ha mantenido consultas sobre la creación de incentivos fiscales para las empresas involucradas en las actividades de innovación. El sistema de la UPOV de protección de las obtenciones vegetales es fundamental para crear un entorno propicio a la inversión en la obtención vegetal, lo cual es a su vez esencial para reforzar la sostenibilidad en la producción alimentaria a escala mundial. La adhesión a la UPOV constituye un importante indicador del apoyo que los gobiernos prestan a las industrias de fitomejoramiento de sus países, la cual les aporta la confianza necesaria para invertir e introducir en el mercado sus obtenciones vegetales. Durante las próximas décadas, las obtenciones vegetales tendrán un papel fundamental, en beneficio de la comunidad mundial, en la lucha contra el reto de la seguridad alimentaria.

En su calidad de organización internacional, con miembros en todos los continentes del mundo, la UPOV tiene una posición única para fomentar el desarrollo continuo de variedades vegetales. La trayectoria de la UPOV, que cumple ahora el quincuagésimo aniversario, está marcada por el éxito. La pertinencia de la Organización sigue hoy igual de vigente y estoy seguro de que en los próximos años consolidará y prolongará el éxito cosechado hasta ahora.

La evolución del fitomejoramiento y de la protección de las obtenciones vegetales

Sr. Bernard Le Buanec

1. La revolución del neolítico y la domesticación de cultivos

Lo que actualmente denominamos revolución del neolítico empezó hace unos 10.000 años; lo más probable es que haya sido una larga evolución más que una revolución. En esa época, los humanos pasaron de un sistema de caza y recolección a un sistema basado en la agricultura. ¿Cómo se produjo esta transformación? Se produjo como fruto de la domesticación pero, en el marco de esta intervención, nos ocuparemos únicamente de las plantas. Entre las numerosas especies que utilizaban los recolectores, sólo unas pocas fueron domesticadas. Se estima que hay 250.000 especies de plantas superiores, de las cuales se sabe que 30.000 son comestibles y de éstas se han utilizado 7.000 como alimento de forma habitual¹, de las que sólo 300 han sido domesticadas y utilizadas en la agricultura².

En realidad, la domesticación dio lugar a una fuerte disminución de la diversidad de cultivos, ya que los humanos sólo eligieron las especies que pudieran satisfacer sus necesidades. Por ejemplo, en lo que respecta a los cereales que en muchas civilizaciones eran los cultivos más importantes, el denominado síndrome de domesticación se caracterizó por la pérdida de la dispersión espontánea de las semillas, una mayor uniformidad de la maduración y germinación de las semillas, un aumento del tamaño de los órganos reproductivos, un cambio de la asignación de biomasa y una vida más breve³. La mayor parte de estos cambios dependen de unos cuantos genes importantes.

2. La constante selección de cultivares mejorados por los agricultores tras la domesticación.

La diferenciación entre la domesticación y la selección, si bien resulta práctica, es un poco artificial, ya que, por lo menos durante la primera fase del desarrollo de la agricultura, deben haber coexistido la domesticación y la selección de cultivares mejorados. Los cultivadores practicaban la selección reservando las mejores plantas de cada generación para la siembra del año siguiente. Estas plantas mejores eran resultado de mutaciones naturales y de la hibridación espontánea con cultivos adyacentes o variedades silvestres. Se sabe de algunos casos de hibridación facilitada por los agricultores. No obstante, aun cuando los avances fueran evidentes, eran extremadamente lentos, ya que no se sabía cómo acelerar y fijar la mejora genética. La revolución agrícola, que se produjo en el siglo XVIII cuando se introdujeron transformaciones muy importantes en la agricultura europea, no aportó el aumento esperado de la producción, principalmente por la falta de mejoramiento de las variedades⁴. En realidad, no se conocía el concepto de genética. Podemos decir que durante un período muy prolongado, los agricultores no crearon diversidad genética pero, en el mejor de los casos, conservaron la diversidad derivada de la evolución natural. Podemos decir, asimismo, que la selección de variedades, las denominadas variedades locales, es un subproducto de las actividades agrícolas, y la recompensa que recibía el "selector" era una buena cosecha y posiblemente mejor al año siguiente.

3. El surgimiento del fitomejoramiento y los obtentores profesionales.

Diremos, para simplificar, que el fitomejoramiento surgió a raíz de dos grandes descubrimientos: la existencia del género en las plantas que permite los cruces controlados, y las leyes genéticas que permiten entender la herencia, elegir los parentales para un cruce según los resultados esperados y determinar sus resultados. Estos descubrimientos, junto con las consabidas polémicas y escepticismo,

1 Kingsbury N, p 408.

2 Holden, Peacock y Williams, en Kingsbury N.

3 Harlan 1992.

4 Kingsbury, p 253.

se desarrollaron entre mediados del siglo XVIII y finales del siglo XIX, es decir, durante unos 150 años aproximadamente. En las etapas iniciales, los cruces eran principalmente obra de aficionados a los cultivos ornamentales y frutales. No obstante, las primeras empresas de semillas con verdaderos programas de mejoramiento se establecieron a mediados del siglo XIX.

El desarrollo de la biometría en la primera mitad del siglo XX constituyó otra etapa fundamental, ya que permitió eliminar los resultados de un experimento que fueran fruto del azar⁵.

A la primera Conferencia Internacional sobre hibridación y cruces que se llevó a cabo en Londres en 1899, le siguió una segunda en Nueva York en 1902 y una tercera en que se acuñó el término “genética”, en 1906, nuevamente en Londres. Según uno de los oradores, las cuatro cuestiones que en esa época acaparaban la atención de los obtentores eran: la resistencia a las enfermedades, al frío, a la sequía y a los suelos alcalinos, y una mayor productividad (de hecho, muy similares a las cuestiones que se plantean en la actualidad). La primera asociación de obtentores, la American Breeders Association, fue fundada en 1903⁶.

Los obtentores decidieron convertir su actividad en profesión y a partir de ese momento, como en cualquier otra profesión, defender sus intereses, entre ellos la protección de la propiedad intelectual. En efecto, a diferencia de la situación anterior en que las nuevas variedades locales eran un producto derivado de las actividades agrícolas y, por consiguiente, no requerían necesariamente una contrapartida económica, para el obtentor profesional privado la única fuente de ingresos para la subsistencia y la inversión constante son las ventas del material de reproducción o multiplicación de las variedades que desarrollan.

En 1938 se fundó la International Association of Professional Plant Breeders for the Protection of Intellectual Property, conocida por sus siglas ASSINSEL (en español era la Asociación Internacional de Seleccionadores para la Protección de Obtenciones Vegetales. Su principal objetivo está claramente indicado en su nombre⁷.

4. La protección de los derechos de los obtentores y el Convenio de la UPOV de 1961⁸

En la primera parte del siglo XX se hicieron varios intentos de establecer un sistema eficaz de protección de la propiedad intelectual de los obtentores, tanto en el plano nacional como internacional. Salvo unas pocas excepciones, como la Ley de Patentes de Plantas de 1930 de los Estados Unidos de América para los cultivos reproducidos por multiplicación vegetativa (excepto los tubérculos) el resultado general fue más bien pobre. En la década de 1950 se reanudaron los debates y ASSINSEL desempeñó un papel decisivo que tenía dos vertientes: en primer lugar ASSINSEL, en su congreso anual de 1956, obtuvo una petición unánime de sus miembros que reclamaba la organización de una conferencia internacional para estudiar la cuestión de la protección de la propiedad intelectual resultante del fitomejoramiento; en segundo lugar, los miembros franceses de ASSINSEL lograron convencer al Gobierno de su país de que convocara esa conferencia. La primera sesión de la Conferencia Diplomática se llevó a cabo en 1957 y la segunda en 1961, al término de la cual se aprobó el Convenio de la UPOV de 1961.

5 Fisher, 1925, Statistical Method for Research Workers.

6 Kinsbury, p 159.

7 El término “profesional” desapareció al cabo de unos años y en 2002, ASSINSEL se fusionó con la International Seed Trade Association, FIS, para constituir la International Seed Federation ISF (Federación Internacional de Semillas).

8 Para más información, véase Heitz, 19878

En el preámbulo del Convenio se declara que las partes contratantes “están convencidas de la importancia que reviste la protección de las obtenciones vegetales, tanto para el desarrollo de la agricultura en su territorio⁹ como para la salvaguardia de los intereses de los obtentores”. El Convenio establece las condiciones para obtener la protección y, en su artículo 5, el alcance de esa protección. Una de las características fundamentales del Convenio es la excepción de los obtentores, que los avances incrementales en el fitomejoramiento y el acceso a los recursos fitogenéticos para la investigación y el mejoramiento hacen necesaria, como se indica a modo de ejemplo en la figura 1.

La figura 1a presenta la complejidad de la genealogía de la variedad Sonalika, creada en 1964. En la figura 1b se aprecian algunos detalles inteligibles.

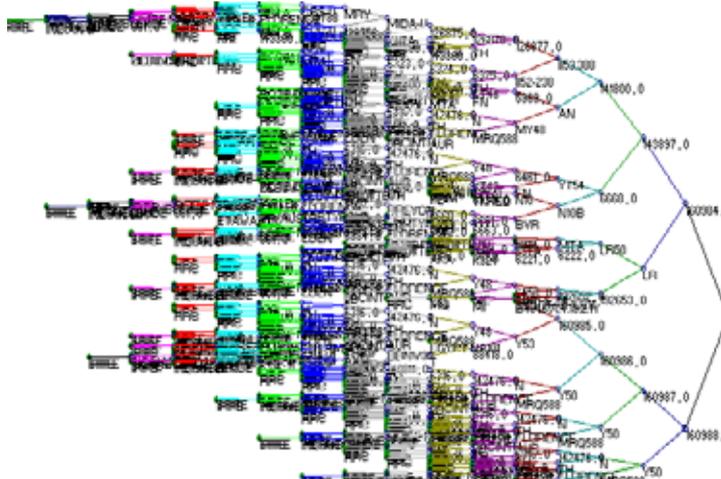


Figura 1a, genealogía de la variedad de trigo Sonalika, fuente CYMMIT.

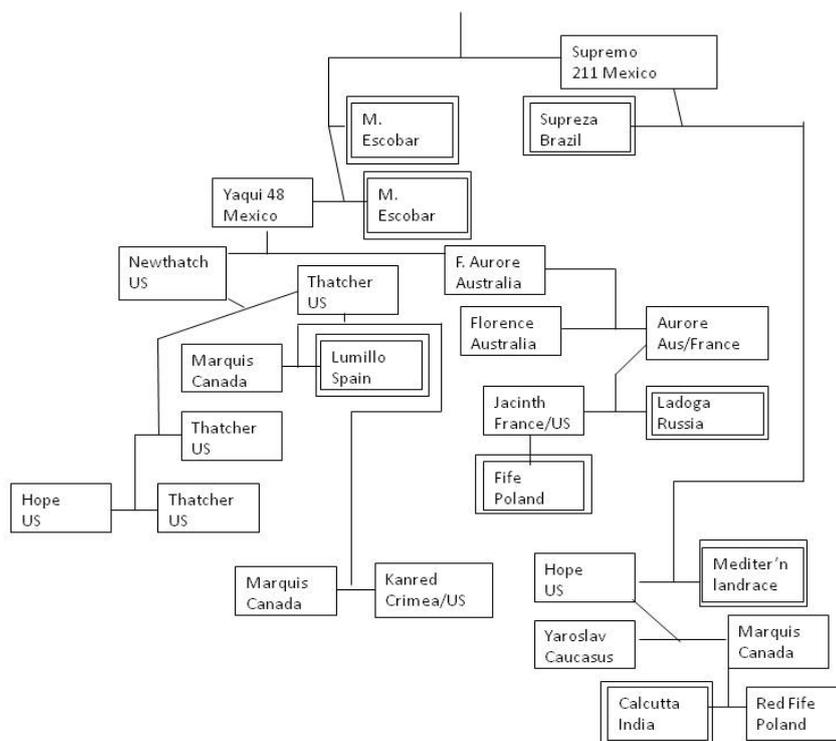


Figura 1b: Un pequeño segmento de la genealogía del trigo panificable (cultivar Sonalika), fuente CYMMIT

.9 Subrayado por el autor.

5. Algunos logros del fitomejoramiento.

5.1 Mejora del rendimiento.

Un enfoque lineal de la evolución de la agricultura y de la mejora del rendimiento de las cosechas de trigo en Francia¹⁰ ofrece una buena perspectiva del aspecto relativo al aumento de la producción obtenido por el fitomejoramiento.

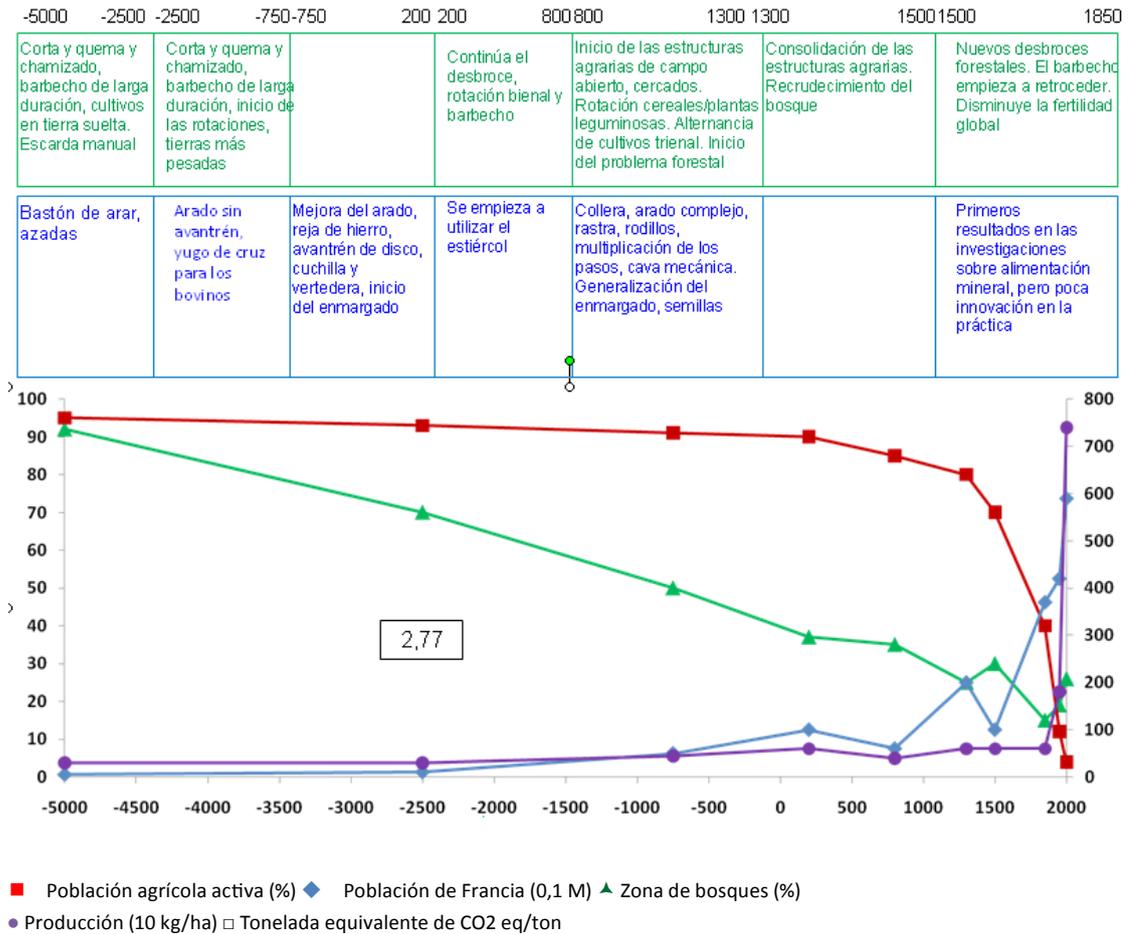


Figura 2a: Evolución de la agricultura en Francia y de la producción de trigo -5000 AC a 2000

10 Recopilado en Gille B., 1978, Boulaine J, 1996 y G. Duby y A. Wallon, 1977.

Pocos cambios en los sistemas de cultivo. El barbecho, que al principio del período representa el 28% de la superficie cultivada, está sin embargo en disminución.	El barbecho sigue ocupando el 10% de la superficie cultivada al final del período. Azufre y micronutrientes.	Sistema de agricultura intensiva, tras la reagrupación de las tierras, supresión del barbecho.
Se empiezan a utilizar los fertilizantes minerales (P, N) de la selección vegetal científica. Utilización del acero en la maquinaria agrícola, arado con vertedera reversible	Inicio de las variedades mejoradas. Control de calidad de las semillas. Generalización de la mecanización	Continuación del fitomejoramiento, intensificación de los fertilizantes minerales, se empiezan a utilizar y luego se generalizan los productos sintéticos de protección de cultivos.

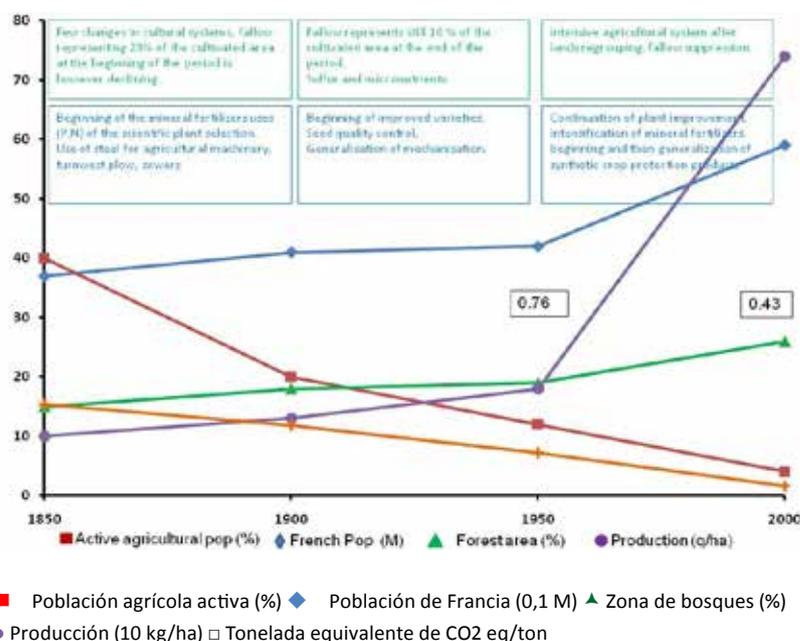


Figura 2b: Detalles de 2a, 1850-2000

Las figuras 2a y 2b (detalles de los últimos 150 años de 2a) dan cuenta de varios parámetros: los datos de la población francesa y la población agrícola totales, la superficie forestal y la producción de trigo por hectárea. Como se ve, la producción de trigo aumentó muy lentamente, de 3 a 10 quintales por hectárea entre los años -5000 al año 1850. Prácticamente, la única forma de aumentar la producción nacional para alimentar una población en aumento y cada vez más urbana era aumentar la superficie de tierra cultivada y, por consiguiente, talar bosques y ganar terrenos a los humedales. Desde 1850 a 1950 la producción aumentó un poco más rápidamente, pasando de 10 a 16 q/ha, pero aún a ritmo lento, pese a la revolución agrícola (véase más arriba). Por lo general se considera que la lentitud de los avances se debe a la falta de productividad de las variedades de trigo. Con la generalización de las variedades de alto rendimiento, la producción por hectárea experimentó un aumento radical, pasando de 16 q/ha a 74 q/ha entre 1950 y 2000. La mejora genética representa el 50% de este aumento¹¹. Además de la mejora de la intensidad de utilización de las tierras (superficie necesaria por unidad de producción), con un aumento de la superficie forestal, la tonelada equivalente de CO2 por tonelada de trigo se redujo de 0,76 en 1950 a 0,43 en 2000¹². Hay ejemplos de parecida evolución en los distintos cultivos en diversos países¹³.

11 M. Brancourt-Hulmel et al, 2003.

12 A. Riedacker, 2008.

13 B. Le Buanec, 2009 e ISF, 2002.

Es interesante señalar que la mejora del rendimiento no se obtiene en detrimento de la resistencia al frío, a la enfermedad y la calidad técnica¹⁴. El ejemplo del arroz de altiplanicie en África es especialmente interesante, ya que en este continente se pone muchas veces en tela de juicio el interés de las semillas de gran rendimiento en comparación con las variedades locales. En el África occidental, las variedades locales y las mejoradas fueron comparadas en las condiciones de los cultivadores, a distintos niveles de productividad. Se obtuvieron resultados interpretables en 198 campos de cultivadores, en 16 entornos distintos, como se indica en la figura 3¹⁵.

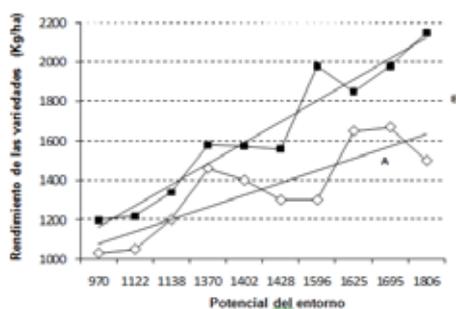


Figura 3 - Rendimiento de la variedad local (A) y la línea mejorada (B) de acuerdo con el potencial del entorno calculado por el promedio de rendimiento del ensayo en cada lugar.

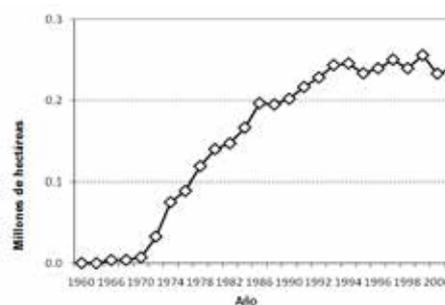


Figura 4 - Aumento de la superficie cultivada de maíz en los Países Bajos (Lista recomendada neerlandesa)

En los límites de los entornos sometidos a prueba, la línea B mejorada siempre es mejor que la mejor variedad local elegida por el agricultor, incluso en entornos de bajo potencial. Además, las líneas mejoradas responden mucho mejor que la variedad local en entornos con buen potencial.

5.2 Adaptación a nuevos entornos

Los movimientos migratorios han tenido como resultado la adaptación gradual de cultivos a nuevos entornos pero, en general, esta adaptación ha llevado un tiempo muy largo. Por ejemplo, para que el arroz se adaptara a las zonas septentrionales del Japón han tenido que pasar muchos siglos¹⁶. Habida cuenta de las variaciones climáticas y la rápida circulación de especies en todo el mundo, es muy probable que en el futuro sea necesario adaptar los cultivos a nuevos entornos. Gracias al fitomejoramiento será posible hacerlo con mucha más rapidez que en el pasado. Esta evolución puede ilustrarse con tres ejemplos.

5.2.1 Adaptación del maíz en Europa septentrional.

El maíz fue introducido en Europa a fines del siglo XV, después del descubrimiento de América por los europeos. No obstante, hasta la década de 1960 el cultivo del maíz se limitaba a las regiones situadas al sur del paralelo 45, con veranos cálidos y bastante húmedos. El desarrollo de híbridos con precocidad mejorada y vigor inicial (cruzamiento entre líneas duras europeas y líneas norteamericanas de dentado precoz), asociados con semillas de buena calidad que brotan rápida y periódicamente, ha permitido llevar el cultivo hacia el norte. La situación de los Países Bajos ilustra esta evolución. (Fig. 4)

5.2.2 Adaptación de la colza en Australia¹⁷

En Australia, el primer cultivo comercial de colza se realizó en 1969, pero en 1972, la enfermedad de la pierna negra devastó la incipiente industria del aceite de colza. Teniendo en cuenta que se considera importante esta fuente de aceite para el país, se iniciaron programas de mejoramiento en

14 M. Brancourt-Hulmel et al, 2003, ISF, 2002.

15 Jones M.P., Diallo R., 1995.

16 Kinsbury N., 2009, p 51.

17 Salisbury P., 1999 y comunicación personal, 2011.

1970 en Victoria y en 1973 en los estados de Nueva Gales del Sur y Australia Occidental. Además, en Australia la colza tenía un problema de maleza a causa de un espectro específico de malas hierbas, especialmente con las malezas de la Brassica como el rabanillo.

La resistencia a la pierna negra se obtuvo principalmente de material de primavera japonés y de material de invierno francés. La tolerancia a la cianazina se obtuvo del Canadá, donde se había introducido por medio del rescate de embriones en Brassica napus a partir de una población silvestre de Brassica rapa. Las primeras variedades resistentes a la pierna negra salieron al mercado en la década de 1980 y la primera variedad tolerante a la cianazina en 1993. En unos 20 años se resolvieron los problemas vinculados a un entorno específico, el elevado nivel de casos de pierna negra y el espectro de maleza específico, lo que permitió un aumento extraordinario del cultivo de colza. (Véase figura 5). De 1993 a 1999 la producción australiana de oleaginosas experimentó un incremento superior al triple, fundamentalmente a causa de la colza y, en 1999, Australia pasó a ser uno de los principales exportadores de semillas oleaginosas.

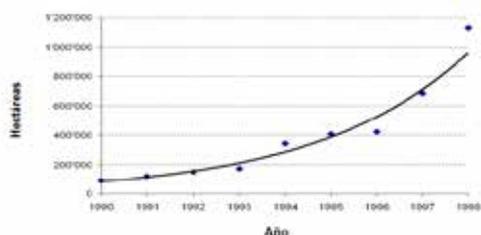


Fig5. 5 Evolución de la superficie cultivada de colza en Australia

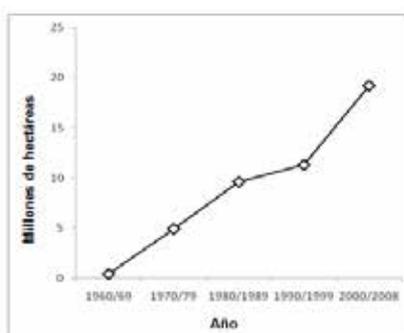


Figura 6: Evolución de la superficie cultivada de soja en el Brasil

5.2.3 Adaptación de la soja al Brasil ecuatorial¹⁸

En la década de 1960, la soja era en el Brasil un cultivo de poca importancia que se practicaba principalmente en el Estado de Rio Grande do Sul a unos 30o de latitud sur. Las variedades procedían del sur de los EE.UU. a unos 30o de latitud norte, con las mismas condiciones de luz del día. En la década de 1970, a causa de la caída de los precios del café, la soja adquirió más importancia y se fue hacia el norte, en particular al Estado de Paraná, especialmente tras las heladas de 1975. A partir de entonces, el cultivo siguió evolucionando hacia el norte y actualmente se puede cultivar soja a 0o de latitud con la misma eficacia que a los 30o de latitud.

El carácter determinante que se ha modificado para permitir esta adaptación a un nuevo entorno fue el fotoperiodismo del cultivo. El trabajo de adaptación empezó en la década de 1970 en Campinas y Londrina, con el incremento de las poblaciones se cruzaron las variedades de los EE.UU. con genotipos dotados de un período inicial largo que se había descubierto en las variedades ya existentes. Posteriormente, tras determinar las mutaciones espontáneas, que expresan diversos grados de la forma juvenil, se seleccionaron y se utilizaron como parentales en los cruces para desarrollar las variedades destinadas a regiones de baja latitud. No obstante, la mayor eficacia se alcanzó al trasladar el programa de fitomejoramiento al Estado de Maranhao, región de adaptación del germoplasma. A mediados de la década de 1980 se obtuvieron diversas variedades adaptadas. En ese período, también se mejoraron las distintas características, en particular, las variedades con distintos tegumentos que soportan altas temperaturas. En la figura 6 se representa el espectacular aumento del cultivo de la soja en el Brasil.

18 Dall'Agnol A. et Sendin P., communications personnelles 2011.

5.2.4 Conclusión

Estos tres ejemplos indican que en el espacio de 10 a 20 años, el fitomejoramiento moderno ha permitido adaptar cultivos a entornos física o biológicamente distintos.

5.3 Desarrollo de nuevas especies: el triticale¹⁸

Queda constancia de que a fines del siglo XIX había algunos híbridos naturales entre el trigo y el centeno, en su mayor parte estériles. La esterilidad era resultado de accidentes en la fase de la mitosis, causados por el número impar de cromosomas del híbrido. Los obtentores, que se propusieron combinar la calidad del trigo con la resistencia del centeno al frío, trataron de resolver el problema de la esterilidad. Se desarrollaron dos técnicas que lo hicieron posible: la poliploidización mediante la colquicina para duplicar el número de cromosomas, descubierta en 1937, y la citogenética, notablemente mejorada en la década de 1950, para seleccionar la progenie con el número adecuado de cromosomas. Por ejemplo, en 1958 se inició en Francia un programa de fitomejoramiento; en 1979 llegó al mercado la primera variedad. Las variedades modernas de triticale tienen tan buen potencial de producción como el trigo, y la resistencia al frío es parecida a la del centeno. También se valora la longitud de la paja. El triticale representa un aumento de la biodiversidad.

El triticale se cultiva en varios países y desde 1989 la superficie que se le dedica ha aumentado constantemente. (Véase la figura 7)

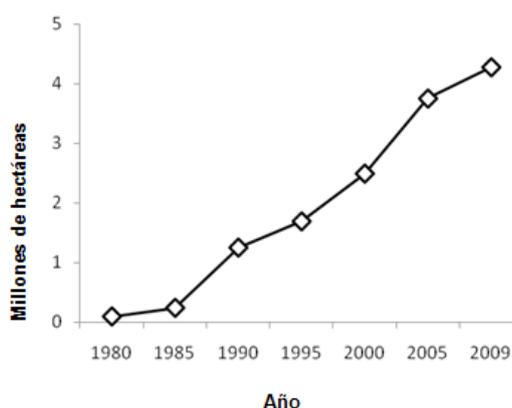


Figura 7: Evolución de la superficie dedicada al triticale a escala mundial

5.4 Mejora de la calidad

La calidad del producto de muchos cultivos ha aumentado, tanto desde el punto de vista técnico como nutricional. La colza es un buen ejemplo de la labor desarrollada en este campo²⁰.

El nombre de colza o canola abarca tres especies cultivadas: Brassica rapa, Brassica napus y Brassica juncea. El cultivo de la colza se remonta al siglo XX A.C. en la India y luego se introdujo en China y en el Japón aproximadamente en la época de Cristo. En Europa, la colza se cultiva ya desde el siglo XIII y el aceite se utilizó tanto para cocinar como para combustible de lámparas. Tras la aparición de la máquina de vapor, el aceite de colza se utilizó como lubricante cuando se descubrió que se adhería al agua, o a superficies barridas por vapor, mejor que otros lubricantes. La colza fue adoptada por el Canadá para ese uso y tuvo su período de auge durante la segunda guerra mundial. Tras este período, disminuyó notablemente la utilización como lubricante y los agricultores canadienses empezaron a buscar otros usos para la planta y sus productos, principalmente como aceite comestible y pienso.

19 Bastergue et al, 2006.

20 Canola Council of Canada, 2011; Lespinasse Y. et al, 2011.

No obstante, el aceite de colza presenta dos defectos principales para estos usos: un alto nivel de ácido erúxico, que ya en 1956 se consideraba tóxico, y un alto contenido de glucosinolatos en los piensos que daba lugar a problemas de palatabilidad y nutricionales en el ganado y aves de corral. Los obtentores canadienses estaban a la vanguardia en la resolución de estos dos problemas. En 1960, mientras seleccionaban el germoplasma disponible, descubrieron un cultivar mutante de cultivo forrajero con un bajo nivel de ácido erúxico. Al cruzar este cultivar con las variedades aceiteras y retrocruzándolas, desarrollaron rápidamente una variedad que se puso en el mercado en 1968. Con objeto de acelerar el proceso, elaboraron un método original que permitía cortar en dos la semilla, de modo que una mitad se sometía a prueba para ver la composición en aceite mediante cromatografía de gases, y la otra mitad, si se la seleccionaba, todavía podía germinar.

En 1967 se descubrió otro mutante natural con bajo contenido de glucosinolatos y se aplicó el mismo proceso que para obtener un bajo contenido de ácido erúxico. La primera variedad con bajo contenido de ácido erúxico y glucosinolatos se introdujo en el mercado en 1974. Este tipo de variedad se conoce como colza doble cero o colza 00.

Estas importantes transformaciones, que muchos otros países adoptaron basándose principalmente en el germoplasma obtenido en el Canadá, permitieron un gran incremento de la producción de colza a escala mundial y en la actualidad el aceite de colza ocupa el tercer lugar en cuanto al volumen del consumo humano.

Más recientemente, mediante diversas técnicas, se introdujeron otros cambios en la composición de los ácidos grasos de la colza: bajo contenido de ácido linoleico y alto de ácido oleico por fitotecnia por mutación utilizando etilmetanosulfonato (EMS) y una selección asistida de marcadores moleculares, alto contenido de ácido láurico por ingeniería genética. También la canola con alto contenido de ácido erúxico se obtuvo en el Canadá por selección de germoplasma existente y posterior cruzamiento y retrocruzamiento.

En menos de 50 años, gracias a la aplicación de varias técnicas que van desde la selección de mutaciones naturales y cruzamiento y retrocruzamiento hasta las mutaciones inducidas, la ingeniería genética y la selección asistida de marcadores moleculares, se ha modificado sustancialmente el cultivo para diversos usos humanos, animales e industriales y hoy en día ese cultivo ocupa 31 millones de hectáreas en todo el mundo.

5.5 Conclusiones

Estos pocos ejemplos, entre muchos otros que se podrían haber presentado, indican claramente el interés del fitomejoramiento para hacer frente a las dificultades de la humanidad al mejorar el rendimiento, adaptar cultivos a nuevos entornos físicos y biológicos, crear nuevas especies y mejorar la calidad, todo ello en consonancia con el preámbulo del Acta de 1961 del Convenio de la UPOV que afirma que las Partes Contratantes “están convencidas de la importancia que reviste la protección de las obtenciones vegetales [...] para el desarrollo de la agricultura en su territorio²¹”.

6. Evolución del fitomejoramiento a partir de 1961 y la necesidad de revisar el Convenio

Durante las décadas de 1970 y 1980, la biotecnología vegetal hizo grandes avances que se han descrito en muchas publicaciones y en cuyo detalle no se entrará aquí²². Las nuevas técnicas, en particular, permiten un rápido aumento de la obtención de nuevas variedades --la creación de líneas convertidas por ingeniería genética, la utilización de cualquier parte de la planta como material reproductivo-- técnicas todas que ponen en peligro el derecho del obtentor original.

21 Caractères gras et en italique ajoutés par l’auteur.

22 Les lecteurs intéressés peuvent se reporter à une publication de juin 2011 intitulée : Biotechnologies végétales, environnement, alimentation, santé, ISBN Vuibert 978-2-311-00360-4.

La ASSINSEL ya planteó estas preocupaciones en la década de 1980 y, durante su Congreso, celebrado en Cannes (Francia), sostuvo un animado debate sobre líneas hermanas y líneas convertidas, distinción y novedad, y decidió debatir exhaustivamente sobre este tema en ocasión de su Congreso de 1981 en Acapulco. Tras el Congreso celebrado en Acapulco, la ASSINSEL pidió a la UPOV que adoptara todas las medidas necesarias a fin de impedir que en la obtención de líneas convertidas se infrinja y piratee el material genético del obtentor. En 1982 la ASSINSEL envió una carta a sus miembros en la que afirmaba que el Consejo de ASSINSEL, consciente de la evolución en el ámbito del fitomejoramiento, en particular en lo que respecta a las aplicaciones y problemas planteados por la ingeniería genética, consideraba que había llegado el momento de volver a estudiar la cuestión de las características importantes.

En aquellas fechas, el Comité Administrativo y Jurídico de la UPOV, tras ser consultado, consideró en su reunión del 28 de abril de 1983 que no era conveniente por el momento proceder a modificar el Convenio.

No obstante, la evolución general del fitomejoramiento y los debates en curso sobre la protección de las invenciones biotecnológicas en el plano nacional e internacional, la Sección de Semillas Vegetales de la Federación Internacional de Semillas (ISF) aprobó en 1986 una proposición de la que el Consejo de la UPOV tomó nota y que, en su sesión de diciembre de 1986, le llevó a ordenar al Comité Administrativo y Jurídico que estudiara la posibilidad de mejorar el Convenio de la UPOV²³.

En su 23ª sesión, el Comité Administrativo y Jurídico²⁴ estimó que los objetivos más específicos de la revisión serían:

- fortalecer el derecho del obtentor;
- ampliar el ámbito práctico de aplicación del sistema de protección de las variedades vegetales;
- aclarar, basándose en la experiencia, varias disposiciones, y adaptarlas a la evolución reciente y futura²⁵.

Tras cuatro años de trabajo intensivo de los miembros de la Unión, con la participación de organizaciones internacionales gubernamentales y no gubernamentales, se convocó una Conferencia Diplomática en marzo de 1991 y se aprobó una nueva Acta del Convenio el 19 de marzo de ese año.

Entre las principales modificaciones, cabe señalar una definición más detallada de la variedad, la ampliación de la protección a todos los géneros y especies vegetales, la ampliación de la protección que, en determinadas condiciones, incluiría la protección del producto de la cosecha de la variedad protegida, la aclaración de la utilización de las semillas conservadas en finca, la adopción del concepto de variedad esencialmente derivada y la relación de subordinación a la variedad inicial. Estos cambios, habida cuenta de la evolución tecnológica y científica que se ha producido desde 1961, fortalecieron el derecho del obtentor. Animan a los obtentores a continuar invirtiendo en actividades de investigación con fines de innovación vegetal en un número cada vez mayor de especies. Se estima que en 2011 el presupuesto de la investigación privada en innovación vegetal era de 4.500 millones de dólares de los EE.UU. El número de especies con variedades protegidas ha aumentado espectacularmente, pasando de 80 en 1981²⁶, 350 en 1988²⁷ a 3.045 en 2011²⁸. El extraordinario aumento entre 1988 y 2011 se debe a la generalización de la protección de todos los géneros y especies y al aumento del número de miembros²⁹ de la UPOV, que pasó de 17 a 70.

23 Documento C/XX/13, 2 de diciembre de 1986

24 Documento CAJ/XXIII/2, 13 de julio de 1988

25 Subrayado por el autor

26 Mast H., 1981

27 Doc UPOV C/XXII/8

28 GENIE Database, 2011

29 En estas cifras se incluyen las especies agrícolas y hortícolas

7. Conclusión

La selección de variedades locales y el posterior fitomejoramiento de nuevas variedades ha evolucionado constantemente con el desarrollo de las prácticas agrícolas y los descubrimientos científicos. Con objeto de fomentar el fitomejoramiento, se implantó la protección de las variedades vegetales y en el curso del siglo XX se ha ido adaptando para acompañar esta evolución. Teniendo en cuenta, como hemos visto, que el fitomejoramiento es una herramienta importante para hacer frente a muchos problemas de la humanidad, será fundamental que, a efectos de seguir fomentando las inversiones en este ámbito, se garantice que la protección de la propiedad intelectual continuará adaptándose cuando sea necesario a fin de que sea siempre fuerte y eficaz, a la vez que permite acceder a la variabilidad genética para la mejora vital del germoplasma.

SESIÓN 1: Las ciencias vegetales y el futuro del fitomejoramiento

La función de la genómica en la mejora de los cultivos

Sr. Mike Bevan,
Director Adjunto del Departamento de Ciencias, John Innes Centre (Reino Unido)

Durante muchos años, el fitomejoramiento, mediante la selección fenotípica de los caracteres deseables, ha contribuido enormemente al mantenimiento del incremento sostenible de la producción de los cultivos, al uso de los nutrientes y a la lucha contra los agentes patógenos. La introgresión de cromosomas extraños y la selección de segmentos de cromosomas específicos se han utilizado para introducir caracteres específicos a partir de fuentes más distantes genéticamente, pero, en general, el cruzamiento de líneas genética y fenotípicamente distintas no ha sido práctico, debido al elevado índice de variación fenotípica indeseada y de variación imprevista. En consecuencia, la producción de obtenciones vegetales puede llevar varios años y puede dar lugar a resultados inciertos. Debido al inexorable aumento de la población y al cambio de los hábitos alimenticios nunca antes había sido necesario producir un volumen de alimentos tan elevado. Por otra parte, este reto debe cumplirse al tiempo que se reduce el empleo de insumos tales como los fertilizantes, se combaten nuevas enfermedades epidémicas y se mantiene un alto índice de producción en el contexto de un clima incierto. Para afrontar tales desafíos, los científicos vegetales están desarrollando nuevos métodos para mejorar los cultivos, entre los que se incluye la transgénesis y la genómica. El impacto de la ingeniería genética desde que se introdujo en el mercado en 1995 ha sido considerable, a tenor de las grandes extensiones cultivadas. La genómica es una tecnología relativamente nueva para mejorar los cultivos, y en mi conferencia hablaré de las posibilidades que encierra para transformar por completo la obtención vegetal. Si se aplica satisfactoriamente a lo que se denomina mejoramiento molecular, el alcance del fitomejoramiento se ampliará de modo que pueda utilizarse germoplasma antes infrautilizado, y se acelerará el proceso. Este cambio tecnológico va aparejado con la creciente dependencia del conocimiento en el ámbito de la biología vegetal. Este conocimiento cada vez más profundo es lo que puede finalmente dar lugar a un fitomejoramiento vegetal predecible, en cuyo marco pueda reunirse un conjunto específico de caracteres en una computadora para que los expertos en genética hagan cruzamientos y seleccionen la progenie.

Bioingeniería

Sr. Konstantin G. Skryabin,
Director del Centro de Investigación "Bioingeniería", Academia de las Ciencias de Rusia (Federación de Rusia)

Más del 70% del territorio ruso se sitúa en el ámbito de la agricultura de alto riesgo. En la mayor parte de Rusia, el período de cultivo tiene lugar entre dos y tres meses al año, en comparación con los ocho o nueve meses de Europa y los Estados Unidos de América. La diferencia máxima de temperaturas entre verano e invierno es de 116,6 grados centígrados, la mayor de todo el planeta. Por otra parte, Rusia posee el 10% del suelo cultivable global; así, en lo que respecta a la agricultura, el principal reto de Rusia es la creación de obtenciones vegetales que sean resistentes a las malas hierbas, los pesticidas, los virus y otros factores de estrés biótico y abiótico. [1]

En el proceso de creación de nuevas variedades mejoradas tratamos de aplicar todas las técnicas modernas disponibles, incluidas la bioingeniería y la genómica. En dicho proceso, el orden de prioridad de las obtenciones está en función de la importancia que tienen en la economía agrícola y en las condiciones y requisitos específicos de su cultivo. Por ejemplo, en el trigo (producción total de casi 62 millones de toneladas en 2009), los nuevos caracteres más importantes son la resistencia a la sequía y a los herbicidas[2]. En la papa (producción total de casi 31 millones de toneladas en 2009), los caracteres más importantes son

la resistencia a los pesticidas y a las infecciones bacteriológicas, y en la remolacha azucarera (producción total de 25 millones de toneladas en 2009), la resistencia a las infecciones virales.

La aplicación de la bioingeniería vegetal es el método más moderno para desarrollar nuevas variedades vegetales con las propiedades deseadas. Durante los últimos 15 años se han creado en Rusia varias obtenciones vegetales aplicando este método, como por ejemplo, líneas de papa resistentes al virus PVX, al phytophthora y al escarabajo de Colorado; líneas de col y girasol resistentes al herbicida phosphinothricine; líneas de remolacha azucarera resistentes al herbicida phosphinothricine y a los virus BYV y BNYVV [3, 4, 5]. Según datos preliminares, la aplicación del gen MF3 (peptidyl-prolyl cis-trans isomerasa a partir de *Pseudomonas fluorescence*) para la creación mediante la biotecnología de remolacha azucarera y variedades de papa resistentes a diversos hongos y bacterias patógenos (*Puccinia graminis*, *Septoria nodorum*, *Erwinia carotovora*, etc.) es especialmente prometedora.

La aplicación práctica de plantas biotecnológicas se basa en el registro oficial de todas las nuevas plantas agrícolas. Según la actual legislación de Rusia, armonizada con otros acuerdos internacionales, como el que establece la Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales (UPOV), el organismo gubernamental responsable de los registros es la Comisión Estatal de Variedades del Ministerio de Agricultura. El registro de nuevas plantas biotecnológicas se rige por un reglamento especial, ya que una de los principales argumentos preventivos en contra del desarrollo y la aplicación práctica de organismos genéticamente modificados (OGM) es el riesgo de perturbación de la estructura genética del ADN de la planta receptora en los lugares de inserción del transgen. Sin embargo, hoy en día este problema puede solucionarse. [6]

Por ejemplo, gracias a nuestra participación en el proyecto internacional del Consorcio de Secuenciación del Genoma de la Papa fue posible llevar a cabo un preciso análisis de las regiones genómicas periféricas de los injertos transgénicos y pudo demostrarse que, en las líneas de la papa biotecnológica de Rusia "Elizaveta Plus" y "Lugovskoi Plus", los injertos transgénicos se situaban en regiones transcripcionalmente inactivas. Se concluyó que la posibilidad de que la intervención de la bioingeniería produjese efectos adversos era, en ambos casos, mínima.

El quincuagésimo aniversario del Convenio Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales coincide con los logros revolucionarios de la bioingeniería en el ámbito de la obtención vegetal.

Bibliografía

1. K. Skryabin. (2010) Do Russia and Eastern Europe need GM plants? *New Biotechnology*, Vol. 27, No. 5, 593-5.
2. Agriculture in Russia. Statistical digest. 2009. Moscow, Ministry of Agriculture.
3. Gribova, T.N. et al. (2006) Optimization of the protocol for constructing transgenic plants of the cabbage *Brassica oleracea* var. *capitata*. *Appl. Biochem. Microbiol.* 42, 519–524.
4. Neskorođov, Y.B. et al. (2010) Developing phosphinothricin-resistant transgenic sunflower (*Helianthus annuus* L.) plants. *Plant Cell Tissue Organ Cult.* 100, 65–71.
5. Mishutkina, Y.V. et al. (2010). The creation of sugar beet transgenic plants expressing bar gene. *Appl. Biochem. Microbiol.* 46, 80–86.
6. Zadorin A., et. al. (2008) The analysis of genomic flanking regions of transgenic inserts in modified potato and cabbage plants. *Biotechnology (in Russian)*, Vol. 6. p. 15-23.
7. Xu X., et al. Genome sequence and analysis of the tuber crop potato. *Nature*, Vol. 475, PP. 189–195, 14 July 2011, DOI: doi:10.1038/nature10158.

Heterosis en el centeno

Sr. Stanislaw Hardzei,
Jefe del Laboratorio de Genética y Biotecnología del Centro Científico y
Práctico de Belarús para las Tierras Arables (SPCAF)(Belarús)

La heterosis es el mecanismo genético que permite alcanzar el máximo potencial productivo de las plantas agrícolas y el ganado.

El fenómeno del «vigor híbrido», descubierto en el siglo XIX, fue descrito por vez primera por Charles Darwin. El fenómeno fue bautizado como «heterosis» por George Shull. Hasta la fecha, se ha generado heterosis en híbridos F1 de casi todas las plantas agrícolas. Además, por regla general, los cultivos de polinización libre, como el centeno, se caracterizan por un mayor nivel de heterosis, posiblemente condicionado por el gran reservorio de variabilidad genética en este tipo de cultivos.

La mayor parte de las investigaciones sobre la heterosis, desde el punto de vista genético y de la mejora, de híbridos de centeno se concentra en Europa, porque aproximadamente el 87 % de la superficie cultivada con centeno en todo el mundo está en este continente. La mayoría de los resultados se han obtenido en Alemania, y actualmente alrededor del 60 % de la superficie cultivada con centeno en ese país se destina a variedades híbridas. En Belarús se han registrado varios híbridos F1 de centeno alemanes: Picasso, Askari, Fugato y Amato.

También se ha investigado sobre variedades híbridas de centeno en Polonia, donde se desarrollaron, a lo largo de varios decenios, híbridos F1 de centeno con niveles altos de heterosis. Sin embargo, los híbridos de centeno apenas ocupan el 5-7 % de la superficie en Polonia.

También se ha investigado sobre la heterosis en el centeno en Belarús, la Federación de Rusia, Suecia y Ucrania.

Fuera de Europa, han realizado investigaciones científicos de la Universidad de Sídney, en Australia.

El desarrollo de variedades híbridas de centeno y su introducción efectiva en la producción agrícola se ha logrado gracias a la resolución de algunos problemas extremadamente complejos que planteaba la autoincompatibilidad de las especies alógamas.

Los objetivos principales de la obtención de híbridos F1 de un centeno de invierno son los siguientes:

- el desarrollo de colecciones de líneas endógamas con gran aptitud combinatoria (general y específica: GCA y SCA, respectivamente) y con escasa depresión endógama en generaciones sucesivas;
- la detección de mantenedores de la esterilidad (no restauradores) y genes restauradores;
- el desarrollo del sistema de esterilidad masculina citoplasmática (EMC): mantenedor de la esterilidad + análogo androestéril de un mantenedor de la esterilidad / ♂/, restaurador / ♀/;
- el desarrollo de una técnica eficaz de producción de variedades híbridas a partir de los componentes hembra (androestéril) y macho;
- el desarrollo de un método y un sistema, económicamente viables, de producción de semillas de variedades híbridas y de cultivo de las semillas (Hardzei, 2002).

Los problemas de mayor interés, desde el punto genético, son los tres primeros. Los dos últimos son de tipo metodológico y organizativo.

Desarrollo de líneas endógamas

Muchos investigadores que han estudiado el centeno de invierno han intentado utilizar líneas autógamias para generar híbridos F1. La depresión endógama se pudo superar mediante fuentes de autofertilidad encontradas en poblaciones de centeno. Se desarrollaron, basándose en estas fuentes, colecciones de líneas con un nivel alto de autocompatibilidad y un nivel bajo de depresión

endogámica. En particular, en el Instituto de Genética y Citología de Minsk se encontró una fuente de autocompatibilidad controlada por unos pocos genes.

Actualmente, se han detectado ya múltiples genes de autocompatibilidad: Sf1 (1R); Sf2 (2R); Sf3 (4R); Sf5 (5R); Sf4 (6R). Se ubicaron tres mutaciones determinantes de autocompatibilidad en los locus S, Z y S5 en los cromosomas 1R; 2R y 5R, respectivamente, y se definieron sendos marcadores para estos locus, uno proteico y tres de ADN. Sin duda, estas investigaciones facilitan el desarrollo de líneas endógamas.

Aplicación de la esterilidad masculina citoplasmática en el centeno

Tras el descubrimiento de la esterilidad masculina citoplasmática (EMC), se comenzó a trabajar en la aplicación práctica de la heterosis en el centeno. Las primeras plantas androestériles fueron descritas por Putt en 1954. Posteriormente, se describieron diferentes tipos de androesterilidad con diferentes tipos de control, por genes citoplásmicos y nucleares. Según las investigaciones de Kobylanskiy, el control de la androesterilidad lo ejerce un gen recesivo «rf», por medio del estado homocigótico (rfrf), y el de la fertilidad lo ejerce el estado heterocigótico (Rfrf) u homocigótico dominante (RfRf). Este tipo se describió como «tipo R» porque se estudió en la población de centeno rusa Wiatka.

La EMC de «tipo P» (Pampa), detectada en Alemania en plantas de la variedad argentina de centeno Pampa, es la que más se ha estudiado desde el punto de vista genético. L. Madej analizó la EMC de tipo P y determinó que este tipo de androesterilidad es resultado de la interacción de un gen de esterilidad citoplásmico con dos genes nucleares. En 1984, Rubenbauer presentó un modelo más complejo. Determinó que este tipo de EMC se caracteriza por un citoplasma estéril y al menos cuatro genes nucleares de androesterilidad denominados ms1, ms2, ms3 y ms4. En su estado dominante, estos genes restauran la fertilidad. Según los resultados de estudios moleculares, el control de la EMC de tipo P recae en dos de los genes nucleares básicos «ms», situados en los cromosomas 1R y 4R, así como en tres genes ms, cuyo efecto es menor, situados en los cromosomas 3R, 5R y 6R. No hay datos acerca de la correlación entre los genes ms y los genes rf antes mencionados. Es probable que la diferencia sea tan solo nominal.

Además de los estudios genéticos y de mejoramiento basados en la EMC de los tipos R y P, también se ha estudiado la EMC de tipo G. El primer estudio lo realizaron Adolf y Winkel en 1985 en la variedad Schlagler. Los resultados de esta investigación permitieron concluir que prácticamente todas las líneas de centeno tienen capacidad de restauración de la fertilidad, pero que puede resultar en una pérdida incontrolable de esterilidad. En la EMC de tipo G, el gen nuclear de restauración de la fertilidad ms1 (rf) se sitúa en un cromosoma 4RL y se describen también modificadores genéticos en los cromosomas 3R (ms2) y 6R (ms3). Asimismo, se ha determinado que el gen situado en el cromosoma 5R (dw6) no está relacionado con un gen ms1.

Se han detectado también los tipos A, C, S y V de EMC, en poblaciones de diferentes grupos ecológicos. En estudios comparativos de diversos tipos de EMC se ha comprobado que solo el tipo P se caracteriza por una buena capacidad de mantenimiento de la esterilidad y por una frecuencia baja de genes de restauración de la fertilidad. En los demás tipos de EMC conocidos —tipos R, G, A, C, S y V— es difícil encontrar no restauradores y los restauradores no generan problemas. El amplio uso en las investigaciones de la EMC de tipo P se debe a la alta frecuencia en las poblaciones de genes de mantenimiento de la esterilidad, dado que no hay riesgo de perder las formas estériles con el transcurso de las generaciones. Hoy en día, casi todas las variedades híbridas comerciales de centeno de invierno se desarrollan basándose en la EMC de tipo P.

La EMC de tipo G constituye una excepción. En el año 2000 se registró en Alemania una primera línea derivada de una población de híbrido F1 de centeno llamada Novus, cuya herencia genética se basa en la EMC de tipo G (línea \square androestéril Gülzower-1) y en la variedad poblacional Valet \square [9] (Melz Gi., et al., 2001) Posteriormente, se registraron en Alemania otras variedades híbridas de centeno basadas en la EMC de tipo G: Hellvus, Helltop (datos inéditos: Dieckmann Seeds).

Debido a la alta frecuencia de genes restauradores en las poblaciones, cualquier variedad puede utilizarse como restauradora, con independencia del genotipo femenino.

Los resultados de los estudios de los híbridos F1 alemanes en Belarús, basados en la EMC de tipo G, han puesto de manifiesto una escasa resistencia al frío (fig. 1).

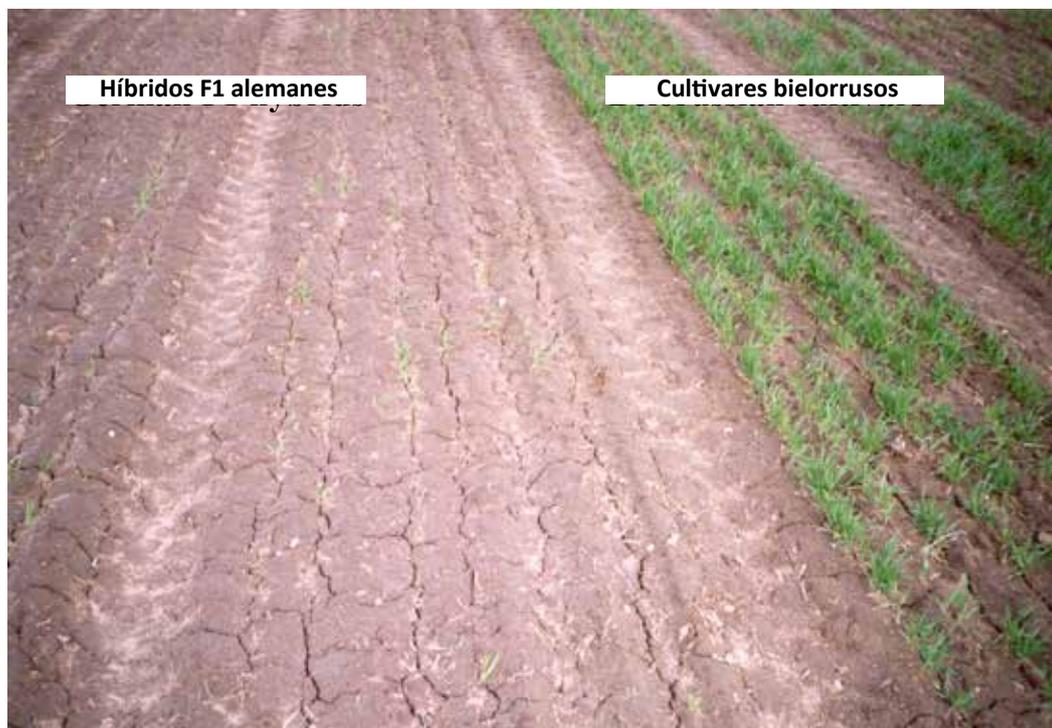


Figura 1: Resistencia al frío de variedades de centeno alemanas y bielorrusas (Zhodino, 10.04.2003)

El análisis de la fertilidad del polen pone de manifiesto que todos los híbridos muestran índices de restauración altos, del 89,8 % al 100 %.

Se ha determinado que en los híbridos de centeno basados en el desarrollo de EMC de tipo G la principal barrera es la baja frecuencia de genes de conservación de la esterilidad en las poblaciones. El cruce de probadores (testers) de tipo G de la presencia de genes *ms* con 350 líneas endógamas de la colección bielorrusa tan solo reveló dos mantenedores de la esterilidad. Otras líneas presentaron carácter restaurador, con índices de restauración del 72,5 % al 100 %. Por consiguiente, en la reproducción de los componentes androestériles hay riesgo de pérdida de las formas *ms*.

Control genético de la EMC

Se han detectado, mediante métodos de investigación genética molecular, diferencias en el ADN mitocondrial (ADNm) de las plantas androestériles y las plantas normales. Se ha establecido que la EMC en el centeno guarda relación con la reorganización del genoma mitocondrial, dando lugar a la formación de genes «quiméricos» (o nuevos transcritos policistrónicos), presentes en prácticamente todos los tipos de EMC estudiados. En algunos casos, incluso fue posible determinar el origen de todos los fragmentos de los genes quiméricos, si bien en la mayoría de los casos se desconoce la fuente de algunas secuencias. También se ha comprobado que las mutaciones de los genes mitocondriales se corrigen por medio de genes *Ms* (*Rf*) nucleares restauradores de la fertilidad. Esta corrección puede producirse en diferentes etapas, desde la replicación del ADN hasta la interacción con las proteínas causantes de la EMC (Danilenko N.G., Dawydenko O.G., 2003). No se ha podido aclarar hasta el momento qué mecanismos son responsables de la interacción entre el genoma mitocondrial mutante y los genes *ms* (*rf*) nucleares, ni tampoco como sistema genético de EMC y sistema de autofecundidad completo.

Métodos de desarrollo de variedades híbridas de centeno

En primer lugar, se evalúa la aptitud combinatoria del material inicial (poblaciones de líneas endógamas). Tras seleccionarse las formas con capacidad combinatoria general y específica altas, los componentes femenino y masculino se aíslan mediante cultivo emparejado con probadores de la presencia de genes ms. Las líneas endógamas de estos cruzamientos se clasifican en restauradoras o no restauradoras (mantenedoras), en función de la fertilidad del polen de la progenie F1.

Los sistemas más simplificados y claros fueron elaborados por H.H.Geiger y T.Miedaner (Geiger H.H., Miedaner T. 1999; Geiger H.H., 2007) (figs. 2 y 3)

Para desarrollar un análogo estéril de un no restaurador se realizan al menos cuatro cruces con el probador de la presencia de genes ms. Simultáneamente, se multiplica el restaurador. Hay dos métodos para producir semillas de híbridos F1: 1) el método top-cross, en el que los componentes femenino y masculino se siembran por separado en el campo de cultivo, o 2) el método de mezcla de semillas, en el que antes de sembrar se mezclan semillas de un componente femenino androestéril con el parental masculino fértil en una proporción de 95% : 5%, respectivamente (fig. 3). El segundo método es más económico.



Figura 2: Descripción esquemática del desarrollo de heterosis en híbridos F1 de centeno de invierno. (Geiger, 2007)

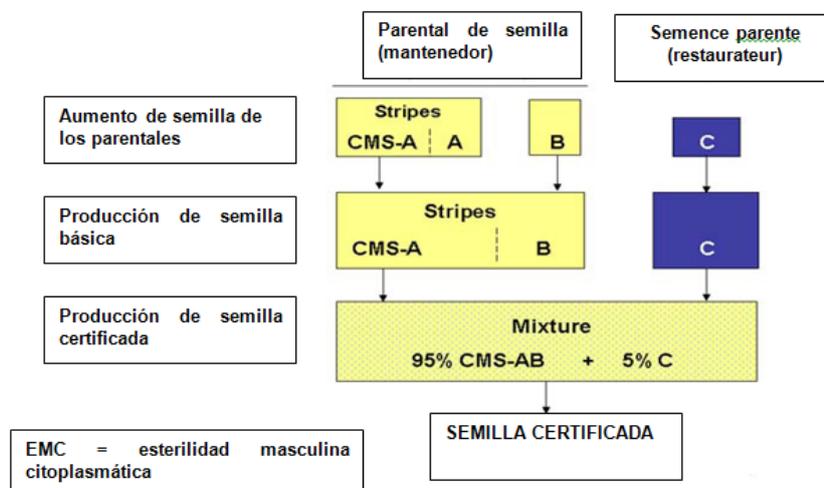


Figura 3: Descripción esquemática de la producción de semilla híbrida de centeno (Geiger, Miedaner, 1999).

La eficiencia de la obtención de híbridos aumenta cuando se utilizan híbridos interlineales dobles y triples. Actualmente, los obtentores desarrollan variedades híbridas en las que utilizan híbridos F1 interlineales androestériles como parental femenino y como parental masculino un restaurador sintético compuesto, por regla general, por varias líneas endógamas. Esta fórmula de obtención de híbridos proporciona un nivel alto y estable de heterosis. Además, la fase de floración de los restauradores sintéticos es mayor que la de las líneas, lo que permite una floración sincrónica de los componentes femenino y masculino.

Diversidad genética de los componentes parentales de los híbridos F1

Es sabido que el nivel de heterosis de los híbridos F1 está, en gran medida, determinado por el grado de diversidad genética de los componentes del cruzamiento. La observación a largo plazo ha puesto de manifiesto que, por regla general, si la diversidad genética de los componentes del cruzamiento es baja, el efecto de la heterosis sea insignificante, mientras que el uso de componentes con una gran divergencia genética puede generar una herencia intermedia. A este respecto, es necesario definir la distancia genética óptima de los componentes de los cruzamientos para «gestionar» la heterosis, mediante la aplicación de métodos eficaces. Las nuevas técnicas basadas en marcadores moleculares permiten definir con gran precisión la distancia genética entre las formas cruzadas, lo que podría permitir la selección de los parentales de los híbridos F1 sin necesidad de realizar pruebas de progenie.

Melchinger A. E., basándose en datos propios y en los resultados de investigaciones de otros autores, intentó establecer una relación entre la distancia genética (determinada por medio de marcadores de ADN) y el nivel de heterosis (Melchinger, A. E., 1999). No obstante, determinó que no es posible predecir con precisión el nivel de heterosis basándose en la distancia genética entre las formas cruzadas determinada mediante marcadores de ADN. Se plantea el problema de la necesidad de definir marcadores para rasgos cuantitativos concretos, pero no para una diversidad genética completa. La prueba de progenie continúa siendo el método más exacto de evaluación de la aptitud combinatoria. Por consiguiente, está por determinar la influencia del grado de diversidad genética en el nivel de heterosis y, en particular, la distancia genética óptima entre los componentes.

Restauración de la fertilidad en híbridos F1 de centeno

Lo principal en la obtención de híbridos de centeno utilizando la EMC de tipo P es la plena restauración de la fertilidad del polen de los híbridos F1. Se plantean varias dificultades: la frecuencia de genes de restauración de la fertilidad en poblaciones de centeno es baja y la fertilidad de los híbridos F1 de centeno depende en igual medida de los componentes femenino y masculino (cuadro 1). Ahora bien, no están definidos con precisión los mecanismos genéticos de la interacción entre la forma Ms y el restaurador.

Cuadro 1. Nivel de restauración de la fertilidad del polen (%) en híbridos F1 de centeno

Línea MS, ♀	Restaurador, ♂				Promedio
	4-1	25-1	17-3	'Kalinka'	
MC-7	97,0±1,2	96,3±1,3	81,5±2,5	91,0±1,8	91,5
MC-2	90,2±1,8	87,5±2,3	75,7±3,5	30,6±2,5	71,0
MC-13	76,2±2,7	65,5±2,8	62,6±4,4	68,6±2,7	68,2
MC-24	69,7±3,0	60,7±2,6	63,7±3,5	57,5±2,4	62,9
MC-5	22,4±2,8	24,3±2,3	18,6±2,7	1,5±0,5	16,7
Promedio	71,1	66,9	60,4	49,8	62,1

Es preciso señalar asimismo que, por regla general, para el desarrollo de variedades híbridas los investigadores utilizan líneas caracterizadas por su productividad alta más que por su alta capacidad de restauración (EMC-P). En consecuencia, la fertilidad del polen de las variedades híbridas es insuficiente lo que, en caso de que llueva durante la floración, genera susceptibilidad de los híbridos al cornezuelo. Para solucionar este problema es necesario añadir alrededor de un 10 % de semillas de una variedad población a las semillas del híbrido (fig. 4).



Figura 4: Variedad híbrida con un 10 % de variedad población

Hay diversos datos relativos a la estructura de la heterosis. Geiger y Miedaner han determinado que la heterosis está condicionada en gran medida por el mayor número de granos y peso por espiga y por el peso de 1000 granos, mientras que la densidad de tallos muestra una heterosis baja, incluso negativa. El estudio de V.D. Kobyljansky demostró que, en la mayoría de los casos, la heterosis estaba condicionada por el número de tallos productivos en 1 m² (54 %) y, en menor medida, por el número de granos por espiga (24 %) y el peso de 1000 granos (22 %). Lo más probable es que los autores usaran material de grupos ecológicos diferentes, tipos de EMC diferentes (P y R, respectivamente), cuyo control genético es diferente. Por consiguiente, la heterosis puede presentar estructuras diferentes.

Resultados prácticos en el desarrollo de híbridos de centeno

En investigaciones conjuntas entre el SPCAF (Belarús) y KWS LOCHOW (Alemania) se desarrollaron los primeros híbridos F1 de centeno de invierno: LoBel-103, LoBel-203 y LoBel -303, que han superado la variedad estándar en 8,0-14,4 t/ha (cuadro 2).

Cuadro 2. Características de heterosis de híbridos F1 de centeno (Zhodino, 2004-2005)

Rasgos	'Radzima – st.'	'LoBel-103'	'LoBel -203'	'LoBel -303'
Rendimiento, en t/ha	67,8	80,8	75,8	82,2
Altura, en m	1,35	1,19	1,17	1,18
Resistencia al encamado, escala (1-9)	7,0	8,0	8,0	8,0
Densidad de tallos, tallos/m ²	445	575	589	554
Peso de los granos por espiga, en g	1,56	1,43	1,39	1,53
Semillas/óvulo, %	75	82	84	79
Resistencia al frío, %	96,0	90,5	90,3	94,0

Los resultados del estudio oficial de híbridos F1 han mostrado también rendimientos mayores que los de la variedad estándar (cuadro 3).

Cuadro 3. Rendimientos de híbridos F1 en diferentes lugares del estudio oficial, años 2004 y 2005

Lugar del estudio	'Radzima – st.'	Rendimiento, en t/ha					
		'LoBel-103'		'LoBel -203'		'LoBel -303'	
		T/ha	Dif. con var. est., t/ha	T/ha	Dif. con var. est., t/ha	ц/ra	Dif. con var. est., t/ha
'Kobrin'	76,0	84,6	+8,5	86,1	+10,1	85,8	+9,8
'Oktyabr'	62,8	70,0	+7,2	69,9	+7,1	73,0	+10,2
'Zhirovichi'	69,3	76,1	+6,8	75,9	+6,6	75,0	+5,7
'Molodechno'	83,8	107,8	+24,0	106,2	+22,5	104,4	+20,6
'Gorki'	66,5	79,9	+13,0	78,7	+12,2	75,0	+8,5

El híbrido F1 LoBel-103 está incluido desde 2006 en el registro oficial de variedades y se utiliza como variedad estándar para los híbridos de centeno. Desde 2007, se incluyó también en el registro oficial el híbrido F1 LoBel-203, con la denominación Halinka.

El primer híbrido F1 bielorruso de centeno, denominado Plisa, se desarrolló en 2007. Durante tres años de estudio oficial, esta variedad ha presentado un rendimiento superior al de la variedad estándar LoBel-103 (cuadro 4).

La variedad Plisa es un híbrido línea-población. Se desarrolló a partir de una línea androestéril de tipo G₂ (mejora N^o - MS-2) y un híbrido poblacional (Valdai x Kaupo) como restaurador (fig. 5). Como se ha explicado supra, toda población de centeno basada en la EMC de tipo G se caracteriza por un índice de restauración alto; por consiguiente, esta variedad no es sensible al cornezuelo, incluso sin añadir un 10 % de otra variedad población.

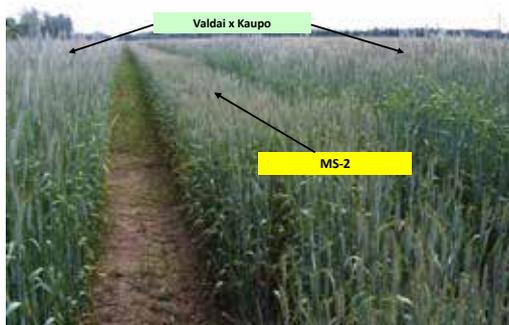


Figura 5: Producción de semillas híbridas de la variedad híbrida Plisa

Cuadro 4. Rendimiento del híbrido F1 Plisa en diferentes lugares del ensayo oficial, en 2007-2009

Lugar de ensayo	Rendimiento, en T/ha		
	LoBel-103 (var. estándar)	'Plisa'	
		T/ha	Dif. con var. est., t/ha
'Kamenets'	79,6	78,5	-1,1
'Lepel'	86,5	92,0	+ 5,5
'Oktyabr'	50,4	53,5	+ 3,1
'Molodechno'	90,9	94,8	+ 3,9
'Gorki'	88,1	88,3	+ 0,2

Los híbridos de centeno en la producción agrícola

Como se sabe, la ventaja básica y más importante de las variedades híbridas de centeno es que su rendimiento de grano es mayor que el de las variedades población. Sin embargo, es necesario tomar en consideración algunas restricciones que plantea el uso de variedades híbridas de centeno en la producción agrícola.

En primer lugar, las variedades híbridas necesitan suelos más fértiles y técnicas de cultivo precisas. En suelos arenosos poco fértiles, los híbridos no pueden mostrar heterosis. Las variedades híbridas de centeno deben mostrar al menos un 10 % de heterosis para compensar el mayor precio de las semillas de los híbridos F1 con respecto al de las variedades población. Los agricultores u otras organizaciones agrícolas deben comprar semilla de híbridos F1 cada año. El cultivo de la progenie F2 no resulta eficaz debido a la reducción del nivel de heterosis.

En Belarús, el 44,5 %, de media, (alrededor de 2 millones de hectáreas) de las tierras de cultivo tienen suelos ligeramente arenosos y franco-arenosos con una subcapa arenosa, caracterizados por una fertilidad natural baja, un régimen hídrico extremadamente inestable y una mayor acidez. Estos suelos no son aptos para el cultivo de cereales como el trigo, el triticale y el centeno híbrido, sino que deben destinarse al cultivo de variedades población diploides de centeno. Se ha calculado que la superficie cultivada con centeno híbrido en Belarús en el futuro próximo no podrá superar el 10-14 % de la superficie total cultivada con centeno de invierno.

No hay datos oficiales sobre la superficie de cultivo de las cuatro variedades híbridas alemanas (Picasso, Askari, Fugato y Amato) registradas en Belarús.

Referencias

- Adolf K, Winkel A. 1985. A new source of spontaneous sterility in winter rye. Resultados preliminares. En: Proc. Int. Symp. on rye breed. and gen. EUCARPIA, 1985, Svalov, Sweden: 293-307.
- Danilenko N.G., Dawydenko O.G. 2003. The worlds of genomes of cytoplasm., Minsk, Belarus. 780.
- Geiger H.H. 2007, Strategies of hybrid rye breeding. Vorträge für Pflanzenzüchtung. En: Proc. Int. Symp. on rye breed. and gen. EUCARPIA, 28-30 June 2006, Gross Lüsewitz, Germany, Vol.71: 1-5
- Geiger H.H., Miedaner T. 1999. Hybrid rye and Heterosis. En: Coors, J.G. and S. Pandey (eds.). Genetics and Exploitation of Heterosis in Crops. Hrsg.: Madison, Wisconsin, EE. UU. 439-450.
- Hardzei S.I. 2002. Breeding and genetic aspects of heterosis exploitation on rye (*Secale cereale* L.). Messenger of Belorussian NAS, Minsk, 2002, № 1: 103-108
- Melchinger, A. E., 1999. Genetic diversity and heterosis, En: Coors, J.G. and S. Pandey (eds.). Genetics and Exploitation of Heterosis in Crops. Hrsg.: Madison, Wisconsin, EE. UU. 99-118
- Melz Gi., Melz Gu. Hartmann F. 2001. Genetics of a male-sterile rye of "G-type" with results of the first F1 hybrids. En: Proc. Int. Symp. on rye breed. and gen. EUCARPIA, Radzikow, 2001: 43 - 50.

Fitomejoramiento para la resistencia a virus en los cereales

**Sr. Frank Ordon,
Director y Profesor, Jefe del Instituto de Investigaciones sobre la Resistencia y sobre la Tolerancia al Estrés, Julius Kühn-Institut (JKI), Centro Federal de Investigaciones sobre Plantas Cultivadas (Alemania)**

Introducción

Los cereales, en particular el trigo y la cebada, tienen una importancia primordial para la alimentación de la creciente población del planeta. Los virus, así como las enfermedades fúngicas y los insectos, causan graves pérdidas en las cosechas de cereales en todo el mundo. Se trata de virus que se transmiten por el suelo, a través del plasmodiofórico *Polymyxa graminis*: en la cebada, el virus del mosaico amarillo de la cebada (BaYMV) y el virus del mosaico suave de la cebada (BaMMV); y, en el trigo, el virus del mosaico del cereal transmitido por el suelo (SBCMV) y el virus del mosaico estriado fusiforme del trigo (WSSMV). También algunos virus transmitidos por insectos, como el virus del enanismo amarillo de la cebada (BYDV) y el virus del enanismo amarillo del cereal (CYDV), ambos transmitidos por áfidos, el virus del enanismo del trigo (WDV), transmitido por cicadélidos, o el virus del mosaico estriado del trigo (WSMV), transmitido por ácaros, son importantes agentes patógenos de cereales (véase la revisión de Ordon et al. 2009). Debido al calentamiento global, los períodos de temperaturas elevadas durante el otoño y el invierno son cada vez más prolongados en muchas zonas del planeta, lo que permite que la actividad de vuelo de los insectos vectores se dilate y su hibernación se acorte. Por ello, se prevé que los virus transmitidos por insectos adquirirán aún mayor importancia en el futuro.

Las prácticas de cultivo y la aplicación de productos químicos para evitar grandes pérdidas de producción, que pueden alcanzar el 50% en el caso del complejo BaMMV/BaYMV en los cultivos de cebada, no son eficaces contra los virus transmitidos por el suelo a través del plasmodiofórico *Polymyxa graminis*, ya que este infecta el suelo hasta una profundidad aproximada de 70 cm. Con respecto a los virus transmitidos por insectos, las pérdidas de producción se pueden atenuar mediante el uso de insecticidas, lo cual, no obstante, conlleva costos adicionales, a menudo no resulta eficaz (por ejemplo, contra los cicadélidos) y debe evitarse en sistemas de producción agrícola respetuosos con el medio ambiente y comprometidos con la protección de los consumidores. Por consiguiente, el desarrollo de variedades resistentes a los virus es la única opción posible para cultivar trigo o cebada en una zona infectada por virus transmitidos por el suelo o para reducir el uso de insecticidas en el caso de los virus transmitidos por insectos.

La resistencia de la cebada al complejo BaMMV/BaYMV y al BYDV sirve para ilustrar un breve repaso de los logros y las perspectivas de futuro del fitomejoramiento para la resistencia a virus en los cereales.

Complejo del virus del mosaico amarillo de la cebada

El mosaico amarillo de la cebada, provocado por diferentes cepas del BaMMV y el BaYMV, se considera en la actualidad una de las enfermedades más importantes de la cebada de invierno en Europa, debido al continuo aumento de la superficie infectada y a las pérdidas de producción, de hasta un 50%. Los datos de 2010 permiten calcular las posibles pérdidas económicas causadas por el complejo BaMMV/BaYMV en Alemania. En ese año, la superficie de cebada de invierno en dicho país fue de 1.303.000 ha, con un rendimiento medio de 6,66 t, lo que arroja una producción de 8.677.980 t de cebada. El precio de 1 t de cebada en 2010 era de 150 € aproximadamente, por lo que el valor económico de la producción fue de 1.301.697.000 €. Según Huth (1988), el 50% de la superficie dedicada al cultivo de cebada en Alemania (es decir, 651.500 ha) debe considerarse potencialmente infectada por el complejo BaMMV/BaYMV. Suponiendo que la cosecha se haya reducido sólo moderadamente, en un 25%, la pérdida de producción sería de 1.074.975 t, equivalentes a 161.246.250 €. Entre las variedades introducidas en Alemania poco después de la primera observación de esta enfermedad en Europa, en 1978, se detectaron algunas resistentes. Mediante análisis genéticos se descubrió que la resistencia de dichas variedades se debía a un único gen recesivo denominado *rym4*, asignado al cromosoma

3HL de la cebada. No obstante, en aquella época (la década de 1980), las variedades resistentes eran, por lo general, notablemente menos productivas que las susceptibles (cuadro 1). En la actualidad, el fitomejoramiento de la cebada ha logrado una combinación de resistencia al complejo BaMMV/BaYMV y gran rendimiento, y la mayor parte de las variedades comercializadas son resistentes y más productivas que las susceptibles.

Cuadro 1: Evolución del rendimiento de las variedades resistentes o susceptibles al complejo BaMMV/BaYMV en Alemania entre 1986 y 2011 (anónimo 1986, 1995, 2005, 2011)

Año	Nº de variedades		Rendimiento	
	Resistentes	Susceptibles	Resistentes	Susceptibles
1986	6	37	4.3*	5.6
1995	24	41	6.5	6.3
2005	52	23	6.7	6.1
2011	55	9	6.9	6.4

*1 = mínimo, 9 = máximo

Pero esta base de resistencia es muy estrecha, y por ello se han llevado a cabo amplios programas de selección de resistencia en el acervo genético primario y secundario de la cebada. A partir de estos resultados, de los subsiguientes análisis genéticos y del desarrollo de marcadores moleculares, se han localizado en el genoma de la cebada al menos ocho loci diferentes que confieren resistencia a las distintas cepas de BaMMV y BaYMV (figura 1, Friedt y Ordon 2007).

Los marcadores moleculares estrechamente relacionados contribuyen de manera eficaz al fitomejoramiento para la resistencia al complejo BaMMV/BaYMV, ya que facilitan la selección de plantas resistentes sin análisis fenotípico, el cual, en el caso del BaYMV/BaYMV-2, depende en gran medida de las condiciones climáticas del invierno y la primavera. En la práctica, la disponibilidad de marcadores moleculares adecuados permite identificar *in vitro* las poblaciones doblehaploides (DH) y trasladar al invernadero únicamente las plántulas portadoras del alelo que codifica la resistencia.

Además, los procedimientos de retrocruzamiento necesarios para incorporar estos genes de resistencia, procedentes por lo general de germoplasmas exóticos de bajo rendimiento, a variedades adaptadas y de alto rendimiento, pueden abreviarse considerablemente gracias a los marcadores moleculares, con lo que se consigue optimizar la utilización de la resistencia a virus que existe en los recursos genéticos (véase la revisión de Palloix y Ordon, 2011).

Estos marcadores facilitan asimismo la acumulación eficiente de genes de resistencia, es decir, la combinación, en un solo genotipo, de diferentes genes de resistencia al mismo agente patógeno (Werner et al. 2005). La acumulación de genes puede adquirir especial relevancia en el futuro, ya que muchos de los genes recesivos de resistencia conocidos no son eficaces contra todas las cepas del complejo del virus del mosaico amarillo de la cebada. Gracias a este método se consigue ampliar la utilidad de los genes de resistencia parcial.

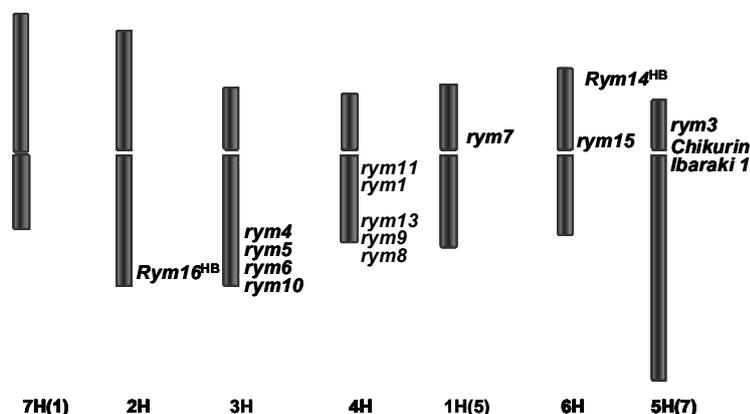


Figura 1. Localización de los genes de resistencia a BaMMV/BaYMV

No obstante, los respectivos marcadores suelen basarse en polimorfismos del locus de interés, lo que implica que la recombinación puede dar lugar a selecciones erróneas. Por ello, el aislamiento de estos genes de resistencia a virus resulta de especial interés, tanto para obtener información sobre su estructura y su función como para facilitar los procedimientos de selección dirigida de alelos. A este respecto, tras el aislamiento del locus *Rym4/Rym5*, localizado en el cromosoma 3H, mediante clonación por cartografiado (Pellio et al. 2005), se observó que dicho locus incluía el factor 4E de iniciación de la traducción (*Hv-eIF4E*, Stein et al. 2005). El conocimiento de estos genes de resistencia permite revisar grandes colecciones de bancos de genes para seleccionar nuevos alelos que podrían resultar más eficientes, y abre la puerta a una evaluación de la diversidad genética centrada específicamente en la resistencia al complejo BaMMV/BaYMV (Stracke et al. 2007, Hofinger et al. 2011).

El mecanismo de traducción adyacente al *Hv-eIF4E* comprende varios genes, que han resultado estar involucrados en la resistencia al potyvirus (LeGall et al. 2011), lo que les convierte en valiosos candidatos a diferentes loci que codifican la resistencia al complejo del virus del mosaico amarillo de la cebada. Actualmente se está elaborando la cartografía de estos genes candidatos, pero, de momento, no se ha localizado ninguno en las proximidades de un locus de resistencia al complejo BaMMV/BaYMV.

Enanismo amarillo de la cebada

El enanismo amarillo de la cebada, provocado por distintas cepas del virus del enanismo amarillo de la cebada (BYDV) y del virus del enanismo amarillo del cereal (CYDV), ambos transmitidos por áfidos, es la enfermedad vírica más importante de los cereales en todo el mundo. En la cebada se han identificado varios genes que confieren tolerancia, como *Ryd2* (localizado en el cromosoma 3H), *Ryd3* (localizado en el cromosoma 6H) y, entre otros, un QTL en el brazo largo del cromosoma 2H (véase Ordon et al. 2009). La selección fenotípica es un método bastante complicado de fitomejoramiento para la resistencia a estos virus porque, para que sea fiable, se requieren procedimientos de inoculación artificial que dependen de la cría de áfidos portadores. Por tanto, el desarrollo de marcadores moleculares para estos genes de resistencia reviste especial interés, pues permite una selección eficiente de genotipos tolerantes. Los marcadores existentes para los genes y QTL mencionados posibilitan, además de los procedimientos de selección, la acumulación de estos genes con objeto de aumentar el grado de tolerancia. Empleando los respectivos marcadores y líneas DH, se combinaron *Ryd2*, *Ryd3* y el QTL en el cromosoma 2H y, tras la inoculación artificial de BYDV, se evaluaron mediante ensayos de campo las respectivas líneas DH que portaban todas las combinaciones posibles de alelos. En estos estudios se observó que la combinación de *Ryd2* y *Ryd3* no sólo produce un aumento de la tolerancia sino también una reducción del título del virus (figura 2), lo cual implica resistencia cuantitativa (Riedel et al. 2011).

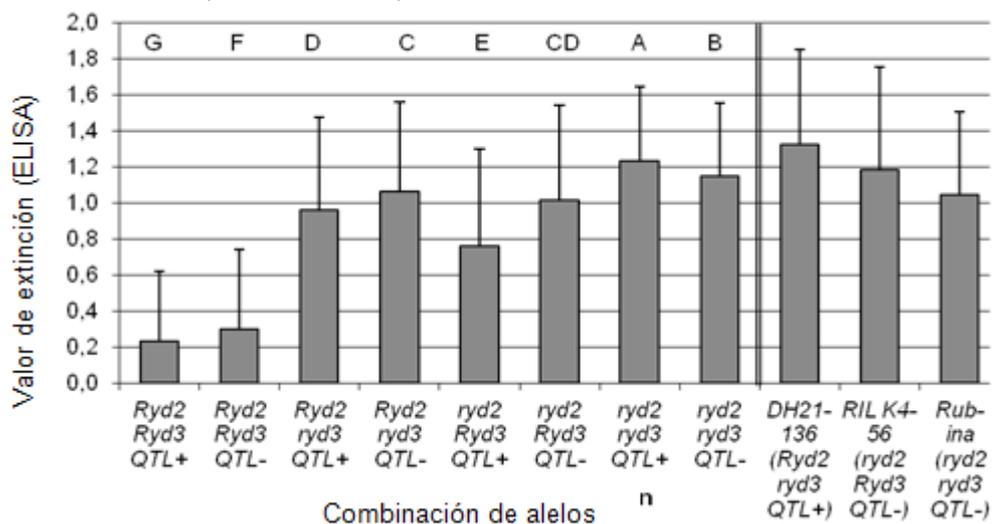


Figura 2: Valores medios de extinción en ELISA (405 nm) y desviación típica en líneas DH de una población DH portadora de distintas combinaciones de alelos en el locus de *Ryd2*, *Ryd3* y el QTL en el cromosoma 2H. Letras diferentes indican diferencias significativas. Como comparación se muestran datos de líneas parentales y de la variedad estándar susceptible (Riedel et al. 2011).

Conclusiones y perspectivas de futuro

El fitomejoramiento para la resistencia a virus ha obtenido logros notables en el pasado, como en el caso del complejo BaMMV/BaYMV. Gracias a los marcadores moleculares ya se ha conseguido incrementar la eficiencia del fitomejoramiento para la resistencia o la tolerancia a virus de la cebada y el trigo. En la actualidad se dispone de marcadores para el SBCMV y el BYDV (Ordon et al. 2009). Recientemente se ha determinado la secuencia genómica de especies de monocotiledóneas como *Brachypodium* y *Sorghum*, además del genoma del arroz, y se han desarrollado métodos eficaces para aprovechar la sintenia entre estas especies (Mayer et al. 2011). Todo ello, junto con la creciente afluencia de datos sobre las secuencias de los cereales, en especial la cebada y el trigo, permitirá aislar nuevos genes involucrados en la resistencia a virus. El fitomejoramiento podrá acceder así al nivel alélico, lo que facilitará la identificación de nuevos alelos y su aplicación específica a métodos moleculares para aumentar la resistencia de los cereales a los virus. El uso de estos alelos, procedentes principalmente de germoplasma exótico, puede potenciarse mediante el retrocruzamiento asistido por marcadores del gen de interés combinado con la eliminación sistemática del sustrato del donante por genotipificación de SNP, utilizando tecnologías de alto rendimiento como la micromatriz iSelect de 9k para la cebada. No obstante, los alelos respectivos también pueden transferirse directamente a las variedades de alto rendimiento empleando los nuevos avances en tecnología genética, como las nucleasas con dedos de cinc (Shukla et al., 2009). Esta tecnología no sólo posibilita un mejor aprovechamiento de la diversidad alélica de los genes de resistencia a virus dentro del acervo genético correspondiente (sustitución de alelos), sino que también permite crear nuevos caracteres de resistencia a virus, por ejemplo, mediante el uso de ARN interferente pequeño (Prins et al., 2008).

En resumen, todos los avances biotecnológicos ayudarán a optimizar el mejoramiento de los cereales en lo que concierne a la resistencia a los virus. Así, el fitomejoramiento podrá responder de forma rápida y específica a los retos que plantean las nuevas enfermedades y cepas víricas, contribuyendo con ello a la reducción de las pérdidas de productividad provocadas por los virus de los cereales, un aspecto importante de cara a la alimentación de la creciente población mundial.

Bibliografía

- Anónimo, 1986, 1995, 2005, 2011. Beschreibende Sortenliste für Getreide, Mais, Ölfrüchte, Leguminosen (großkörnig), Hackfrüchte (außer Kartoffeln). Bundessortenamt (Hrsg.). Landbuch Verlagsgesellschaft Hannover.
- Friedt, W., F. Ordon, 2007. Molecular markers for gene pyramiding and resistance breeding in barley En: Varshney R, Tuberosa, R. (eds.): Genomics-assisted crop improvement, Vol. 2: Genomics applications in crops. Springer, Heidelberg, 81-101.
- Hofinger, B.J., J.R. Russel, C.G. Bass, T. Baldwin, M. dos Reis, P.E. Hedley, Y. Li, M. Macaulay, R. Waugh, K.E. Hammond Kosack, K. Kanyuka, 2011. An exceptionally high nucleotide and haplotype diversity and a signature of positive selection for the eIF4E resistance gene in barley are revealed by allele mining and phylogenetic analyses of natural populations. *Molecular Ecology* 20, 3653-3668.
- Huth, W, 1988. Barley yellow mosaic – a disease caused by two different viruses. En: Cooper JI, Asher MCJ (eds.). *Developments in Applied Biology 2. Viruses with fungal vectors*, pp 61-70.
- Le Gall, O., M.A. Aranda, C. Caranta, 2011. Plant resistance to viruses mediated by translation initiation factors. En: *Recent Advances in Plant Virology*. Caranta, C.; Miguel A. Aranda, M. A.; Tepfer, M.; López-Moya. J. J. Caister Academic Press. Norfolk, 177-194.
- Mayer, K.F.X., M. Martis, P.E. Hedley et al., 2011. Unlocking the barley genome by chromosomal and comparative genomics. *Plant Cell* 23, 1249-1263.
- Ordon, F., A. Habekuss, U. Kastirr, F. Rabenstein, T. Kühne, 2009. Virus Resistance in Cereals: Sources of Resistance, Genetics and Breeding. *J. Phytopathology* 157, 535 - 554.
- Palloix, A., F. Ordon, 2011. Advanced breeding for virus resistance in plants. En: *Recent Advances in Plant Virology*. Caranta, C.; Miguel A. Aranda, M. A.; Tepfer, M.; López-Moya. J. J. Caister Academic Press. Norfolk, 195-218.
- Pellio, B., S. Streng, E. Bauer, N. Stein, D. Perovic, A. Schiemann, W. Friedt, F. Ordon, A. Graner 2005. High-resolution mapping of the Rym4/Rym5 locus conferring resistance to the barley yellow mosaic virus complex (BaMMV, BaYMV, BaYMV-2) in barley (*Hordeum vulgare* ssp. *vulgare* L.) *Theor. Appl. Genet.* 110, 283-293.

- Prins, M., M. Laimer, E. Noris, J. Schubert, M. Wassenegger, M. Tepfer, 2008. Strategies for antiviral resistance in transgenic plants. *Molecular Plant Pathology* 9, 73-83.
- Riedel, C., A. Habekuss, E. Schliephake, R. Niks, I. Broer, F. Ordon, 2011. Pyramiding of Ryd2 and Ryd3 conferring tolerance to a German isolate of Barley yellow dwarf virus (BYDV-PAV-ASL-1) leads to quantitative resistance against this isolate. *Theor. Appl. Genet.* 123, 69-76.
- Shukla, V.K., Y. Doyon J.C. Miller JC et al. (2009) Precise genome modification in the crop species *Zea mays* using zinc-finger nucleases. *Nature* 459, 437-443.
- Stein, N., D. Perovic, J. Kumlehn, B. Pello, S. Stracke, S. Streng, F. Ordon, A. Graner, 2005. The eukaryotic translation initiation factor 4E confers multiallelic recessive Bymovirus resistance in *Hordeum vulgare* (L.). *The Plant Journal* 42, 912-922
- Stracke, S., N. Stein, T. Presterl, D. Perovic, F. Ordon, A. Graner, 2007. Effects of introgression and recombination on haplotype structure and linkage disequilibrium surrounding the locus for Bymovirus resistance Hv-eIF4E in barley. *Genetics* 175, 805-817.
- Werner, K., W. Friedt, F. Ordon, 2005. Strategies for pyramiding resistance genes against the barley yellow mosaic virus complex (BaMMV, BaYMV, BaYMV-2). *Mol. Breeding* 16, 45-55.

Resistencia al estrés en el maíz

Sra. Marianne Bänziger,
Directora General Adjunta, Investigación y Colaboración, Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT)

En los próximos 40 años, la producción mundial de cultivos deberá aumentar en un 70%, y ello en unas circunstancias de cambio climático y de creciente escasez y aumento del precio de los recursos naturales, como la tierra, el agua, los fertilizantes y la energía. Si no logramos solucionar tales obstáculos, la humanidad se enfrentará a una escalada de precios, a la generalización de los conflictos sociales y la aceleración de las migraciones, a una mayor expansión agrícola en detrimento de valiosos ecosistemas y una disminución de las oportunidades de adaptación al cambio climático o de mitigación de sus consecuencias. En lo que respecta a los cultivos básicos, esto es el maíz, el arroz y el trigo, el incremento anual de productividad deberá sobrepasar los índices actuales: del 1,2% al 1,7% en lo que respecta al maíz; del 0,8% al 1,2% en lo que respecta al arroz, y del 1,1% al 1,6% en lo que respecta al trigo. El trigo será el alimento al que más afectará el cambio climático, especialmente en Asia Meridional. En esta región habita 1/7 de la población mundial, y en el año 2050 es probable que dicha región albergue a uno de cada cuatro habitantes del planeta. Actualmente, Asia Meridional es autosuficiente en lo que respecta a la producción de trigo, pero a mediados de siglo la demanda aumentará en al menos un 40% con respecto al nivel actual, cuando se prevé que las cosechas rindan entre un 20% y un 30% menos debido al cambio climático, no habiendo variado las demás condiciones. El desafío en lo que respecta a la seguridad alimentaria que ello implica no tiene precedentes. En el África subsahariana, la producción del principal alimento en la región, el maíz, podría disminuir entre un 10% y un 15% o más a lo largo del mismo período, debido a la conjunción del efecto de la sequía y el calor.

Para satisfacer la creciente demanda en unas condiciones cada vez más complicadas, a saber: el cambio climático, una mayor variación climática (sequías, inundaciones, canículas) y la escasez de los recursos naturales, los agricultores necesitarán cultivos capaces de tolerar el estrés y de transformar con mayor eficacia el agua, los nutrientes y la energía solar en granos y otros productos de utilidad. Es un desafío enorme, pero la ciencia vegetal moderna proporciona las vías para afrontarlo. El fitomejoramiento ha obtenido grandes ventajas del rápido avance que se ha producido en los ámbitos de la bioinformática, la fenotipificación de alta precisión y la genómica. Por ejemplo, ahora, por lo mismo que cuesta desarrollar y plantar una sola variedad de cultivo transgénico podemos genotipificar una porción importante de toda la diversidad genética de cultivos alimenticios (maíz, arroz, trigo), lo que nos permite conocer mejor dicha diversidad y utilizarla para crear, por ejemplo, trigo tolerante al calor para Asia Meridional. La fenotipificación de alta precisión ha contribuido enormemente a desarrollar un maíz tolerante a las sequías para África. Las herramientas de la biotecnología están permitiendo que se siga mejorando ese rasgo y trasladarlo a las variedades del maíz para Asia y América Central, regiones en que las sequías ocurren con mayor frecuencia y afectan seriamente a los agricultores con escasos recursos. Los enfoques transgénicos han abierto la posibilidad de proteger grandes extensiones de cultivos de los insectos y las malas hierbas o de mejorar el grano o su capacidad alimenticia. Las plantas responden de maneras genéticamente complejas al estrés abiótico; estamos, en consecuencia, empezando a aprender cómo utilizar los transgénicos para desarrollar la tolerancia a las sequías o crear cultivos que utilicen los nutrientes o la energía con mayor eficacia en entornos agrícolas.

Las nuevas tecnologías pueden ofrecer soluciones, pero hay que desarrollarlas. En muchos países con ingresos medios y bajos existen grandes diferencias entre la producción agrícola y la de las estaciones experimentales, de lo que cabe deducir que la producción agrícola del planeta podría doblarse fácilmente sin tener que utilizar grandes superficies de terreno. Las leyes de semillas y de variedades vegetales cumplen un papel fundamental en la generalización de cultivos tolerantes al estrés en la producción agrícola, pero, aunque la UPOV celebra ya su quincuagésimo aniversario, los agricultores de muchos países tienen todavía dificultad para acceder a los últimos avances en el fitomejoramiento. Todavía quedan millones de agricultores en África, Asia y América Latina que cultivan variedades antiguas y que desconocen las nuevas. Los mercados en este ámbito no suelen fomentar el desarrollo de los sectores de semillas competitivos, capaces de impulsar un acceso más

rápido y barato a las variedades que incorporan los últimos avances en el fitomejoramiento. Doblar la producción agrícola mundial no incumbe únicamente a la ciencia y la tecnología; los órganos reguladores y los responsables de adoptar decisiones deben examinar detenidamente si las políticas se están aplicando a los fines a los que están destinadas, lo cual es aún más urgente en el caso de los cultivos transgénicos, en los que la complejidad y la controversia han contribuido a monopolizar su desarrollo y expansión.

De cara al futuro, los líderes pueden tener la certeza de que la seguridad alimentaria y las cuestiones conexas acapararán cada vez mayor atención e incidirán en todos los sectores de la sociedad. En lo que respecta al desarrollo de cultivos tolerantes al estrés, de mercados competitivos en regiones desfavorecidas o de políticas que aceleren la producción responsable, barata y equitativa de nuevas tecnologías, es necesario que en los calendarios de los proyectos de I+D en el ámbito de la agricultura se tenga en cuenta que las inversiones y las políticas han de ejecutarse ya, a fin de asegurar que en las próximas décadas se disponga de alimentos asequibles y de una producción agrícola sostenible en un planeta cada vez más poblado.

Interacción molecular virus-planta y defensa patógena en las plantas de cultivo de tubérculo

Sr. Jari P.T. Valkonen,
Catedrático de Fitopatología de la Universidad de Helsinki (Finlandia)

1. Introducción

Para evitar las importantes pérdidas cuantitativas y cualitativas que causan los virus es necesario que existan variedades con resistencia viral. La “resistencia real” impide la infección por virus y la propagación de los virus en la planta y/o reduce la acumulación de los virus en las células y los tejidos infectados. Se diferencia de la “tolerancia”, que no presenta ninguna de las características mencionadas anteriormente, pero se remite a las interacciones virus-planta en las que la planta sistemáticamente infectada no presenta síntomas aparentes (Cooper & Jones 1983).

La resistencia de las plantas a los virus puede estudiarse desde dos perspectivas. La obvia es la que se centra en cada planta resistente dentro de toda la población y en determinar, por comparación con cada una de las plantas susceptibles, qué factores huésped (genes) son necesarios en la resistencia. Desde la otra perspectiva, el objetivo sería reconocer los factores huésped necesarios para que los virus produzcan la infección y, posteriormente, utilizar sus formas mutadas e incompatibles como factores de resistencia. Ambos enfoques tienen el mismo objetivo, esto es, el estudio de las variedades vegetales resistentes a los virus, el cual se ilustrará mediante unos pocos ejemplos, en los que se hará especial hincapié en los cultivos de tubérculos y raíces. No obstante, se examinará en primer lugar la importancia de la resistencia viral en las plantas de cultivo, al tratarse del principal medio para controlar las enfermedades por virus en el campo.

2. La resistencia es necesaria para el control de la propagación de los virus

Los virus se transmiten a los nuevos cultivos mediante semillas y material de propagación infectados (“transmisión vertical”) o por vectores de virus, contactos entre las hojas y raíces de plantas adyacentes o por contaminación proveniente de herramientas y equipo (“transmisión horizontal”). La combinación de ambas vías de transmisión de virus da lugar a un incremento acumulativo de la incidencia de virus en las plantas a lo largo de las siguientes épocas de cultivo. Puesto que todos los virus son transmitidos verticalmente en cultivos de multiplicación vegetativa y, según las condiciones de cultivo también por transmisión horizontal, este tipo de cultivo es más afectado por enfermedades virales. Por esa misma razón, los virus transmitidos por semillas (virus portados por semilla) pueden ocasionar serias pérdidas.

2.1. Control de la transmisión vertical de los virus

En la transmisión vertical, el virus es transportado directamente al siguiente cultivo en los propágulos de las anteriores cosechas infectadas. Todos los virus se transmiten verticalmente durante la propagación clonal de los cultivos, pero la mayoría de los virus no se transmite por semillas, ya que muchos no logran entrar en el embrión o desarrollarse en el mismo. En consecuencia, las plantas podrían resultar infectadas en el terreno durante la época de cultivo, pero sus semillas producirán plantas sanas. Es un hecho sorprendente, ya que, aparte del embrión, los tejidos de la semilla suelen infectarse, al igual que otras partes de la planta (Rajamäki & Valkonen, 2004). Puesto que sólo unos pocos virus consiguen superar el mecanismo que excluye a los virus del embrión, la ausencia de transmisión por semillas parece representar un tipo de resistencia viral que reviste gran importancia, pero que no está bien caracterizada.

Las mayores pérdidas en el rendimiento de las cosechas tienen lugar cuando las plantas proceden de semillas o papas de siembra infectadas por virus u otro material de siembra infectado. Por ello, en los cultivos es sumamente importante utilizar semillas, tubérculos, bulbos o esquejes que no tengan virus. Para cumplir los requisitos fitosanitarios, la producción de semillas se ubicará en áreas en las que el peligro de infección por virus sea leve. Entre los factores que influyen en el grado de peligro están la abundancia de vectores de virus y de plantas silvestres, malas hierbas, plantas de

generación natural a partir de cosechas anteriores y plantas de cultivos vecinos, los cuales pueden constituir reservorios de virus.

Será difícil producir semillas y material de siembra sanos a partir de variedades susceptibles de desarrollar virus si el origen de los virus no puede eliminarse del área de producción de semillas, ya que se dispone de muy pocos medios, aparte de la resistencia de las variedades, para controlar los virus en el campo. Los vectores de virus, como los áfidos y las moscas blancas, pueden eliminarse mediante insecticidas, o bien puede impedirse que se alojen en las plantas y se alimenten de ellas mediante plásticos o aplicando aceites minerales. Pero la eficacia de tales métodos es muy variable y, salvo en algunas excepciones, insignificante. Así, es evidente que la producción de semillas y material de siembra libres de virus es más sencilla cuando las variedades expresan algún grado de resistencia a los virus predominantes.

Tres de los siete cultivos alimenticios básicos, a saber, la papa, la batata y la yuca, son especies de propagación vegetativa, como lo son también muchos cultivos hortícolas, árboles frutales y bayas. En el material de siembra de cultivos de multiplicación vegetativa, los virus se transmiten con mucha facilidad, ya que el mecanismo que excluye la transmisión por semillas no está activo. Normalmente, los cultivos de multiplicación vegetativa alojan muchos virus cuyas coinfecciones e interacciones sinérgicas producen importantes pérdidas en la producción, lo que hace de los virus los patógenos más dañinos de estos cultivos (Ross, 1986; Karyeija et al., 2000). Es fundamental sustituir periódicamente el material infectado y reiniciar la producción a partir de plantas sanas de variedades mantenidas en colecciones de cultivos de tejidos en el laboratorio. En el almacenamiento de largo plazo de germoplasma de plantas de multiplicación vegetativa se utiliza tejido orgánico, como brotes en lugar de cultivos de células y callos, para evitar la variación somaclonal y otro tipo de problemas relacionados con la inestabilidad genética. Existen distintas técnicas de cultivo meristemático del extremo de los tallos para obtener brotes sanos a partir de plantas infectadas. La crioterapia ha sido descrita como un método mediante el cual puede lograrse simultáneamente la eliminación de los virus y el mantenimiento de las variedades a largo plazo y en condiciones de estabilidad genética (Wang et al., 2009; Wang & Valkonen, 2009).

Además de la sostenibilidad y rendimiento económicos de los cultivos vegetales, en el fitomejoramiento es necesario que las plantas carezcan de virus. Las plantas infectadas no suelen mostrar su verdadero fenotipo, y pueden producir menores cosechas o presentar semillas o germinación del polen dañados. En último término, en las obtenciones vegetales que se den a conocer debe garantizarse la ausencia de virus.

2.2. Control de la transmisión horizontal de los virus

La transmisión horizontal aumenta la incidencia de virus en las plantas durante la época de cultivo. Los principales vectores de virus de plantas en el campo son los insectos con aparatos bucales succionantes, como los áfidos, las chicharras o las moscas blancas, así como algunas especies de trips y ácaros eriófidios. El control de la transmisión de virus mediante la eliminación de los vectores con insecticidas suele ser poco efectivo, ya que la transmisión puede producirse en unos pocos segundos y tiene lugar cuando el vector explora la hoja. Algunos virus se transmiten por nematodos en el sistema de la raíz, lo que también produce infección de la parte superior de la planta. Estos virus poliédricos transmitidos por nematodos (NEPO) son especialmente difíciles de controlar, ya que también pueden transmitirse mediante semillas y polen. Mientras que la transmisión de virus por semillas se considera vertical, la transmisión por polen puede producirse mediante transmisión vertical (autopolinización) o transmisión horizontal (polinización cruzada).

Algunos pocos géneros de microbios que infectan la raíz, clasificados como protistas, transmiten virus en las zoosporas, liberándolos a partir de raíces infectadas y esporas en reposo (esporangios). Las esporas en reposo pueden permanecer viables en la tierra y retener partículas de virus infecciosos durante más de diez años. Las esporas en reposo virulíferas y los nematodos vivos portadores de virus (las especies que transmiten virus no forman quistes) constituyen una reserva de virus en el suelo, de ahí el término "virus del suelo". El tratamiento del suelo mediante químicos que podrían eliminar los protistas o nematodos puede ser muy dañino para los organismos que enriquecen el suelo

y para el medio ambiente, y por ello está prohibido en muchos países. De suerte que la resistencia de las variedades es la única opción para controlar este tipo de virus (Lennefors et al. 2008; Ordon et al., 2009; Santala et al., 2010).

3. Mecanismos de resistencia viral de las plantas

3.1. Resistencia dominante conferida por genes R

En un principio, tras la infección, las células vegetales reconocen patrones moleculares relacionados con los agentes patógenos (PAMPS) y provocan una defensa basal mediante la producción de proteínas relacionadas con la patogénesis (proteínas PR), que no son específicas en lo que respecta a los agentes patógenos (Almagro et al., 2009). Muchos genes PR son inducidos por la infección viral, aunque se sabe muy poco sobre sus efectos en los virus. Como contraofensiva, los agentes patógenos suprimen la defensa basal utilizando unas proteínas virulentas específicas llamadas efectores (Jones & Dangl, 2006). Los efectores son reconocidos, gen por gen, por unos receptores específicos conocidos como proteínas R (Flor, 1946), que provocan una respuesta defensiva más rápida y potente. Los genes R se producen en bloques de genes que constituyen genes muy similares. Los diferentes genes del bloque pueden reconocer agentes patógenos muy diferentes (Gebhardt & Valkonen, 2001).

El ejemplo mejor caracterizado de resistencia viral gen por gen lo controla la proteína N, que es una proteína R que reconoce al virus del mosaico del tabaco (TMV, tobamovirus) en las plantas de tabaco utilizando el dominio de repetición rica en leucina (LRR) C-proximal. Más concretamente, la proteína N reconoce la proteína replicasa del TMV (p50), un efector que suprime la defensa basal antiviral (silenciamiento de RNA) en las plantas (Caplan et al., 2008). No obstante, el dominio LRR no puede reconocer al virus TMV salvo en el caso en que el dominio TIR, en el extremo opuesto de la proteína N, interaccione con otra proteína huésped (NRIP1). Así, en el reconocimiento de agentes patógenos por genes R es necesaria la intervención de varios genes huésped (proteínas) (Caplan et al., 2008). Del mismo modo, por pruebas experimentales se sabe que una proteína R actúa como un “guardia”, reconociendo a un complejo específico de proteínas formadas por la proteína efectora patógena y la proteína huésped elegida por aquella (Collier & Moffett, 2009). En el caso de la replicasa p50 del virus TMV, la proteína huésped elegida por este efector y el complejo de proteínas reconocido por la proteína N todavía no se conocen.

El reconocimiento específico de un agente patógeno por una proteína R provoca una cascada de señalización, que, a su vez, activa una gran diversidad de genes y respuestas de defensa, denominadas en su conjunto respuesta de resistencia hipersensible (HR). La respuesta HR impide la carga de virus en el floema y su trasposición a otras partes de la planta mediante un mecanismo todavía desconocido, pero ello no afecta a la duplicación del virus ni al movimiento celular en la hoja inicialmente infectada. Con todo, algunos genes R inhiben la duplicación viral, lo que se conoce como resistencia extrema (Valkonen et al., 1996). Por ejemplo, las especies de papa silvestre y cultivada contienen genes que confieren una respuesta HR o resistencia extrema al virus Y de la papa (PVY), que es el principal virus de infección de los cultivos de papa en todo el mundo, (Valkonen, 2007), o al virus X de la papa (PVX) (Cockerham, 1970). Diversos estudios sobre el gen Rx, que confiere resistencia extrema al virus PVX en la papa, muestran que dicho gen puede provocar también una respuesta HR en caso de que el sistema sea objeto de una manipulación tal que permita un inusual alto grado de acumulación de PVX en las células infectadas (Bendahmane et al. 1999). La variabilidad en los genes adicionales que participan en el reconocimiento o los genes necesarios para la señalización de base a los fines de provocar respuestas de defensa puede asimismo causar cambios fenotípicos dependientes del genotipo en la respuesta de resistencia inducida por un gen R (Valkonen et al., 1998).

Aparte del gen Rx (Bendahmane et al., 1999), a partir de la papa no se ha aislado ni caracterizado ningún otro gen de resistencia viral. Pero sí se ha aislado y descrito el gen Y-1, que reconoce al virus PVY e induce la muerte celular, aunque no confiere resistencia (Vidal et al., 2002), y el gen G-Ry, que sería un homólogo del gen Y-1 (Lee et al., 2010). El gen Y-1, que se deriva de la especie *Solanum tuberosum* ssp. andigena, es, en estructura, el más similar al gen N y reside en el cromosoma XI de la papa, en un bloque de genes R que contiene asimismo al gen Na, que provoca respuesta HR al virus A de la papa, y al gen Ryadg, que confiere resistencia extrema al virus PVY (Hämäläinen et al. 1997;

1998). No se sabe qué proteínas virales reconocen los genes Ryadg y Na, pero estudios recientes señalan que el gen de la papa Ny, que confiere respuesta HR al virus PVY, reconoce a la proteína HCpro del virus PVY (Moury et al. 2011; Tian & Valkonen, sin publicar). La proteína HCpro es un poderoso efector capaz de suprimir el silenciamiento de RNA (Brigneti et al., 1998).

Los genes R de la papa, que confieren resistencia extrema a los virus PVY (Ry) y PVX (Rx), inhiben eficazmente la duplicación de los virus y reconocen, al parecer, a la mayor parte, si no a todas, las cepas del virus. En cambio, los genes de respuesta HR son específicos a cepas virales y limitan la dispersión de los virus en vez de su replicación (Valkonen et al., 1996). De hecho, los genes de respuesta HR pueden ser vencidos más fácilmente por nuevas variantes del virus. La sustitución de aminoácidos en la proteína viral reconocible por la proteína R puede tener como consecuencia que las variantes del virus se salven del reconocimiento. Así, para el fitomejoramiento de la papa se prefieren los genes de resistencia extrema. En la selección asistida por marcadores (MAS) de la resistencia a muchos virus de la papa pueden utilizarse marcadores genéticos específicos de PCR (Gebhardt et al. 2006; Witek et al. 2006; Valkonen et al. 2008).

3.2. Factores de susceptibilidad del huésped como genes de resistencia viral

El fitomejoramiento encaminado a conferir resistencia recesiva es un concepto bien asentado, especialmente en el control de potyvirus (Robaglia & Caranta, 2006), que pertenecen a la familia Potyviridae y constituyen el mayor grupo de virus RNA infecciosos de plantas (Adams et al., 2011). En esta familia, el virus PVY es el miembro tipo del género Potyvirus, y el virus PVA pertenece también a ese género.

Wittman et al. (1997) estaban interesados en los factores huésped que requieren los potyvirus en la infección de las plantas huésped. Descubrieron que la proteína viral VPg, vinculada con el genoma de potyvirus RNA, interacciona con el factor de iniciación de la traducción celular 4E (o su isoforma eIF(iso)4E). Dicho resultado se amplió a otros miembros de la familia Potyviridae y sus plantas huésped en estudios posteriores llevados a cabo en otros laboratorios. Tuvo importancia constatar que la interrupción de la interacción por mutaciones introducidas en la proteína VPg va en detrimento de la infección viral. El descubrimiento, en el proceso de obtención de variedades resistentes a los potyvirus, de que muchos genes recesivos de resistencia utilizados en los programas de fitomejoramiento durante décadas codifican el factor eIF4Es que presentan las formas mutadas (Robaglia & Caranta, 2006) supuso un enorme avance. La interrupción de la interacción 4E-VPg por mutaciones en el factor 4E logra, al parecer, que las plantas sean resistentes a los potyvirus.

No obstante, el mecanismo por el cual las mutaciones en el factor eIF4E confieren resistencia sigue sin conocerse bien, a pesar de los muchos estudios llevados a cabo sobre las interacciones eIF4-VPg (Robaglia & Caranta, 2006). Desde el punto de vista fenotípico, la resistencia puede tomar varias formas, incluida la inhibición de la duplicación de los virus en la célula inicialmente infectada, o de una célula a otra, o del movimiento de larga distancia (vascular) en la planta (Vuorinen et al., 2011). Dicha variabilidad de cada caso ha sido difícil de explicar. Hace poco, descubrimos también que la proteína potyviral HCpro interacciona con eIF(iso)4E y con eIF4E (Ala-Poikela et al., 2011). Hecho destacable es que el análisis de proteínas HCpro en un gran número de potyvirus mostró que todas ellas contienen un motivo conservado específico unido a 4E, similar al motivo de eIF4G de la proteína adaptadora celular, que retiene a eIF4E, para iniciar la traducción dependiente de "cap" de un RNA mensajero celular. Cuando los aminoácidos conservados del motivo unido a 4E de la proteína HCpro mutaban en el virus A de la papa, el virus perdía prácticamente su capacidad infecciosa, restringiéndose a unos pocos títulos virales acumulados en algunas plantas inoculadas (Ala-Poikela et al., 2011). Se espera que mediante tales constataciones y los resultados de estudios ulteriores se comprenda mejor el mecanismo por el cual los potyvirus controlan las funciones de huésped en su propio beneficio. Los datos deberían también servir para contribuir a predecir y contrastar qué mutaciones del factor eIF4E podrían conferir simultáneamente una amplia resistencia a diversos potyvirus.

Otros resultados también han mostrado que la proteína VPg es capaz de suprimir el silenciamiento de RNA: la proteína VPg es desplazada al núcleo y se acumula en el nucleolo, donde interfiere con el silenciamiento de RNA y en la defensa antiviral (Rajamäki & Valkonen, 2009). Por lo general, se sabe muy poco sobre la participación del nucleolo en el silenciamiento de RNA y las funciones de las

proteínas de virus RNA vegetales en el núcleo o el nucleolo. Por ello, esta nueva función, descubierta mediante la proteína VPg, indica, en primer lugar, que el nucleolo controla algunas importantes funciones del silenciamiento de RNA y la defensa antiviral. De dichos resultados se desprende también que algunas de las proteínas huésped que residen en el nucleolo son objetivos del efector viral VPg, y que las formas mutadas de tales factores huésped podrían conferir resistencia a los potyvirus.

Los estudios sobre las interacciones moleculares virus-huésped pueden descubrir nuevas funciones de los orgánulos y los genes de las plantas y revelar su importancia en la infección viral o la defensa antiviral. Es importante determinar qué genes huésped participan en los sistemas de defensa antiviral en las plantas a fin de utilizarlos en la obtención de variedades resistentes. También es importante determinar qué genes huésped utilizan los virus para controlar la infección y su movimiento en las plantas, ya que sus formas mutadas podrán probablemente conferir resistencia viral.

References

- Adams, M.J., Zerbini, F.M., French, R., Rabenstein, F., Stenger, D.C., and Valkonen, J.P.T. 2011. Family Potyviridae. In: *Virus Taxonomy: Ninth Report of the International Committee on Taxonomy of Viruses*. A.M.Q. King, M.J. Adams, E.B. Carstens, and E.J. Lefkowich (eds.). Elsevier, San Diego, USA, in press.
- Ala-Poikela, M., Goytia, E., Haikonen, T., Rajamäki, M.L., and Valkonen, J.P.T. 2011. HCpro of potyviruses is an interaction partner of translation initiation factors eIF(iso)4E and eIF4E that contains a 4E-binding motif. *Journal of Virology* 85: 6784-6794.
- Almagro, L., Gómez Ros, L.V., Belchi-Navarro, S., Bru, R., Barceló Ros, A., and Pedreño, M.A. 2009. Class III peroxidases in plant defense reactions. *Journal of Experimental Botany* 60, 377-390.
- Bendahmane, A., Kanyuka, K., and Baulcombe, D.C. 1999. The Rx gene from potato controls separate virus resistance and cell death responses. *Plant Cell* 11: 781-792.
- Brigneti, G., Voinnet, O., Li, W.X., Ji, L.H., Ding, S.W., and Baulcombe, D. C. 1998. Viral pathogenicity determinants are suppressors of transgene silencing in *Nicotiana benthamiana*. *EMBO Journal* 17, 6739-6746.
- Caplan, J.L., Mamillapalli, P., Burch-Smith, T.M., Czymmek, K., and Dinesh-Kumar, S.P. 2008. Chloroplastic protein NRIP1 mediates innate immune receptor recognition of a viral effector. *Cell* 132: 449-462
- Cockerham, G. 1970. Genetical studies on resistance to potato viruses X and Y. *Heredity* 25:309-348.
- Collier, S.M., and Moffett, P. 2009. NB-LLRs work a "bait and switch" on pathogens. *Trends in Plant Science* 14: 521-529
- Cooper, J.I., and Jones, T.A. 1983: Responses of plants to viruses: proposals for the use of terms. *Phytopathology* 73, 127-128.
- Flor, H.H. 1946. Genetics of pathogenicity in *Melampsora lini*. *Journal of Agricultural Research* 73: 335-357.
- Gebhardt, C., Bellin, D., Henselewski, H., Lehmann, W., Schwarzfischer, J. & Valkonen, J.P.T. 2006. Marker-assisted combination of major genes for pathogen resistance in potato. *Theoretical and Applied Genetics* 112: 1458-1464.
- Gebhardt, C., and Valkonen, J.P.T. 2001. Organization of genes controlling disease resistance in the potato genome. *Annual Review of Phytopathology* 39:79-102.
- Hämäläinen, J.H., Sorri, V.A., Watanabe, K.N., Gebhardt, C. & Valkonen, J.P.T. 1998. Molecular examination of a chromosome region that controls resistance to potato Y and A potyviruses in potato. *Theoretical and Applied Genetics* 96:1036-1043.
- Hämäläinen, J.H., Watanabe, K.N., Valkonen, J.P.T., Arihara, A., Plaisted, R.L., Pehu, E., Miller, L. & Slack, S.A. 1997. Mapping and marker-assisted selection for a gene for extreme resistance to potato virus Y. *Theoretical and Applied Genetics* 94:192-197.
- Hofinger, B.J., Russell, J.R., Bass, C.G., Baldwin, T., Dos Reis, M., Hedley, P.E., Li, Y.D., Macaulay, M., Waugh, R., Hammond-Kosack, K.E., and Kanyuka, K. 2011. An exceptionally high nucleotide and haplotype diversity and a signature of positive selection for the eIF4E resistance gene in barley are revealed by allele mining and phylogenetic analyses of natural populations. *Molecular Ecology* 20: 3653-3668.
- Jones, J.D.G., and Dangl, J.L. 2006. Plant immune system. *Nature* 444: 323-329.
- Jones, R.A.C., Salam, M.U., Maling, T.J., Diggle, A.J., Thackray, D.J. 2010. Principles of predicting plant virus disease epidemics. *Annual Review of Phytopathology* 48: 179-203.

- Karyeija, R.F., Kreuze, J.F., Gibson, R.W. & Valkonen, J.P.T. 2000. Synergistic interactions of a potyvirus and a phloem-limited crinivirus in sweet potato plants. *Virology* 269:26-36.
- Lee, C., Park, J., Hwang, I., Park, Y., and Cheong, H. 2010. Expression of G-Ry derived from the potato (*Solanum tuberosum* L.) increases PVYO resistance. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 58: 7245-7251.
- Lennefors, B.L., Van Roggen, P., Yndgaard, F. Savenkov, E.I. & Valkonen, J.P.T. 2008. Efficient dsRNA-mediated transgenic resistance to Beet necrotic yellow vein virus in sugar beets is not affected by other soilborne and aphid-transmitted viruses. *Transgenic Research* 17: 219-228.
- Macfarlane, S.A. 2010. Tobravirus - plant pathogens and tools for biotechnology. *Molecular Plant Pathology* 11: 577-583.
- Moury, B., Caromel, B., Johansen, E., Simon, V., Chauvin, L., Jacquot, E., Kerlan, C., and Lefebvre, V. 2011. The helper component proteinase cistron of potato virus Y induces hypersensitivity and resistance in potato genotypes carrying dominant resistance genes on chromosome IV. *Molecular Plant-Microbe Interactions* 24: 787-797.
- Ordon, F. Habekuss, A., Kastirr, U., Rabenstein, F., and Kuhne, T. 2009. Virus resistance in cereals: sources of resistance, genetics and breeding. *Journal of Phytopathology* 157: 535-545.
- Rajamäki, M.-L. & Valkonen, J.P.T. 2004. Detection of a natural point mutation in Potato virus A that overcomes resistance to vascular movement in *Nicotiana glauca*, and studies on seed-transmissibility of the mutant virus. *Annals of Applied Biology* 144:77-86.
- Rajamäki, M.L. & Valkonen, J.P.T. 2009. Control of nuclear and nucleolar localization of the nuclear inclusion protein A in picorna-like Potato virus A. *The Plant Cell* 21: 2485-2502.
- Robaglia, C., and Caranta, C. 2006. Translation initiation factors: a weak link in plant RNA virus infection. *Trends in Plant Science* 11: 40-45
- Ross, H. 1986. Potato breeding - problems and perspectives. *Journal of Plant Breeding, Supplement* 13.
- Santala, J., Samuilova, O., Hannukkala, A., Latvala, S., Kortemaa, H., Beuch, U., Kvarnheden, A., Persson, P., Topp, K., Ørstad, K., Spetz, C., Nielsen, S.L., Kirk, H.G., Uth, J.G., Budziszewska, M., Wieczorek, P., Obrepalska-Stepłowska, A., Pospieszny, H., Kryszczuk, A., Sztangret-Wisniewska, J., Yin, Z., Chrzanoska, M., Zimnoch-Guzowska, E., Jackeviciene, E., Taluntytė, L., Pūpola, N., Mihailova, J., Lielma-
ne, I., Järvekūlg, L., Kotkas, K., Rogozina, E., Sozonov, A., Tikhonovich, I., Horn, P., Broer, I., Kuusiene, S., Staniulis, J., Adam, G. & Valkonen, J.P.T. 2010. Detection, distribution and control of Potato mop-top virus, a soil-borne virus, in northern Europe. *Annals of Applied Biology* 157:163-178.
- Valkonen, J.P.T. 2007. Potato viruses: economical losses and biotechnological potential. Pages 619-641 in: *Potato Biology and Biotechnology*. D. Vreugdenhil, J. Bradshaw, C. Gebhardt, F. Govers, D.K.L. MacKerron, M.A. Taylor & H.A. Ross (eds.). Elsevier (ISBN 978-0-444-51018-1).
- Valkonen, J.P.T., Jones, R.A.C., Slack, S.A., and Watanabe, K.N. 1996. Resistance specificities to viruses in potato: Standardization of nomenclature. *Plant Breeding* 115:433-438.
- Valkonen, J.P.T., Rokka, V.M., and Watanabe, K.N. 1998. Examination of the leaf-drop symptom of virus-infected potato using anther culture-derived haploids. *Phytopathology* 88:1073-1077.
- Valkonen, J.P.T., Wiegmann, K., Hämäläinen, J.H., Marczewski, W., and Watanabe, K.N. 2008. Evidence for utility of the same PCR-based markers for selection of extreme resistance to Potato virus Y controlled by Rysto of *Solanum stoloniferum* derived from different sources. *Annals of Applied Biology* 152:121-130.
- Wang, Q.C., and Valkonen, J.P.T. 2009. Cryotherapy of shoot tips: novel pathogen eradication method. *Trends in Plant Science* 14: 119-122.
- Wang, Q.C., Bart, P., Engelmann, F., Lambardi, M., and Valkonen, J.P.T. 2009. Cryotherapy of shoot tips: a technique for pathogen eradication to produce healthy planting material and for cryopreservation of healthy plant genetic resources. *Annals of Applied Biology* 154:351-363.
- Vidal, S., Cabrera, H., Andersson, R.A., Fredriksson, A. & Valkonen, J.P.T. 2002. Potato gene Y-1 is an N gene homolog that confers cell death upon infection with Potato virus Y. *Molecular Plant-Microbe Interactions* 15:717-727.
- Witek K., Strzelczyk-Zyta D., Hennig J., and Marczewski W. 2006. A multiplex PCR approach to simultaneously genotype potato towards the resistance alleles Ry-fst0 and Ns. *Molecular Breeding* 18: 273-275.
- Wittmann, S., Chatel, H., Fortin, M.G. and Laliberte, J.F. 1997. Interaction of the viral protein genome linked of Turnip mosaic potyvirus with the translation eukaryotic initiation factor (iso)4E of *Arabidopsis thaliana* using the yeast-two hybrid system. *Virology* 234:84-92.
- Vuorinen, A.L., Kelloniemi, J. & Valkonen, J.P.T. 2011. Why do viruses need phloem for systemic spread in plants? *Plant Science* 181:355-363.

Wittmann, S., Chatel, H., Fortin, M.G. and Laliberte, J.F. 1997. Interaction of the viral protein genome linked of Turnip mosaic potyvirus with the translation eukaryotic initiation factor (iso)4E of *Arabidopsis thaliana* using the yeast-two hybrid system. *Virology* 234:84–92.

Vuorinen, A.L., Kelloniemi, J. & Valkonen, J.P.T. 2011. Why do viruses need phloem for systemic spread in plants? *Plant Science* 181:355-363.

SESIÓN 2: Aplicación de la ciencia: desafíos y oportunidades

La protección de las variedades vegetales y la transferencia de tecnología

Sr. Peter Button,
Secretario General Adjunto de la UPOV

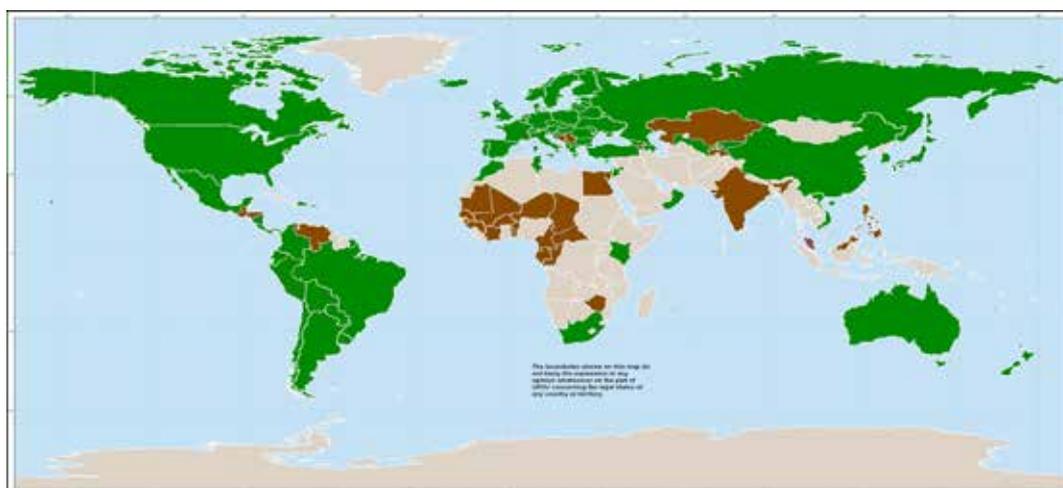
La finalidad de este seminario es ofrecer un panorama general de los resultados más recientes obtenidos en el ámbito de las ciencias vegetales y examinar cómo pueden aplicarse tales resultados al fitomejoramiento en el futuro. La ponencia se centrará en mostrar en qué modo la protección de las variedades vegetales apoya el proceso de fitomejoramiento y la función primordial que dicha protección desempeña en garantizar que los logros en ese proceso, esto es, las obtenciones vegetales, lleguen hasta los agricultores y los productores, lo cual constituye una forma fundamental de “transferencia de tecnología” en el ámbito de la agricultura.

La ponencia se basa en las conclusiones del reciente seminario de la UPOV, “La protección de las variedades vegetales y la transferencia de tecnología: Beneficios de la colaboración público-privada”, celebrado en Ginebra los días 11 y 12 de abril de 2011 (véase http://www.upov.int/meetings/es/details.jsp?meeting_id=22163). No obstante, antes de presentar tales resultados me gustaría presentar brevemente el marco de protección que la Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales (UPOV) proporciona a las variedades vegetales.

Sistema de la UPOV

Este seminario se ha organizado a fin de que coincida con el quincuagésimo aniversario del Convenio Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales, por el que se estableció la UPOV en 1961. Desde octubre de 2011, la UPOV cuenta con 70 miembros: 69 Estados y una organización intergubernamental internacional, la Unión Europea. En el mapa del gráfico 1 se muestran los territorios miembros de la UPOV, coloreados en verde, así como los Estados y las organizaciones que han iniciado el proceso de adhesión a la UPOV, coloreados en marrón. En el cuadro 1 se resume la situación de los miembros de la Unión y de los Estados y las organizaciones intergubernamentales que han mantenido contacto con la Oficina de la Unión para obtener asistencia en la elaboración de leyes basadas en el Convenio de la UPOV.

Gráfico 1



La UPOV tiene por misión: “Proporcionar y fomentar un sistema eficaz de protección de las obtenciones vegetales con miras al desarrollo de nuevas variedades vegetales en beneficio de la sociedad”. Las nuevas variedades son un medio crucial para proporcionar nuevas tecnologías a los agricultores y los productores y en última instancia, naturalmente, para beneficiar a los consumidores. Sin embargo, estas variedades no existirían sin el trabajo de los obtentores, como han explicado diversos oradores.

La importancia de las obtenciones vegetales

Es prácticamente imposible enumerar todas las ventajas que las obtenciones vegetales ofrecen a los agricultores, pero, entre otras, cabe enumerar las siguientes: mayor producción; resistencia a plagas y enfermedades; tolerancia al estrés (sequías, calor, etc.); mayor eficiencia en el uso de insumos; mayor facilidad de cosecha y calidad de los productos. Además, las obtenciones vegetales ofrecen a los agricultores diversas opciones que pueden mejorar su acceso a los mercados nacionales e internacionales (véase el gráfico 2).

Gráfico 2: Ventajas que las obtenciones vegetales ofrecen a los agricultores y los productores

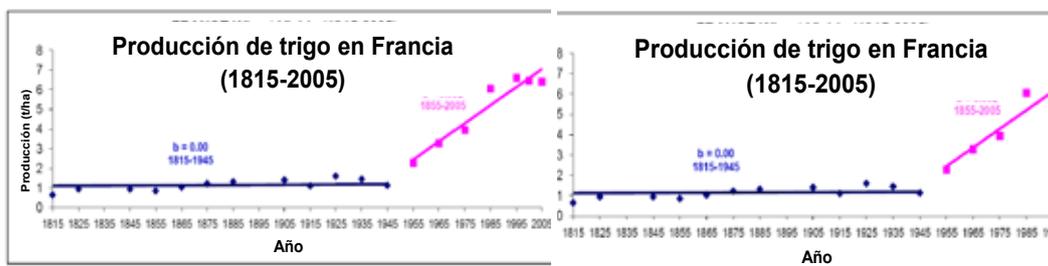


En el gráfico 3 se ilustra, por ejemplo, la evolución de la producción del trigo (Francia) y del maíz (Estados Unidos de América) desde los comienzos del actual proceso de fitomejoramiento, en que al menos el 50% se atribuye a la obtención vegetal.

Gráfico 3

Evolución de la producción del trigo en Francia

Evolución de la producción del trigo en Francia

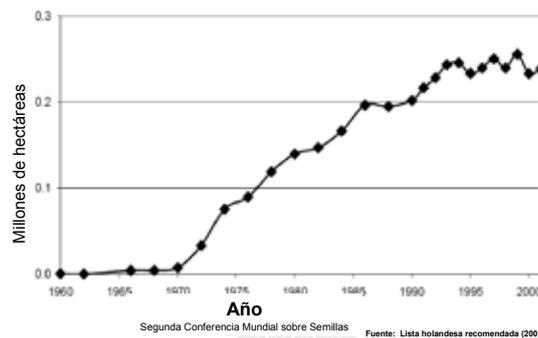


Bernard Le Buanec, Segunda Conferencia sobre Semillas (Roma, Septiembre de 2009) (véase www.worldseedconference.org/en/worldseedconference/home.html)

También es importante tener en cuenta cuáles son las ventajas más generales que aportan las obtenciones vegetales. En lo que respecta al cambio climático, existen ya ejemplos impresionantes que muestran cómo las obtenciones vegetales pueden afrontar distintos hábitats. El maíz, por ejemplo, no era, hasta 1970, un cultivo adaptado al clima de los Países Bajos (véase el gráfico 4). Gracias a los esfuerzos de los obtentores, los agricultores han podido cultivar nuevas variedades del maíz que crecen bien en los Países Bajos, al haberse adaptado a las condiciones climáticas específicas del país.

Gráfico 4: Adaptación climática del maíz

Adaptación del maíz al clima templado:
el caso de los Países Bajos



Bernard Le Buanec, Segunda Conferencia Mundial sobre Semillas (Roma, Septiembre de 2009) (véase <http://www.worldseedconference.org/en/worldseedconference/home.html>)

Los efectos del fitomejoramiento que se mencionan anteriormente son muy amplios en lo que al alcance se refiere, pero también es importante tener presente la diversidad de sus objetivos. Mucha gente tendrá en cuenta objetivos como el mayor rendimiento, la resistencia a enfermedades y plagas, etc., (véase el gráfico 5).

Gráfico 5: Resistencia a las enfermedades en el pimiento rojo



Roya de *Phytophthora* (enfermedad fúngica):

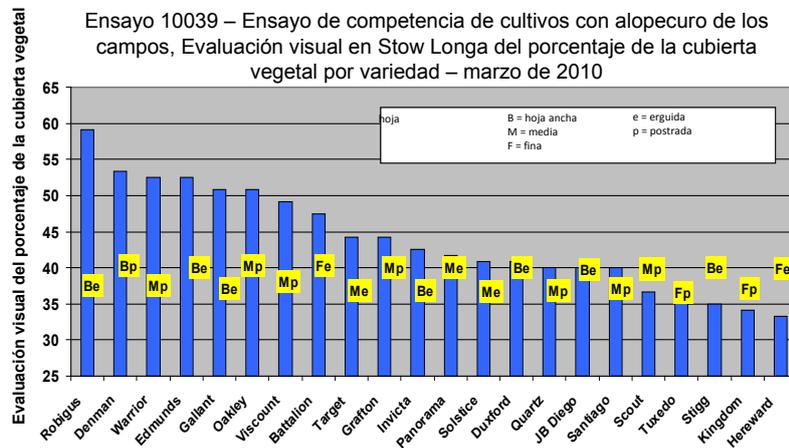
- Esquierda **Variedad resistente**
(Dok-Ya-Cheong-Cheong)
- Derecha **Variedad susceptible**

Chang Hyun Kim, Segunda Conferencia Mundial sobre Semillas (Roma, Septiembre de 2009) (véase www.worldseedconference.org/en/worldseedconference/home.html)

Sin embargo, las nuevas variedades pueden ofrecer otras muchas ventajas a los consumidores y a la sociedad en general. En el gráfico 6 se muestra la diversa variación de la capacidad de competencia de las diferentes variedades del trigo de invierno con el alopecuro de los campos, lo que tiene es-

pecial importancia en el control de las malas hierbas. Se trata tan solo de un ejemplo que ilustra la gran variedad de rasgos que pueden conferir las variedades, de los cuales algunos revisten enorme importancia para los agricultores, aunque no resulten evidentes para el público en general.

Gráfico 6: Trigo de invierno – Competencia de cultivos por variedad



Barry Barker: “Seminario sobre la protección de las variedades vegetales y la transferencia de tecnología: Beneficios de la colaboración público-privada” (Ginebra, 2011) (véase http://www.upov.int/meetings/es/details.jsp?meeting_id=22163)

La exportación de flores cortadas supone una importante fuente de ingresos en divisas para la economía de Kenia y una fuente de ingresos para el desarrollo de la economía rural. En el gráfico 7 se ofrece información sobre la exportación de plantas ornamentales de Kenia, que experimentó un rápido aumento entre 1987 y 2008, aumento que coincidió con el incremento del número de solicitudes de protección de variedades presentadas en Kenia, la mayoría de las cuales referidas a variedades de origen extranjero. La introducción de variedades extranjeras contribuyó al aumento de la competitividad de la industria de flores de Kenia en los mercados europeos. Tras la introducción en Kenia, en 1997, del sistema de protección de obtenciones vegetales, el volumen de las exportaciones aumentó aproximadamente de 40.000 toneladas a 120.000 toneladas, es decir que se triplicó. No obstante, el valor de tales exportaciones se octuplicó, pasando de aproximadamente 5.000 millones de chelines kenianos a 40.000 millones de chelines kenianos. El aumento de los ingresos de la exportación demuestra la importancia que reviste disponer de la variedad adecuada para tener éxito en el mercado así como la de la protección de las variedades vegetales y ser miembro UPOV para mejorar el acceso a tales obtenciones.

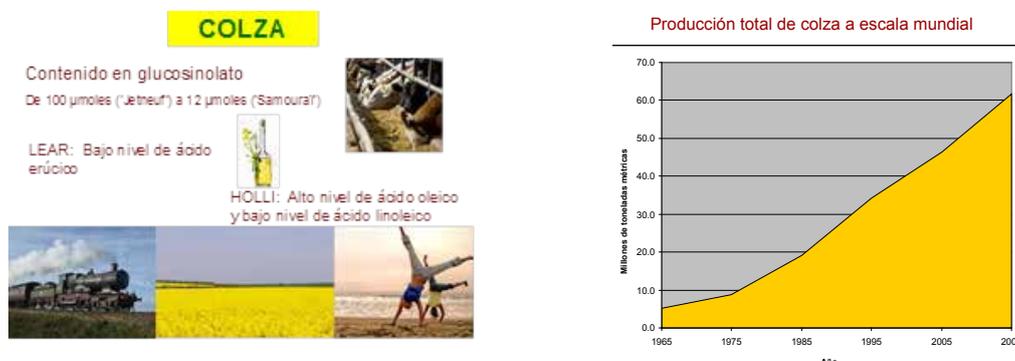
Gráfico 7: Exportación de flores cortadas de Kenia



Evans Sikinyi, Segunda Conferencia Mundial sobre Semillas (Roma, septiembre de 2009) (véase www.worldseedconference.org/en/worldseedconference/home.html)

La importancia y amplitud de la contribución de la obtención vegetal puede ilustrarse más a fondo mediante el ejemplo de la colza (véase el gráfico 8). Inicialmente, el único producto de utilidad que se extraía de la colza era el aceite, que se utilizaba como lubricante de motores de vapor. Hubo que esperar a que los obtentores empezasen a trabajar en este cultivo para que adquiriera mayor importancia para la agricultura. Lo primero que hicieron los obtentores fue reducir el contenido en glucosinolato de modo que pudiera utilizarse como alimentos para los animales. En la siguiente etapa, la obtención se destinó a reducir el contenido de ácido erúxico de modo que la semilla pudiera utilizarse como fuente de aceite apto para el consumo humano. Más recientemente, se siguen invirtiendo esfuerzos y los obtentores siguen trabajando en el desarrollo de variedades con un alto índice de ácido oleico y bajo en ácido linoleico, que aportan beneficios nutricionales a los consumidores. Con respecto a este cultivo en concreto se han ejemplificado los espectaculares avances que la obtención vegetal es capaz de producir, sin hacer referencia siquiera a las mejoras obtenidas en la producción y la agronomía, que se han ido desarrollando en paralelo. En este caso, el resultado ha sido un importante incremento en la producción de colza y, en consecuencia, en la diversificación de los sistemas de cultivo.

Gráfico 8: Avances en el fitomejoramiento de la colza



Yves Lespinasse, "Seminario sobre la protección de las variedades vegetales y la transferencia de tecnología: Beneficios de la colaboración público-privada" (Ginebra, 2011) (véase http://www.upov.int/meetings/es/details.jsp?meeting_id=22163)

La obtención vegetal proporciona ventajas a los agricultores mediante variedades nuevas y mejoradas, que a su vez proporcionan beneficios a los consumidores y a la sociedad en general. Ejemplos de tales ventajas son la reducción del costo de alimentos de alta calidad; uso eficiente de la tierra; diversidad de productos derivados de las plantas, etcétera (gráfico 9). En resumen, los obtentores ofrecen ventajas y añaden valor mediante la cadena agrícola de producción.

Gráfico 9: Ventajas que las obtenciones vegetales ofrecen a la sociedad

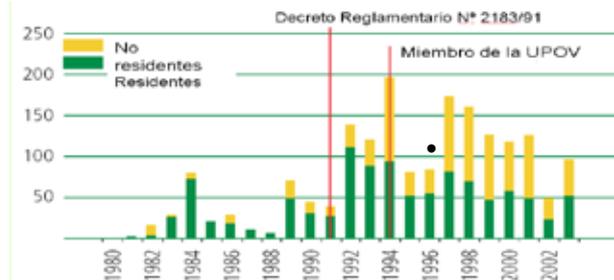


Ventajas que ofrece la protección de las obtenciones vegetales y la adhesión a la UPOV

La obtención vegetal es un proceso largo y caro. No obstante, finalizado dicho proceso, las nuevas variedades vegetales pueden reproducirse con mucha facilidad y rapidez. Por ello, es necesario que exista un sistema de protección que posibilite a los obtentores recuperar su inversión. Uno de los aspectos destacables del Informe de la UPOV sobre la incidencia de la protección de las obtenciones vegetales (“Estudio sobre impacto”, véase www.upov.int) es el análisis del modo en que la protección de las obtenciones vegetales incentiva el fitomejoramiento y a los obtentores. En dicho estudio se muestra el papel que cumple la protección de las obtenciones vegetales en el aumento de la diversidad de los obtentores, especialmente en el sector privado, aunque también con respecto al sector público, en el que se alienta a los investigadores a que centren sus investigaciones en variedades más adaptadas. En general, en el “Estudio sobre impacto” se observa un incremento general en la actividad de fitomejoramiento como consecuencia de la introducción del sistema de la UPOV para la protección de las obtenciones vegetales.

En el gráfico 10 se ofrecen datos sobre los avances logrados en Argentina tras el establecimiento de un sistema eficaz de protección de las variedades vegetales y la adhesión a la UPOV. En 1991 se constituyó el Instituto Nacional de Semillas (INASE) y se enmendó el sistema de protección de las obtenciones vegetales a fin de armonizarlo con el Acta de 1978 del Convenio de la UPOV, salvo en determinados aspectos de las solicitudes extranjeras. Junto a tales avances se produjo además un notable aumento del número de títulos concedidos a obtentores nacionales. En 1994, el sistema de protección de las obtenciones vegetales de Argentina pasó a ser enteramente compatible con el Acta de 1978 del Convenio de la UPOV y se adhirió a dicho Convenio. El número de títulos concedidos a no residentes aumentó juntamente a tales avances.

Gráfico 10: Argentina: Número de títulos concedidos



Fuente: “Estudio sobre impacto”

En los gráficos 11 a 16 se ofrecen datos de China y de la República de Corea sobre cómo el sistema de la UPOV y ser miembro de la UPOV incentiva la obtención vegetal y la disponibilidad de nuevas variedades vegetales tanto del sector público como del privado. También se informa de que se está incentivando el fitomejoramiento en el sector público como consecuencia del aumento de beneficios procedentes de la protección de las obtenciones vegetales: no sólo hay crecimiento en el fitomejoramiento en el marco del sector privado, sino también en el del sector público.

Gráfico 11: República de Corea: inversión en el fitomejoramiento de la col china



Gráfico 12: China: Número de solicitudes por categorías de

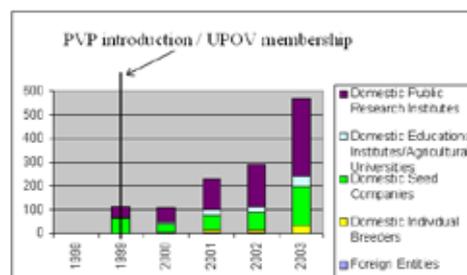
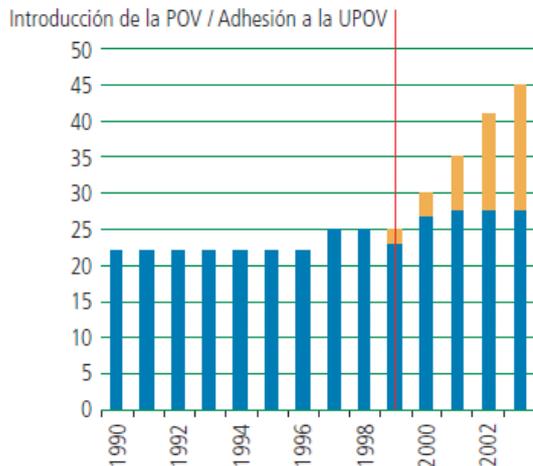
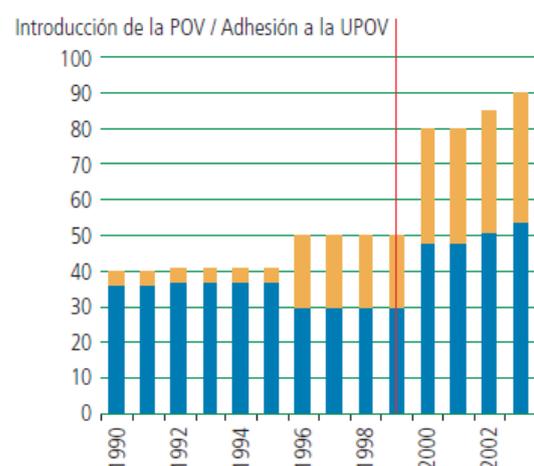
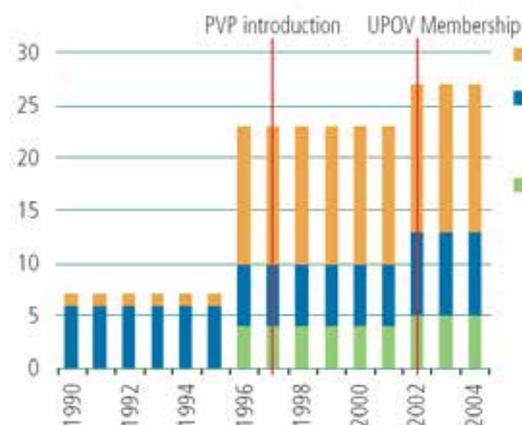
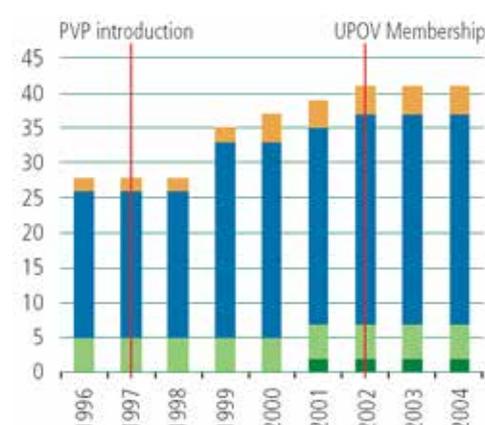


Gráfico 13: China: Número de obtentores en la provincia de Henan (maíz)

■ Resto de obtentores
■ Número de obtentores del Instituto Provincial de Investigación

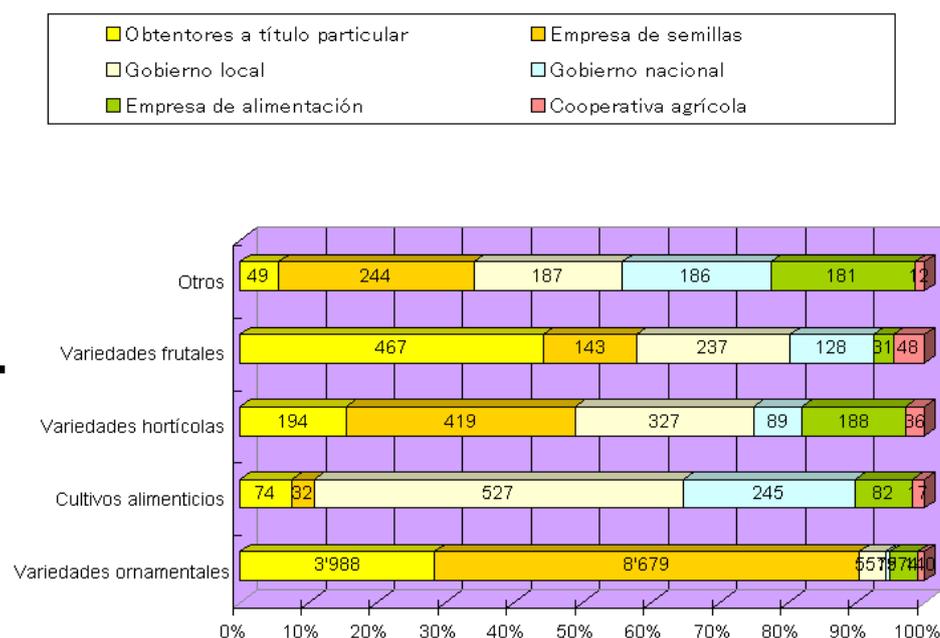
Gráfico 14: China: Número de obtentores en la provincia de Henan (trigo)**Gráfico 15: República de Corea: Número de obtentores del rosal**

■ Empresas
■ Centros públicos de investigación
■ Obtentores a título particular
■ Investigadores en el marco de la Universidad

Gráfico 16: República de Corea: Número de obtentores del arroz

Fuente: "Estudio sobre impacto"

El análisis con respecto a Japón (gráfico 17) muestra la diversidad de obtentores que desarrollan nuevas variedades vegetales cuando está en vigor el sistema de protección de obtenciones vegetales de la UPOV, lo cual indica la importancia de dicho sistema para los diferentes tipos de obtentor que ejercen su actividad en el sector privado, el sector público y en asociaciones público-privadas.

Gráfico 17: Japón : Número y proporción de variedades protegidas en función de los tipos de obtentores

Puede ser útil recordar algunos de los principales aspectos del Convenio de la UPOV y explicar cómo son aplicables a diferentes tipos de obtentores, en particular en lo que respecta a los derechos y las excepciones de los obtentores. En el artículo del Acta de 1991 del Convenio de la UPOV sobre el derecho de obtentor (gráfico 18) se exponen los derechos que tiene un obtentor sobre el material de reproducción o de multiplicación de una variedad protegida. El obtentor tiene la opción de decidir quién tiene autorización para cultivar la variedad y en qué condiciones. Se trata de un aspecto importante que deben considerar los obtentores tanto del sector público como del privado.

Gráfico 18: Acta de 1991 del Convenio de la UPOV

Artículo 14 Alcance del derecho de obtentor

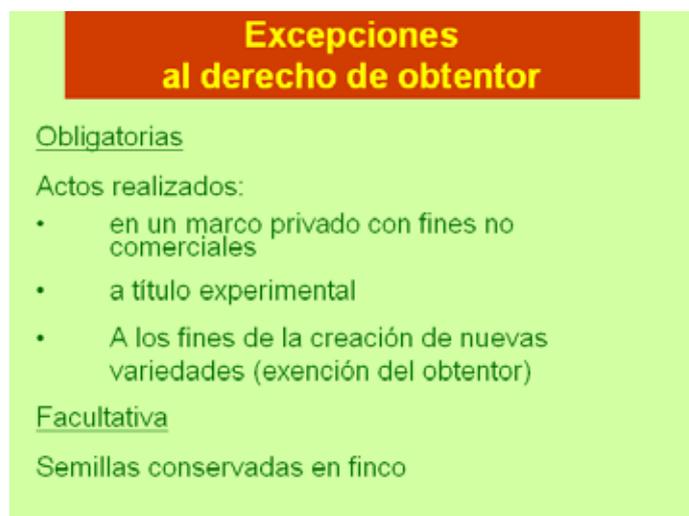
1) [Actos respecto del material de reproducción o de multiplicación] a) A reserva de lo dispuesto en los artículos 15 y 16, se requerirá la autorización del obtentor para los actos siguientes realizados respecto de material de reproducción o de multiplicación de la variedad protegida:

- i) la producción o la reproducción (multiplicación),
- ii) la preparación a los fines de la reproducción o de la multiplicación,
- iii) la oferta en venta,
- iv) la venta o cualquier otra forma de comercialización,
- v) la exportación,
- vi) la importación,
- vii) la posesión para cualquiera de los fines mencionados en los puntos i) a vi), supra.

b) El obtentor podrá subordinar su autorización a condiciones y a limitaciones.

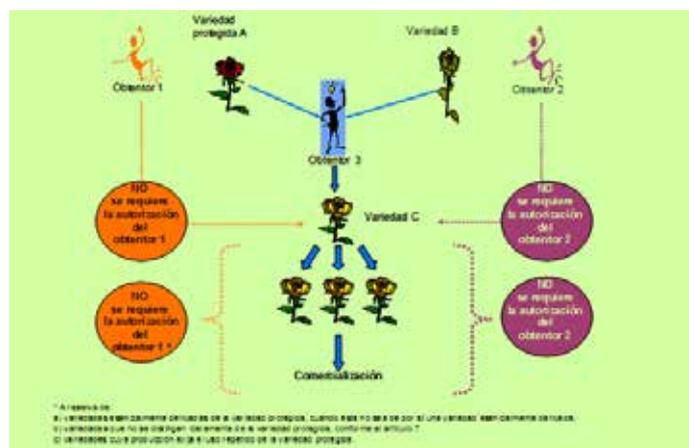
También es importante recordar que en el Convenio de la UPOV se establecen excepciones al derecho de obtentor, algunas de las cuales son obligatorias y una es facultativa (véase el gráfico 19).

Gráfico 19: Resumen de las excepciones al derecho de obtentor en virtud del Acta del 1991 del Convenio de la UPOV



En primer lugar, en lo que respecta a las excepciones, uno de los aspectos principales del sistema de la UPOV es la “exención del obtentor”, que es una excepción obligatoria (véase el gráfico 20). En el artículo 15.1)iii) del Acta de 1991 se establece que el derecho de obtentor no se aplicará “a los actos realizados a los fines de la creación de nuevas variedades así como, a menos que las disposiciones del artículo 14.5) sean aplicables, a los actos mencionados en el artículo 14.1) a 4) realizados con tales variedades”. Se trata de un elemento fundamental del sistema de la UPOV de protección de las obtenciones vegetales conocido como la “exención del obtentor”, según la cual no existen restricciones al uso de variedades protegidas a los fines de la creación de nuevas variedades vegetales. En la segunda parte del artículo 15)1)iii) “así como, a menos que las disposiciones del artículo 14.5) sean aplicables, a los actos mencionados en el artículo 14.1) a 4) realizados con tales variedades.”, se aclara que, salvo en el caso de las variedades incluidas en el artículo 14.5) (esto es, las variedades esencialmente derivadas; las variedades que no se distinguen claramente de la variedad protegida y las variedades para cuya producción se necesite el uso repetido de la variedad protegida), no es necesaria la autorización del titular de la variedad protegida para crear esas nuevas variedades a efectos de la comercialización de las nuevas variedades obtenidas.

Gráfico 20: Ilustración de la exención del obtentor



El resumen que figura en el gráfico 21 representa el modo en que las nuevas variedades constituyen un medio de transferir tecnología a la base de la cadena de producción y cómo la exención del obtentor vuelve a situar la transferencia de tecnología en la cúspide de la cadena, al permitir que otros obtentores utilicen las nuevas variedades.

Gráfico 21: La exención del obtentor facilita la transferencia de tecnología a los obtentores



El objetivo del sistema de la UPOV es fomentar la creación de nuevas variedades vegetales, de las cuales los primeros beneficiarios son los agricultores y los productores. El Convenio de la UPOV establece además determinadas excepciones para los agricultores y los productores. En virtud del Acta de 1991 del Convenio de la UPOV, los actos ejecutados en privado y sin fines comerciales no entran en el ámbito del derecho de obtentor. Así, en los casos en que la “agricultura de subsistencia” atañe a la reproducción o la multiplicación de una variedad por un agricultor con el fin exclusivo de producir un cultivo alimentario para su propio consumo y el de las personas a su cargo que viven en la misma explotación, los miembros de la UPOV podrán considerar que dicha agricultura queda fuera del alcance del derecho de obtentor (véase el gráfico 22).

Gráfico 22: Excepciones al derecho de obtentor

• **Excepción obligatoria**

(i) **actos realizados en un marco privado con fines no comerciales**

A la reproducción o la multiplicación de una variedad por un agricultor con el fin **exclusivo** de producir **un cultivo alimentario para su propio consumo y el de las personas a su cargo que viven en la misma explotación**, en consecuencia, los miembros de la UPOV podrán considerar que actividades como la **“agricultura de subsistencia”**, si constituyen actos realizados en un marco privado con fines no comerciales, quedan fuera del alcance del derecho de obtentor.

Actos que puedan quedar comprendidos en el alcance de la excepción

En lo que respecta a la excepción facultativa en relación con las semillas conservadas en finca, el Acta de 1991 del Convenio de la UPOV establece que los miembros de la UPOV permitirán a los agricultores utilizar, a los fines de reproducción o de multiplicación, en su propia explotación, el producto de la cosecha que hayan obtenido en el cultivo, en su propia explotación, de la variedad protegida, dentro de unos límites razonables y a reserva de la salvaguardia de los intereses legítimos del obtentor. Mediante la inclusión de la excepción facultativa en el Acta de 1991 del Convenio de la UPOV se reconoce que, respecto de algunos cultivos, ya existía entre los agricultores la práctica de conservar el material cosechado para su posterior reproducción o multiplicación, y esta disposición permite a todos los miembros de la Unión tener en cuenta dicha práctica y analizar caso por caso las cuestiones propias de cada cultivo a la hora de otorgar protección a las distintas variedades vegetales. La utilización de

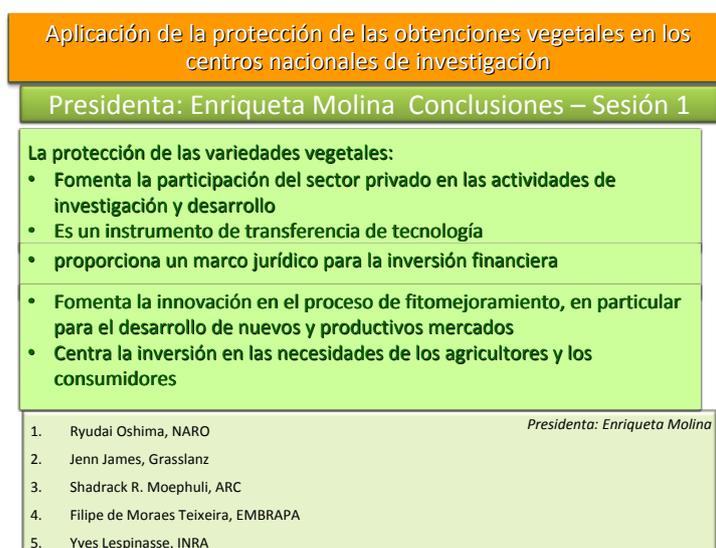
la frase “dentro de unos límites razonables y a reserva de la salvaguardia de los intereses legítimos del obtentor” guarda coherencia con el hecho de que si se aplica la excepción facultativa, ello deberá hacerse sin menoscabar los incentivos previstos en el Convenio de la UPOV para que los obtentores desarrollen nuevas variedades, ya que ello redundaría también negativamente en los beneficios de los agricultores, los productores y la sociedad en general.

Suministro de obtenciones vegetales a los agricultores y los productores

En lo que respecta a la transferencia de tecnología, es importante tener en cuenta que se necesita un considerable volumen de recursos para suministrar las variedades a los agricultores, los productores y los consumidores. En las conclusiones del reciente seminario de la UPOV titulado “La protección de las variedades vegetales y la transferencia de tecnología: Beneficios de la colaboración público-privada”, (véase www.upov.int) se destacan algunos aspectos en ese sentido.

En la primera sesión del seminario, diversos centros nacionales de investigación ofrecieron ponencias sobre la aplicación del sistema de protección de variedades vegetales. Una de las principales conclusiones fue que la protección de las obtenciones vegetales es un instrumento para la transferencia de tecnología que fomenta la participación del sector privado en las actividades de investigación y desarrollo. Es decir que fomenta la participación del sector privado en las primeras etapas de la obtención vegetal y contribuye a garantizar que tales investigaciones y obtención vegetal se centren en satisfacer las necesidades de los agricultores y los productores. A ese respecto, cabe constatar la importancia que reviste la existencia del marco jurídico de inversión financiera que proporciona el sistema de protección de las obtenciones vegetales (véase el gráfico 23).

Gráfico 23: Aplicación de la protección de las obtenciones vegetales en los centros nacionales de investigación



“Seminario sobre la protección de las variedades vegetales y la transferencia de tecnología: Beneficios de la colaboración público-privada” (Ginebra, 2011) (véase http://www.upov.int/meetings/es/details.jsp?meeting_id=22163)

Los gráficos 24 y 25 contienen datos facilitados por el Sr. Felipe de Moraes Teixeira, de la Empresa Brasileña de Investigación Agropecuaria (EMBRAPA) (Brasil), mediante los que se ilustra el valor que la protección de las obtenciones vegetales ofrece a su investigación. Cada dólar estadounidense que se invierte en investigación en EMBRAPA genera a la empresa una rentabilidad media de dicha inversión de 6,5 dólares estadounidenses.

Gráfico 24: Rentabilidad de la inversión en investigación que reporta el sistema de protección de las obtenciones vegetales (EMBRAPA)

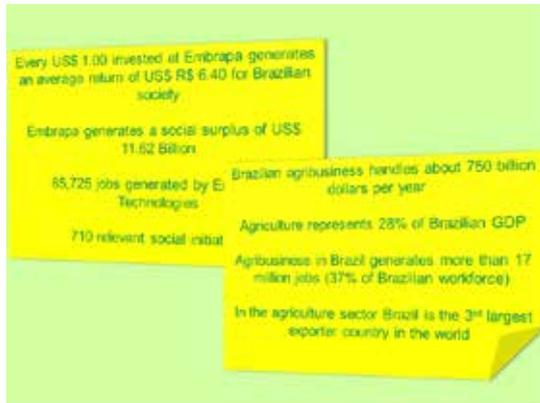


Gráfico 25: Sistema de protección de las obtenciones vegetales e incremento de la productividad en Brasil



Sr. Felipe de Moraes Teixeira, Empresa Brasileña de Investigación Agropecuaria (EMBRAPA) (Brasil): “Seminario sobre la protección de las variedades vegetales y la transferencia de tecnología: Beneficios de la colaboración público-privada” (Ginebra, 2011) (véase http://www.upov.int/meetings/es/details.jsp?meeting_id=22163)

En una importante sesión del seminario de la UPOV se atendió a la función del sector privado en sus relaciones con el sector público: se extrajo la conclusión de que el sector privado facilita un medio efectivo de suministro de variedades a los agricultores. A ese respecto, el sector privado puede ser un socio muy importante para los obtentores del sector público en el suministro de semillas a los agricultores. Además, el sector privado transmite a los obtentores la opinión de los agricultores. En el seminario se concluyó además que el sector privado desempeña un papel fundamental en la evaluación del potencial comercial de las variedades y en vincular a los agricultores con los investigadores del sector público. Por otra parte, se habló del sistema de protección de las obtenciones vegetales como de un importante medio en el establecimiento de asociaciones estratégicas y en la coordinación de la transferencia de tecnología en el contexto de las asociaciones entre el sector público y el privado (véase el gráfico 26).

Gráfico 26: Función del sector privado en la transferencia de tecnología

Transferencia de tecnología por el sector privado	
Presidente: Kitisri Sukhapinda Conclusiones – Sesión 2	
Sector privado:	
<ul style="list-style-type: none"> • Un medio eficaz de suministrar variedades a los agricultores • Evaluación del potencial comercial de las variedades • Vínculos entre la investigación pública y las necesidades de los agricultores • Facilita un canal de ingresos para la investigación en el sector público • Facilita asociaciones estratégicas y transferencia de tecnología coordinada 	
1. Willi Wicki, DSP	Presidente: Kitisri Sukhapinda
2. Barry Barker, Masstock Arable	
3. Diego Rizzo, URUPOV	
4. Evans Sikinyi, KY	

“Seminario sobre la protección de las variedades vegetales y la transferencia de tecnología: Beneficios de la colaboración público-privada” (Ginebra, 2011) (véase http://www.upov.int/meetings/es/details.jsp?meeting_id=22163)

En el gráfico 27 se resume la información presentada en el seminario por el Sr. Wicki, DSP SA (Suiza), quien identificó tres etapas en la obtención de la variedad del trigo y en el suministro de semillas a los agricultores: primera: desarrollo de nuevas variedades (obtención vegetal); segundo: evaluación de las variedades; y tercero: producción de semillas y suministro a los agricultores. En Suiza, en el marco del acuerdo de DSP con Agroscope, el sector público participa en la obtención de nuevas variedades y, en cierta medida, en la evaluación final de tales variedades. Sin embargo, se apoya en las empresas del sector privado y con fines comerciales, DSP, para ayudar a evaluar las variedades y suministrar semillas de alta calidad a los agricultores.

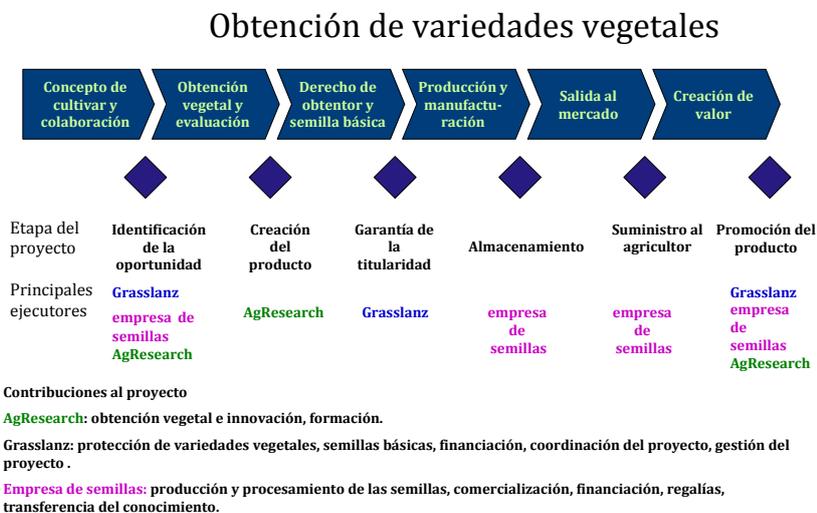
Gráfico 27: Financiación público-privada del programa suizo de fitomejoramiento del trigo



Sr. Wicki, DSP SA (Suiza) "Seminario sobre la protección de las variedades vegetales y la transferencia de tecnología: Beneficios de la colaboración público-privada" (Ginebra, 2011) (véase http://www.upov.int/meetings/es/details.jsp?meeting_id=22163)

En el gráfico 28 se muestra una situación similar en lo que respecta a la obtención de variedades herbáceas, presentada por la Sra. Jenn James, de Grasslanz Technology, en la que de nuevo se señalan las diferentes etapas del proceso, desde el concepto de variedad (cultivar), pasando por la obtención vegetal, la evaluación, salida al mercado y, finalmente, la creación de valor. Los asociados del sector público y privado participan desde las primeras etapas del proceso. En este caso, la obtención vegetal fue emprendida por AgResearch, del sector privado y, posteriormente, las variedades pasaron a manos de Grasslanz Technology y a empresas de semillas para almacenar las variedades y suministrar semillas de alta calidad a los agricultores.

Gráfico 28: Obtención de variedades vegetales (Grasslanz)



Sra. Jenn James, Grasslanz Technology (Nueva Zelanda), "Seminario sobre la protección de las variedades vegetales y la transferencia de tecnología: Beneficios de la colaboración público-privada" (Ginebra, 2011) (véase http://www.upov.int/meetings/es/details.jsp?meeting_id=22163)

En las ponencias que los centros públicos de investigación presentaron en el seminario de la UPOV se explica por qué la protección de las variedades vegetales es importante para ellos y cómo se sirven del sector privado para encontrar apoyo a sus actividades. En la tercera sesión de dicho seminario se presentó un panorama de los centros internacionales de investigación sobre la protección de la propiedad intelectual. El Sr. Lloyd Le Page, Director Ejecutivo, Grupo Consultivo para la Investigación Agrícola Internacional (CGIAR), explicó que la protección de las variedades vegetales constituye un mecanismo que facilita el suministro de las variedades a los agricultores, y señaló que el libre acceso no garantiza una amplia difusión o uso de las semillas. Una de las conclusiones que se extrajo en la sesión es que la protección de las variedades vegetales incentiva frecuentemente a las pequeñas y medianas empresas locales a que se conviertan en distribuidores de semillas y obtengan así provecho de los derechos de P.I. Se recordó asimismo que la exención del obtentor ofrece un mecanismo para facilitar el acceso al germoplasma a los fines de la obtención vegetal. Por último, se señaló que el sistema de protección de las variedades vegetales guarda conformidad con el Tratado Internacional sobre los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura (ITPGRFA) y el Acuerdo de transferencia de material (SMTA) (véase el gráfico 29).

Gráfico 29: Los centros internacionales de investigación y el sistema de protección de las obtenciones vegetales

Centros internacionales de investigación	
Presidente: David Boreham Conclusiones – Sesión 3	
<ul style="list-style-type: none"> El sistema de protección de las obtenciones vegetales ofrece un mecanismo para facilitar el suministro de variedades a los agricultores: el libre acceso no garantiza una distribución o utilización amplias  El sistema de protección de las obtenciones vegetales ofrece un sistema para incrementar la disponibilidad de variedades adaptadas a las necesidades de los agricultores El sistema de protección de las obtenciones vegetales ofrece incentivos a las Pymes, en particular a los obtentores y suministradores de semillas locales  La exención del obtentor ofrece un mecanismo para facilitar el acceso al germoplasma La aplicación de la protección de las obtenciones vegetales es compatible con el ITPGRFA y el SMTA 	
<ol style="list-style-type: none"> Lloyd Le Page, CGIAR Ruaraidh Sackville Hamilton, IIRI Ian Barker, Syngenta 	Chair: David Boreham

“Seminario sobre la protección de las variedades vegetales y la transferencia de tecnología: Beneficios de la colaboración público-privada” (Ginebra, 2011) (véase http://www.upov.int/meetings/es/details.jsp?meeting_id=22163)

Conclusión

Los resultados del seminario muestran la importancia de la protección de las obtenciones vegetales para fomentar la obtención de nuevas variedades que respondan a las necesidades de los agricultores, los productores y los consumidores y fomentar asimismo la inversión en el suministro de tales variedades a los agricultores y los productores. Además, en el seminario se constató que el sistema de la UPOV de protección de las obtenciones vegetales tiene una importante función para el sector privado, el sector público y las asociaciones público-privadas

Unión internacional para la protección de las obtenciones vegetales (UPOV) a 21 de octubre de 2011

I. Miembros de la UPOV

Albania ³	Canadá ²	ex República Yugoslava de Macedonia ³	Jordania ³	Panamá ²	Sudáfrica ²
Alemania ³	Chile ²		Kenya ²	Paraguay ²	Suecia ³
Argentina ²	China ²	Federación de Rusia ³	Kirguistán ³	Perú ³	Suiza ³
Australia ³	Colombia ²	Finlandia ³	Letonia ³	Polonia ³	Trinidad y Tabago ²
Austria ³	Costa Rica ³	Francia ²	Lituania ³	Portugal ²	Túnez ³
Azerbaiyán ³	Croacia ³	Georgia ³	Marruecos ³	Reino Unido ³	Turquía ³
Belarús ³	Dinamarca ³	Hungría ³	México ²	República Checa ³	Ucrania ³
Bélgica ¹	Ecuador ²	Irlanda ²	Nicaragua ²	República de Corea ³	Unión Europea ^{3,4}
Bolivia	Eslovaquia ³	Islandia ³	Noruega ²	República de Moldova ³	Uruguay ²
(Estado plurinacional de) ²	Eslovenia ³	Israel ³	Nueva Zelandia ²	República Dominicana ³	Uzbekistán ³
Brasil ²	España ³	Italia ²	Omán ³	Rumania ³	Viet Nam ³
Bulgaria ³	Estados Unidos de América ³	Japón ³	Países Bajos ³	Singapur ³	Viet Nam ³

(Total 70)

- 1 El Acta adicional de 1972 que modificó el Convenio de 1961 es la última Acta por la que hoy un Estado está vinculado.
- 2 El Acta de 1978 es la última Acta por la que hoy 22 Estados están vinculados.
- 3 El Acta de 1991 es la última Acta por la que hoy 47 Estados y una organización están vinculados.
- 4 Aplica un sistema comunitario (supranacional) de protección de las obtenciones vegetales que cubre el territorio de sus 27 miembros.

II. Estados y organizaciones intergubernamentales que han iniciado el procedimiento de adhesión al Convenio de la UPOV

Estados (15):

Organización Africana de la Propiedad Intelectual (OAPI)

Estados miembros de la OAPI (16): Benin, Burkina Faso, Camerún, Chad, Congo, Côte d'Ivoire, Gabón, Guinea, Guinea Bissau, Guinea Ecuatorial, Malí, Mauritania, Níger, República Centroafricana, Senegal, Togo).

Organización (1):

Organización Regional Africana de la Propiedad Intelectual (ARIPO)

(Estados miembros de la ARIPO (18): Botswana, Gambia, Ghana, Kenya, Lesotho, Liberia, Malawi, Mozambique, Namibia, República Unida de Tanzania, Rwanda, Sierra Leona, Somalia, Sudán, Swazilandia, Uganda, Zambia, Zimbabwe)

Comunidad de África Meridional para el Desarrollo (SADC)

(Estados miembros de la SADC (15): Angola, Botswana, Lesotho, Madagascar, Malawi, Mauricio, Mozambique, Namibia, República Democrática del Congo, República Unida de Tanzania, Seychelles, Sudáfrica, Swazilandia, Zambia, Zimbabwe).

III. Estados y organizaciones intergubernamentales que se han puesto en contacto con la Oficina de la Unión para solicitar asistencia en la elaboración de leyes basadas en el Convenio de la UPOV

Estados (21):

Argelia, Arabia Saudí, Bahrein, Barbados, Camboya, Cuba, Chipre, El Salvador, Ghana, Indonesia, Iraq, Libia, Pakistán, República Islámica del Irán, República Democrática Popular Lao, República Unida de Tanzania, Sudán, Tailandia, Tonga, Turkmenistán, y Zambia.

Organizaciones (2):

Organisation africaine de la propriété intellectuelle (ARIPO)

Organización Regional Africana de la Propiedad Intelectual (ARIPO)

(Estados miembros de la ARIPO (18): Botswana, Gambia, Ghana, Kenya, Lesotho, Liberia, Malawi, Mozambique, Namibia, República Unida de Tanzania, Rwanda, Sierra Leona, Somalia, Sudán, Swazilandia, Uganda, Zambia, Zimbabwe)

Comunidad de África Meridional para el Desarrollo (SADC)

(Estados miembros de la SADC (15): Angola, Botswana, Lesotho, Madagascar, Malawi, Mauricio, Mozambique, Namibia, República Democrática del Congo, República Unida de Tanzania, Seychelles, Sudáfrica, Swazilandia, Zambia, Zimbabwe).

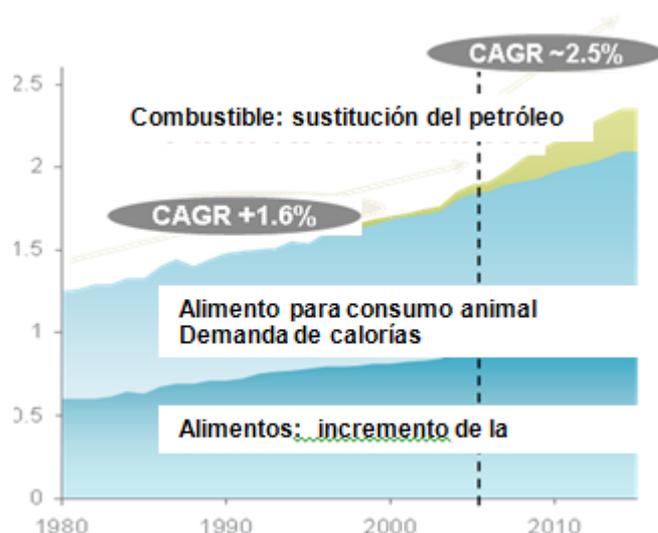
Características de las variedades para el futuro

Sr. David Nevill,
Jefe de I+D sobre Cereales, Syngenta International AG

El mundo afronta retos de enormes proporciones y sin precedentes, como el cambio climático y el incremento de la población. Para mejorar la capacidad de nuestros agricultores de producir alimentos y satisfacer la demanda de alimentos para consumo humano y animal, de fibras y combustibles, al tiempo que se protegen los preciosos recursos naturales, es más necesario que nunca mejorar el uso de los recursos y disponer de nuevas herramientas y tecnologías modernas (gráfico 1).

Empresas como Syngenta invierten en investigación y desarrollo para llevar adelante innovaciones que impulsen la productividad agrícola de largo plazo, el desarrollo rural y la sostenibilidad medioambiental. Creemos que dichas necesidades de innovación deben fomentarse, apoyarse y protegerse. Y también que compartiendo el conocimiento que generamos potenciamos la innovación.

Gráfico 1: demanda agraria en toneladas métricas de grano



Hasta la fecha, los avances en la mejora del rendimiento de las variedades se han producido mediante la combinación de una serie de factores, entre otros:

- El excelente conocimiento agrónomo de los obtentores sobre cómo seleccionar progenitores y progenie adaptados a las grandes necesidades de los productores y los consumidores.
- La comprensión de los límites esenciales de la producción en los planos de la arquitectura vegetal y la resistencia al estrés (especialmente resistencia a enfermedades y a insectos).
- La comprensión de la adaptación de las variedades a las zonas agroclimáticas para producir el intercambio de germoplasma y ampliar la explotación de las ventajas genéticas.
- El desarrollo de sistemas heteróticos en diversos cultivos para explotar la homogeneidad, la robustez y el vigor de los híbridos F1.
- Los planteamientos de la modificación genética para producir caracteres agronómicos que no estén disponibles directamente en el patrimonio genético.
- La aplicación práctica de técnicas de cultivo de tejidos para permitir cruzamientos más amplios y acelerar la fijación de líneas.
- El uso limitado de marcadores (en los niveles de ADN y fisiológico) para tratar de superar la selección fenotípica.

Pero es necesario algo más. Para producir “más con menos” a fin de afrontar los retos de la producción mundial es necesario transformar a fondo el paradigma tradicional de la mejora gradual de variedades e invertir significativamente en la biotecnología vegetal moderna y en las avanzadas técnicas de fitomejoramiento. El fitomejoramiento del futuro requerirá nuevos planteamientos en lo que respecta a la tecnología y a la gestión del conocimiento, como, por ejemplo:

- Genómica, secuenciación de ADN y tecnologías de muy alto rendimiento para posibilitar una comprensión más profunda de la fitogenética y su manipulación.
- Mayor capacidad para evaluar el fenotipo y el medio ambiente mediante métodos precisos y automatizados, además de la capacidad de integrar tales datos con los conocimientos básicos de la genética.
- Nuevas capacidades de colaboración en redes de conocimiento para incentivar, integrar y desarrollar nuevas ideas en productos prácticos.

Tales avances en los conocimientos técnicos, la integración de datos y las redes de intercambio de ideas posibilitan que, en el ámbito del fitomejoramiento, se explote amplia y profundamente el potencial del germoplasma mediante nuevas vías a fin de obtener mayores beneficios genéticos tanto en la producción como en la calidad y una mayor adaptabilidad.

De cara a los próximos veinte años, los caracteres del futuro deben proporcionar soluciones a los siguientes desafíos:

- Resistencias adaptadas y duraderas a factores de estrés biótico, como enfermedades e insectos. La continúa batalla evolutiva entre patógenos y huéspedes se mantendrá y se profundizará junto con la intensificación de la producción agrícola. Será necesario utilizar conjuntamente las herramientas de la fitogenética, la protección química de los cultivos y la agronomía para mantener el equilibrio favorable a una producción eficiente de las cosechas.
- Estrés abiótico, en particular debido al cambio climático, se convertirá en un problema cada vez más arduo, no solamente en lo que respecta a factores concretos como el estrés térmico e hídrico, sino también debido a la variabilidad y la imprevisibilidad de las condiciones reinantes. Tales problemas resultarán especialmente complicados para los obtentores, que requerirán la solidez de la interacción genotipo x ambiente.
- Satisfacer las expectativas sociales y gubernamentales en materia de biocarburantes, y ello de un modo que no comprometa la demanda de alimento para consumo humano y animal.
- Proporcionar pequeños placeres en las grandes urbes del mundo en expansión, por ejemplo mediante flores que colorean el inhóspito entorno urbano así como frutas y verduras que tengan sabor y aroma, a pesar de las largas cadenas de suministro, o cebada que aporte alcohol y aroma a la cerveza y al whisky.
- A medida que crece la población mundial –crecimiento del número de habitantes y de su riqueza–, debemos satisfacer la demanda indirecta a través de la alimentación para consumo animal para suministrar un mayor volumen de proteínas de origen animal en la dieta y satisfacer las necesidades directas de alimento para consumo humano.

Este cambio cualitativo en el consumo de alimentos significa que, en el año 2050, una población de 9.000 millones de personas demandará unos niveles de producción de cultivos similares a una población de 12.000 millones de personas con los actuales hábitos alimenticios (la población actual es de unos 7.000 millones de personas). Las capacidades del fitomejoramiento se llevarán al límite a fin de satisfacer estas demandas de producción, exacerbadas por los factores mencionados anteriormente. Serán necesarias dos dimensiones de integración para resolver dichos problemas. En primer lugar, los conocimientos técnicos en agronomía deben conducir a la optimización de la genética y de la protección química de los cultivos en sistemas prácticos impulsados por los productores. En segundo lugar, debemos crear y evaluar una exhaustiva y sólida base de conocimientos técnicos centrada en los cultivos y los agricultores a partir de la complementariedad y la sinergia de asociaciones público-privadas. Syngenta dispone de una amplia gama de productos y capacidades para participar en este entorno de colaboración y aspiramos a contribuir a facilitar soluciones sostenibles a la producción agrícola.

Estrategías para cultivos hortícolas y extensivos en África Oriental

**Sr. Yashwant Bhargava,
Jefe de I&D, East African Seed Company Ltd.**

África Oriental es la región situada al extremo oriental del continente africano y habitualmente hace referencia al área que comprende Kenya, la República Unida de Tanzania, Uganda, Rwanda y Burundi. La geografía de esta región es a menudo espectacular y pintoresca. Esculpida por el movimiento de las placas tectónicas mundiales que han creado el gran valle del Rift, África Oriental alberga el monte Kilimanjaro y el monte Kenia, las dos cimas más altas de África. Asimismo, da cabida al segundo lago de agua dulce más grande del mundo, el Lago Victoria, y al segundo lago más profundo del mundo, el Lago Tanganica. El clima de África Oriental no es el típico de las regiones ecuatoriales. Debido a la combinación de su elevada altitud general y a la sombra pluviométrica creada por los vientos monzónicos del oeste, es una región sorprendentemente fresca y seca teniendo en cuenta su latitud. La pluviometría de África Oriental está influida por los fenómenos de El Niño. Las temperaturas son moderadas y alcanzan un máximo de 25°C y un mínimo de 15°C, excepto en el cinturón costero, que es más cálido y generalmente húmedo.

África Oriental posee una amplia diversidad interespecífica e intraespecífica de cultivos, y es el centro de origen y diversidad de importantes cultivos cereales y hortícolas. Actualmente, se conservan aproximadamente 15.000 muestras de cultivos en distintos bancos de genes nacionales de la subregión. En las dos últimas décadas se ha intentado fortalecer las actividades de fomento de los recursos fitogenéticos en la región y en 2003 se estableció la Red de recursos fitogenéticos de África Oriental con el apoyo financiero de la Agencia Sueca de Cooperación Internacional para el Desarrollo cuya función principal consiste en movilizar recursos y fortalecer los programas nacionales para conservar y utilizar de manera óptima sus recursos fitogenéticos.

Las fundaciones Rockefeller y Melinda Gates han apoyado la puesta a punto y difusión de más de 100 nuevas variedades de cultivos, docenas de las cuales ya se utilizan en la práctica, incluidas 11 nuevas variedades de arroz denominadas "New Rice for Africa" (Nuevo arroz para África (NERICA)), que se cultivan en 300.000 acres de todo el continente. Esas dos fundaciones calculan que, a lo largo de 10 años, 400 variedades mejoradas de cultivos y la labor que se va a llevar a cabo en 20 países africanos contribuirán a erradicar el hambre de 30 millones de personas y sacar de la pobreza a otros 15 millones. Utilizando la fórmula de alianzas entre la filantropía privada y los gobiernos, e inspiradas por un plan filantrópico, las iniciativas de esas fundaciones en África se centran en el desarrollo científico de cultivos y fertilizantes más productivos, el fomento de talentos locales en materia de botánica, agricultura, política agrícola y comercio de productos alimentarios, el firme compromiso de los gobiernos nacionales y la colaboración entre el sector público y el privado en relación con las infraestructuras, el agua y la irrigación, el medio ambiente, y la creación de mercados para los insumos y la producción de un sector agrícola revolucionado.

Los retos fundamentales de los países de África Oriental son: las distorsiones normativas (por ejemplo, los tipos de cambios, los subsidios, los impuestos, las ayudas a los productores); las distorsiones del comercio (por ejemplo, la cuota de mercado de los países en desarrollo: ganan los exportadores y pierden los importadores); los factores de riesgo (por ejemplo, el índice meteorológico, los préstamos contingentes, la crisis de precios, la inestabilidad política); los costos de energía (por ejemplo, resultan complejas las interacciones entre los alimentos, el combustible y los cultivos comerciales); y la degradación de los recursos. Al mismo tiempo, es necesario entender los aspectos económicos de la cadena de valor estableciendo alianzas más sólidas en la agroindustria entre el sector público y el privado para generar actividad económica mediante el suministro de infraestructura que apoye la diversificación rural y fomentando una nueva generación de programas de desarrollo.

La principal actividad económica de los países de África Oriental es la agricultura: las prácticas agrarias varían entre las distintas aldeas y regiones ya que los parámetros cambian de una localidad a otra. Actualmente, los agricultores se ven obligados a producir más alimentos, pero afrontan una

serie de dificultades y problemas (por ejemplo, el mercado, las enfermedades y la sequía). En los tiempos que se avecinan será necesario duplicar la productividad para satisfacer una demanda cada vez mayor por medio de la utilización activa de variedades con rasgos de valor añadido y sistemas de productividad biológica, todo ello concentrado en de las semillas. Los agricultores no solamente disponen de medios tecnológicos, sino que, para determinado producto o servicio, cuentan con gran número de estrategias de marca, todas las cuales se promueven utilizando distintos medios. El nivel y la medida en que se ha difundido este fenómeno por todo el segmento rural sigue siendo un terreno poco conocido para los planificadores y comercializadores al no existir una base de información adecuadamente organizada y definida. Existen claras diferencias entre las prácticas de cultivo en condiciones de secano y de regadío. No existen estimaciones fiables sobre las compras de insumos de producción que llevan a cabo los pequeños propietarios en lo que atañe a pesticidas o fertilizantes o incluso a semillas híbridas en zonas rurales. Hasta es probable que en las bases de datos organizadas del sector sobre esos productos se tenga en cuenta únicamente las ventas de mayoristas en áreas urbanas, y que se siga desconociendo en gran parte el alcance de la distribución de esos productos en las zonas rurales.

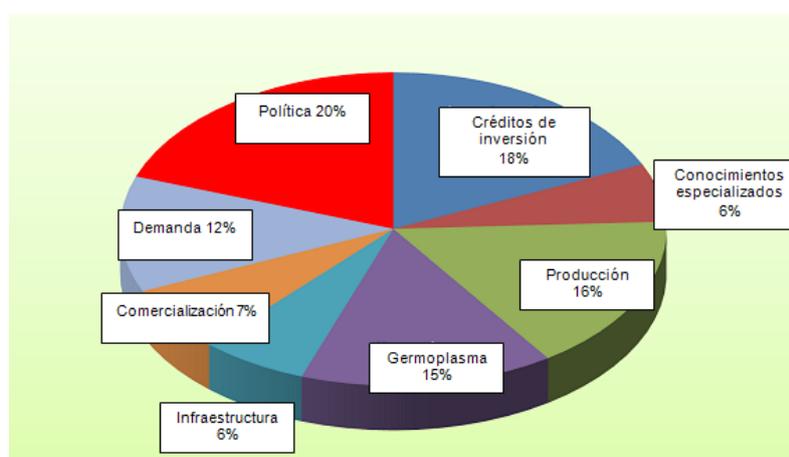


Gráfico: Factores que influyen en el suministro de semillas en los países de África Oriental

En la seguridad alimentaria influyen una serie de factores entre los que figuran los de tipo climático, topográfico, tecnológico y de innovación, las costumbres, los aspectos financieros, la mercadotecnia, el comercio, el transporte, el almacenamiento, los procesos de producción, el marco jurídico de los sistemas de tenencia de tierras, los convenios internacionales y los conflictos. Las medidas que se adopten para velar por la seguridad alimentaria deberán ser pluridimensionales y contar con la participación de todos los sectores interesados de los países de África Oriental y los territorios vecinos. Los países de África Oriental tienen que tomar conocimiento de esos problemas para aportar medidas a corto y a largo plazo que permitan lograr la seguridad alimentaria.

El aumento de la cuota de mercado existente y el empeño en establecer parámetros de cantidad y calidad, así como el suministro adecuado de semillas de variedades adaptadas de cultivos hortícolas y extensivos podrían marcar la diferencia. Los pequeños propietarios necesitan acceder a semillas de alta calidad de variedades adaptadas a precios asequibles: el sector local de las semillas es el proveedor principal. El programa vBSS del World Vegetable Center tiene por fin fomentar la producción, la comercialización y el consumo hortícola para promover el desarrollo rural, reducir la pobreza y mejorar los medios de vida y la nutrición de quienes sufren los efectos de una pobre expansión vertical: tiene que mejorar la red de distribución actual para lograr una mayor penetración. Los sistemas de fijación de precios podrían ser muy eficaces al considerar la estrategia necesaria para mejorar las funciones de "comercialización" y "financiación" mediante sistemas de precios de transacción y precios basados en el valor.



Gráfico: Factores que influyen en la demanda de semillas en los países de África Oriental

El maíz tiene una importancia fundamental en África Oriental como alimento básico e instrumento de desarrollo económico que sirve a la estabilidad política y resulta útil para el bienestar de los indigentes. El 60% de los gastos de los hogares de bajos ingresos corresponde al maíz; de ahí que cuando los precios de ese producto son elevados quienes más sufren son los más pobres. El valor del maíz es muy reducido en relación con el transporte dentro de los países de África Oriental, lo que hace que sea más bien difícil comerciar y exportar con dicho producto a nivel interregional, dando lugar a grandes diferencias entre los precios de importación y exportación. Los problemas de la comercialización del maíz se agravan debido a otras limitaciones, como la de una pluviometría inestable, la reducida capitalización de la agricultura de pequeños propietarios y la producción limitada y en declive del producto: estos factores han hecho de África Oriental un importador neto de maíz.

El año pasado, se duplicó el precio del maíz en los países de África Oriental. Dicho precio ha aumentado en un 122% en Uganda, un 104% en Rwanda y un 89% en Kenya, según el informe de alerta sobre precios de los alimentos elaborado por el Banco Mundial (agosto de 2011). A nivel mundial, el maíz (hasta el 84%), el azúcar (hasta el 62%), el trigo (hasta el 55%) y el aceite de soja (hasta el 47%) han contribuido en gran medida al aumento de los precios de los alimentos. Las Naciones Unidas han declarado que la sequía que sufre la región oriental de África Oriental es la peor en seis décadas y la situación de los refugiados constituye la peor crisis humanitaria conocida.

Los cultivos hortícolas en los países de África Oriental se cultivan por lo general al aire libre en zonas de elevada pluviometría o de regadío o protegidos en invernaderos. La introducción de hortalizas en los sistemas agrarios prevalentes se efectúa de manera relativamente sencilla, aunque el cultivo y la gestión requieren un mayor nivel de conocimientos técnicos y disciplina y los costos de producción pueden ser de dos a tres veces mayores que en el caso de los cereales. Los factores esenciales a la hora de explicar el éxito de esas iniciativas tienen que ver con la rigurosa diferenciación de los productos y la segmentación del mercado, las estrategias orientadas a la demanda y a la exportación, entornos institucionales y reglamentarios favorables y una capacidad de gestión adecuada a lo largo de toda la cadena de suministro.

Cultivos identificados mediante los criterios establecidos e indicadores de su importancia:

Cultivo	Países	Indicadores de importancia
Maíz	Kenya, República Unida de Tanzania, Uganda, Rwanda,	El maíz es el alimento básico principal, que predomina en la dieta de la población rural y urbana sin recursos
Patata	Kenya, Uganda, Rwanda, Burundi	La patata es un cultivo de estación corta de alto valor cultivado principalmente por los pequeños agricultores para el consumo doméstico y con fines comerciales
Batata	Kenya, Uganda, Rwanda, Burundi	África Oriental es un centro de domesticación: existen altos niveles de diversidad en el caupí cultivado y silvestre. Se trata de un cultivo ampliamente adaptado y muy variable, cultivado en todo el mundo para la obtención de semillas y asimismo como hortaliza de hojas verdes, y para obtener guisantes, abono verde y forraje. El caupí es un cultivo muy resistente que se cultiva en algunas de las condiciones agrícolas más difíciles del mundo
	Kenya, Uganda, Rwanda, Burundi	La batata es un cultivo de estación corta que proporciona alimento en suelos marginales y degradados: rico en carbohidratos, proteínas y vitaminas, genera elevados ingresos monetarios por unidad de superficie
Sorgo	Kenya, Uganda, República Unida de Tanzania, Rwanda, Burundi	El sorgo tiene la ventaja de ser resistente a la sequía, y los agricultores de subsistencia lo cultivan como alimento básico. El sorgo es un cultivo plurifuncional que proporciona grano y tallos que sirven de materia prima para la obtención de azúcar, alcohol, combustible y para la alimentación de las aves y el ganado
Mijo africano	Kenya, Uganda, Rwanda, Burundi	Importante cultivo de los sistemas agrícolas tradicionales de cultivo de cereales con pocos insumos
Plátano	Kenya, Uganda, República Unida de Tanzania, Rwanda, Burundi	El plátano (variedad del desierto africano / plátano / plátano de tierras altas) es un alimento básico esencial y una fuente de ingresos para más de 20 millones de personas
Yuca	Kenya, Uganda, Rwanda, Burundi	La yuca tiene la capacidad de crecer en terrenos marginales en los que no crecen satisfactoriamente los cereales y otros cultivos y puede tolerar la sequía y desarrollarse en suelos de escasos nutrientes. Las raíces se consumen recién hervidas o crudas y las hojas se utilizan a modo de hortalizas que proporcionan proteína y vitaminas A y B. La fécula de yuca se utiliza como aglutinante para la producción de papel y tejidos, y como sustancia aromatizante (glutamato monosódico)
Arroz	Kenya, Uganda, República Unida de Tanzania, Rwanda, Burundi	La variedad <i>Oryza punctata</i> es indígena y de cultivo anual de ahijamiento libre, y se halla corrientemente en las depresiones inundadas: los granos se hierven con agua o leche y se comen como alimento. Otra especie es la <i>O. longistaminata</i>
Caupí	Kenya, Uganda, Rwanda, Burundi	África Oriental es un centro de domesticación: existen altos niveles de diversidad en el caupí cultivado y silvestre. Se trata de un cultivo ampliamente adaptado y muy variable, cultivado en todo el mundo para la obtención de semillas y asimismo como hortaliza de hojas verdes, y para obtener guisantes, abono verde y forraje. El caupí es un cultivo muy resistente que se cultiva en algunas de las condiciones agrícolas más difíciles del mundo
Guandú	Kenya, Uganda	Cultivo popular en las zonas tropicales semiáridas y subhúmedas de África Oriental. Los agricultores de subsistencia cultivan el guandú a menudo en suelos pobres y con pocos o escasos insumos. Se trata de un cultivo resistente y tolerante a la sequía. Se consume en forma fresca y como grano desecado, y también se utiliza como forraje para el ganado. En su mayoría es del tipo de las hortalizas y tiene vainas y semillas grandes en contraste con el guandú "asiático", que tiene semillas pequeñas y se utiliza para hacer sopa
Frijol	Kenya, República Unida de Tanzania, Uganda, Rwanda, Burundi	Segunda fuente principal de proteína en la dieta humana y tercera fuente principal de calorías para más de un millón de personas de comunidades rurales y de comunidades urbanas pobres en el altiplano de clima fresco de África Oriental.
Mostaza de Etiopía	Kenya, República Unida de Tanzania	Las variedades de <i>Brassica carinata</i> (mostaza de Etiopía) y <i>B. capitata</i> se utilizan como verduras de hoja verde para ensalada
Ñame	Kenya, Uganda, Rwanda	Las variedades <i>Dioscorea bulbifera</i> y <i>D. minutiflora</i> son autóctonas de África Oriental
Trigo	Kenya, República Unida de Tanzania, Uganda	Se han hallado variedades de trigo duro resistentes a la roya, enanismo, espiguelo muy temprano y madurez muy tardía
Tomate	Kenya, República Unida de Tanzania, Uganda, Ruanda, Burundi	Hortaliza popular, cultivada ampliamente a lo largo del país. El tomate es una fuente importante de vitamina A y C en la dieta
Forraje	Kenya, República Unida de Tanzania, Uganda	La sabana y la estepa masais son el centro de origen y diversidad de algunas especies forrajeras
Mijo perla	Kenya, Uganda	Alimento básico en las zonas semiáridas de pluviometría inadecuada y pobres condiciones del terreno

Es probable que en las bases de datos organizadas del sector sobre esos productos se tenga en cuenta únicamente las ventas de mayoristas en áreas urbanas, y que se siga desconociendo en gran parte el alcance de la distribución de esos productos en las zonas rurales. Aunque los cambios en los patrones de cultivo ocurren en función de los cambios que se producen en el mercado y las condiciones monzónicas, en el caso de las prácticas agrarias tiene lugar un proceso de cambio constante y omnipresente con respecto a los insumos disponibles y utilizados por los agricultores.

La combinación de la sequía, los conflictos y el aumento de precios de los alimentos ha tenido un efecto letal en los niños y familias más vulnerables de la región. La disponibilidad de cereales en los países de África Oriental es escasa, lo que unido a las restricciones a la exportación ha contribuido al aumento de precios en la región. Es fundamental el apoyo a largo plazo para fortalecer la resistencia a la sequía y aplicar prácticas agrícolas inteligentes con respecto al clima. El Banco Mundial ha proporcionado 686 millones de dólares de los EE.UU. para salvar vidas, mejorar la protección social y fomentar la recuperación económica y la resistencia a la sequía, destinados a las personas que viven en los países de África oriental (Comunicado de prensa N° 2012/PREM/048, de agosto de 2011, Grupo del Banco Mundial, Alerta sobre precios de los alimentos).

Con miras a crear riqueza en los países de África Oriental, las principales esferas de interés para los pequeños agricultores consisten en pasar de una agricultura de subsistencia al establecimiento de explotaciones rentables que funcionen con mayor productividad y producir excedentes para colocar en los mercados, desarrollar la infraestructura, aunar fuerzas y fortalecer capacidades. Cabe mejorar los protocolos existentes entre los productores en lo que atañe a las actividades posteriores a la cosecha para fomentar el uso eficaz y la calidad de las semillas para la siembra y asegurar las cosechas. Los gobiernos de cada país deben poner en marcha de manera gradual redes de seguridad específicas en lugar de restricciones comerciales y controles de precios. Es de prever que los países de África Oriental avancen hacia la apertura de fronteras y la reducción/supresión de aranceles y la creación de normas armonizadas de calidad de los productos, además de la aplicación general de modernas tecnologías agrícolas con el fin de desarrollar un plan óptimo para velar por la disponibilidad de los alimentos y la reducción de la pobreza.

Producto	Productividad en los países de África Oriental	Parámetro (Ref. FAO STAT 2010)
Maíz (sacos/acre)	9	Argentina – 31
Sudáfrica – 13	4,507	Malawi – 3,523 / India – 2,774
Té (kg/acre)	4.507	Malawi – 3.523
India – 2.774	28 – 25	Malawi – 43 / Soudan – 42
Café (procesado) (kg/acre)	214	Brasil – 345
Colombia – 436		
Caña de azúcar (toneladas/acre)	28 – 25	Malawi – 43
Sudán – 42		
Productos lácteos (litros/vaca por año)	1.371	Argentina – 4.773
Sudáfrica – 3.093		

Gráfico: Productividad agrícola en los países de África Oriental

Es necesario examinar con atención los enigmáticos problemas que se observan en zonas atrasadas que tienen buenas perspectivas para el desarrollo agrícola en un momento en que los países de África Oriental experimentan cambios físicos y económicos. Cabe citar en este contexto: a) el aumento de los ingresos y los cambios demográficos; b) la organización y la transformación de los mercados; c) la creciente influencia del sector privado; d) los efectos que se vislumbran a consecuencia del cambio climático; e) el aumento de los precios de la energía y de las materias primas; f) las constantes distorsiones de precios a nivel nacional e internacional; g) la falta de inversión en tecnología e infraestructura. Según parece, las mejoras en fitogenética y unas prácticas más adecuadas de gestión de cultivos constituyen un elemento esencial para obtener resultados satisfactorios mediante la elaboración de estrategias de investigación para la mejora de los rendimientos, el fortalecimiento de capacidades en tecnologías modernas y las inversiones en infraestructura que fomenten la adopción de nuevas tecnologías, canalizando de esa manera las remesas de los emigrantes a usos productivos en las zonas rurales.

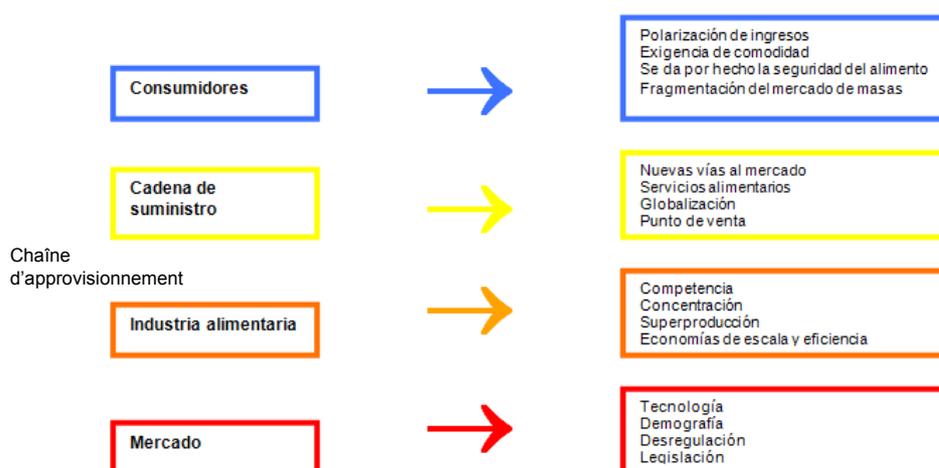


Gráfico: Fuerzas esenciales de la cadena de valor

La elaboración de un documento estratégico servirá de marco a una conservación sostenible de los recursos fitogenéticos que de lugar al fomento de la producción agrícola y de la seguridad alimentaria en África Oriental, lo que repercutirá directamente en la consecución de los Objetivos de Desarrollo del Milenio relativos a la seguridad alimentaria y la reducción del hambre. Los beneficiarios son los programas de fomento de los cultivos en la región por medio de un mayor acceso a una amplia gama de diversidad genética de los cultivos a fin de producir variedades superiores que puedan extenderse a los países vecinos. A fin de utilizar de manera eficaz y eficiente los recursos genéticos de África Oriental para determinar las necesidades a largo plazo a la hora de mejorar la situación y fortalecer las capacidades, habrá que contar con la amplia implicación y apoyo de los principales sectores interesados, fomentando alianzas y compartiendo responsabilidades y servicios de manera que vayan unidos a las correspondientes estrategias mundiales en materia de cultivos.

Lograr la seguridad alimentaria es un desafío esencial en el ámbito de la política para los países de África Oriental: Kenya, la República Unida de Tanzania, Uganda, Rwanda y Burundi. La seguridad alimentaria se ve afectada por varios factores, entre los que figuran los de tipo climático, topográfico, tecnológico y de innovación, las costumbres, los aspectos financieros, la mercadotecnia, el comercio, el transporte, el almacenamiento, los procesos de producción, el marco jurídico de los sistemas de tenencia de tierras, los convenios internacionales y los conflictos. Las medidas destinadas a velar por la seguridad alimentaria deberán tener carácter pluridimensional e implicar a todos los sectores interesados, tanto en los países de África Oriental como en los países vecinos. Los países de África Oriental han tomado conocimiento de estos desafíos y han adoptado medidas a corto y a largo plazo para lograr la seguridad alimentaria (EAC Food Security Action Plan: 2010 15, publicado en mayo de 2010).

Actualmente surgen nuevos mercados que permiten a los pequeños agricultores beneficiarse de la conservación de la agrobiodiversidad y adoptar prácticas de producción sostenibles para los mercados internacionales del carbono. Los distintos proyectos se centran en el uso experimental de nuevas metodologías y el establecimiento de mecanismos de incentivación, y los resultados e ideas derivados de ellos se expondrán ante el sector privado, los encargados de formular políticas, los asociados para el desarrollo y sectores del mundo universitario para determinar las formas de avanzar en beneficio de los agricultores, el medio ambiente y los objetivos de sostenibilidad. Asimismo, existe la necesidad crucial de establecer y mantener vínculos institucionales para aprovechar al máximo el uso de las capacidades y mandatos que permitan racionalizar la participación del sector público y privado en la investigación y el desarrollo en materia de biotecnología. De este modo se garantizará que los recursos disponibles se destinen a programas prioritarios para la puesta a punto eficaz de las tecnologías pertinentes.

Perspectivas del fitomejoramiento hortícola en Asia

Sr. Ki-Byung Lim,
Catedrático del Departamento de Horticultura de la Universidad Nacional
Kyungpook (República de Corea)

Introducción

La industria hortícola en Asia

Sólo una pequeña parte de las ventas de las diez empresas multinacionales de semillas más importantes del mundo corresponde a cultivos hortícolas. Las principales empresas dedicadas a la producción de semillas hortícolas en Asia son Sakata y Takii, que representan menos del 2% del total del mercado internacional de semillas. Syngenta ha establecido centros de investigación en China y en la República de Corea, en los que se desarrollan y producen predominantemente semillas de hortalizas. Sakata y Takii producen semillas de flores y hortalizas que se comercializan en el mercado internacional, si bien la parte más importante de su negocio radica en la venta de semillas de flores en todo el mundo. Suntory y Kirin son empresas semilleras japonesas que han elaborado métodos y técnicas de fitomejoramiento para algunos cultivos florales. Suntory ha logrado producir flores modificadas genéticamente destinadas al mercado internacional. En algunos países desarrollados se han comercializado nuevas variedades de rosal y clavel de producción exclusiva.

Japón

El Japón es uno de los tres países asiáticos de mayor producción hortícola, especialmente en lo que se refiere a hortalizas, frutas y flores, como se observa en el cuadro 1. La producción hortícola en el Japón es relativamente estable, aunque ha experimentado una pequeña disminución en los últimos años. Los cultivos hortícolas de mayor producción son la col y el rábano de invierno entre las hortalizas, los mandarinos "Unshu" y los manzanos entre los árboles frutales y los crisantemos y los claveles entre las flores.

Cuadro 1. Producción hortícola en el Japón

Hortalizas (miles de t)	Rábano de invierno	Zanahoria	Repollo chino	Col	Espinaca	Cebolleta	Lechuga		
2008	1603	657	921	1389	293	510	544		
2009	1592	649	924	1385	286	508	550		
Frutas (miles de t)	Mandarina "Unshu"	Man- zana	Pera japonesa	Pera	Caqui	Níspero	Durazno	Ciruella	Cereza
2008	906	911	328	33,5	267	71,0	157	26	17
2009	1003	846	318	33,6	258	67,0	151	21	17
2010	786	798	259	26,2	189	57,0	137	21	20
Flores (millones de tallos)	Crisantemo	Clavel	Rosa	Orquídeas tropicales	Genciana	Lirio/azucena			
2007	1,814	387	355	22.6	117.5	170.3			
2008	1,792	388	347	22.0	111.4	170.8			
2009	1,731	367	331	21.2	109.5	167.5			

India

La India es un país agrícola; el 68% de su población aún se dedica a la agricultura. Los cultivos hortícolas ocupan el 10% de la superficie cultivada total y su producción es de 214,72 millones de toneladas, como se indica en el cuadro 2. La India pretende duplicar su producción hortícola hasta alcanzar los 300 millones de toneladas en 2012 y aumentar la superficie de cultivo dedicada a frutales, hortalizas y flores mediante una activa aplicación de la Misión Hortícola Nacional, recientemente puesta en marcha. Este país es el segundo mayor productor de frutas y hortalizas, después de China. La producción total estimada de frutas es de unos 43 millones de toneladas en 3,78 millones de hectáreas (ha). La superficie dedicada al cultivo de hortalizas es de aproximadamente 6,09 millones de ha y su producción es de 88,62 millones de toneladas, como se muestra en la figura 1. La India produce alrededor del 15% de las hortalizas del mundo en aproximadamente el 2,8% de la superficie cultivada

del país. La diversidad de condiciones agroclimáticas de la India permite producir una gran variedad de hortalizas, hasta 61 anuales y 4 perennes, durante todo el año. Este país es el mayor productor de mango, plátano, zapote y lima ácida, y en él se cultiva aproximadamente el 54,2% de la producción mundial de mango y el 11,0% de la de plátano.

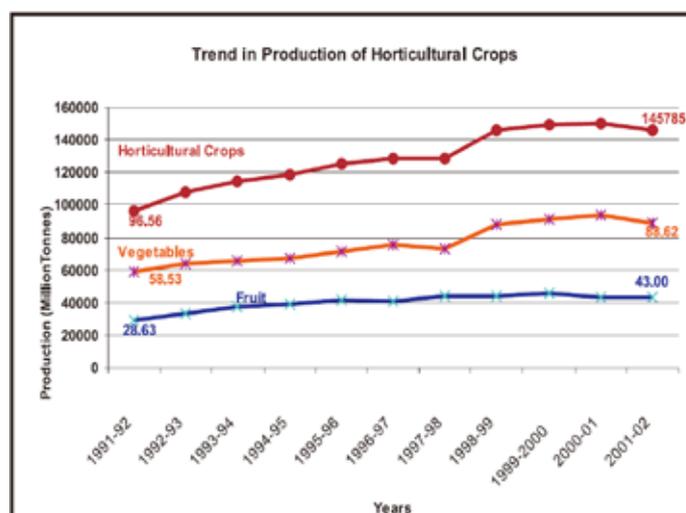


Figura 1. Evolución de la producción de los cultivos hortícolas en la India

Fuente de los datos: Departamento de Agricultura y Cooperación del Ministerio de Agricultura de la India

Cuadro 2. Superficie y producción de los cultivos hortícolas (en miles de ha y miles de t)

Cultivos	2006-07		2007-08		2008-09	
	Superficie	Producción	Superficie	Producción	Superficie	Producción
Hortalizas	7.581	114.993	7.848	128.449	7.981	129.077
Frutas	5.554	59.563	5.857	65.587	6.101	68.466
Cultivos de plantación	3.207	12.007	3.190	11.300	3.217	11.336
Espicias	2.448	3.953	2.617	4.357	2.629	4.145
Flores	144	880	166	868	167	987
Plantas aromáticas y medicinales	324	178	397	396	430	430
Almendras y nueces	132	150	132	177	136	173
Hongos	-	37	-	37	-	37
Miel	-	51	-	65	-	65
Total	19.389	191.813	20.207	211.234	20.661	214.716

*Las cifras de producción de flores se refieren únicamente a flores sueltas.

Nota: El total puede variar ligeramente debido al redondeo de las cifras.

Fuente de los datos: Ministerio de Agricultura y Cooperación.

República de Corea

La República de Corea es uno de los mayores productores agrícolas de Asia. Aunque únicamente el 1,5% de las tierras agrícolas del mundo se dedican a la agricultura, la República de Corea ha desarrollado notablemente el fitomejoramiento de cultivos hortícolas y las industrias de producción desde la década de 1980. La República de Corea instauró un sistema de protección de las variedades vegetales en 1998 e ingresó en la UPOV en 2002. En 2011, la República de Corea extendió los derechos de obtentor a casi todos los cultivos de importancia económica. Como se observa en el cuadro 3, más del 50% del valor de los cultivos hortícolas corresponde a las hortalizas. El fitomejoramiento hortícola depende fundamentalmente de instituciones públicas, como la Administración de Desarrollo Rural (RDA). No obstante, también existen instituciones privadas, como las empresas de semillas de hortalizas y flores, que se dedican activamente al fitomejoramiento y a la producción de semillas. La República de Corea ha realizado considerables avances en el fitomejoramiento hortícola desde la década de 1980, gracias en gran medida a la labor del Dr. Jang-Choon Woo a principios de la década de 1950.

Cuadro 3. Importancia proporcional de los cultivos hortícolas en la agricultura de la República de Corea (2006)

Grupos de cultivos	Superficie (miles de ha)	Valor de la producción (millones de dólares EE.UU.)		Comercio de semillas (millones de dólares EE.UU.)		Fitomejoradores principales
	Superficie (miles de ha)	Valor absoluto	%	Importación	Exportación	Fitomejoradores principales
Cultivos alimentarios	1 178	9 738	46,5	-	-	Públicos
Hortalizas	315	7 353	35,1	31,70	18,8	Privados
Árboles frutales	152	2 907	13,9	-	-	Públicos
Flores	8	941	5,0	-	-	Públicos
Total	1 653	20 939	100			

La industria de semillas hortícolas en los países asiáticos

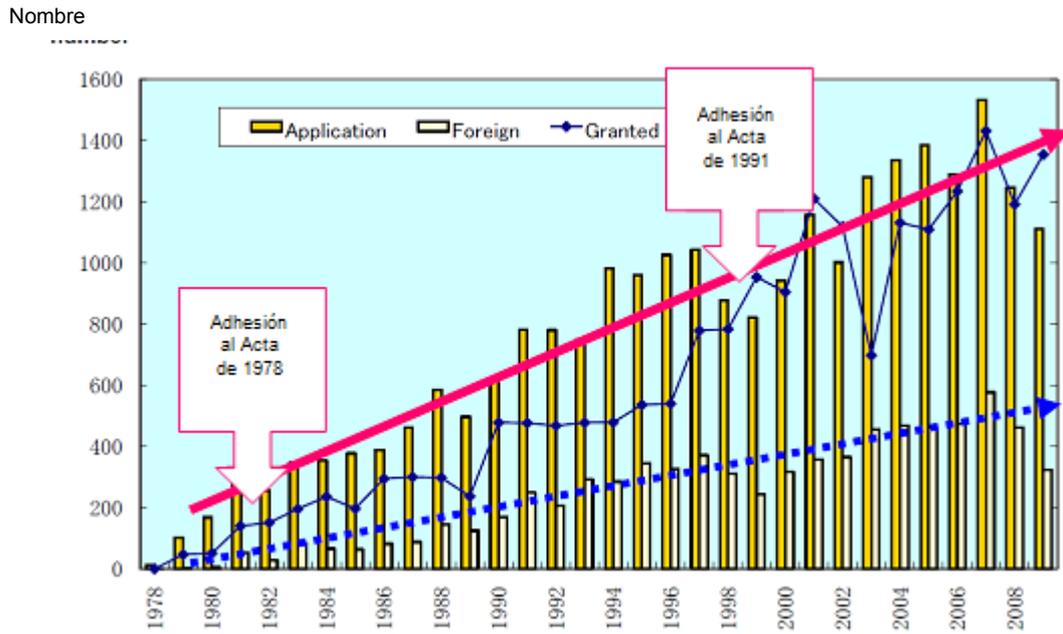
El mercado total de semillas de los 24 primeros países del mundo asciende a 28 200 millones de dólares EE.UU., de los cuales 8600 millones (lo que equivale aproximadamente al 30,5% de la cuota total de dicho mercado) corresponden a siete de los principales países de Asia (cuadro 4). En la pasada década, el mercado de semillas experimentó un crecimiento constante en todos los países asiáticos, especialmente en la India y China, merced al rápido aumento de su consumo. En cada país, más de la mitad del mercado de semillas corresponde a la horticultura, que, por ello, constituye un sector muy importante para las empresas semilleras internacionales.

Cuadro 4. Mercado de semillas en países asiáticos

Países	Tamaño del mercado (en millones de dólares EE.UU.)
China	4000
India	1500
Japón	1500
Rusia	500
Australia	400
República de Corea	400
Otros	300
Total	8600

Japón

El Japón se convirtió en miembro de la UPOV en 1982, quedando obligado por el Acta de 1978 del Convenio de la UPOV, y se adhirió al Acta de 1991 en 1998. El número de solicitudes presentadas para la protección de variedades vegetales y de títulos concedidos ha aumentado de manera continua, aproximadamente de 230 a 1300 en 20 años (figura 2), según los datos de la División de Propiedad Intelectual (IPD) del Ministerio de Agricultura, Silvicultura y Pesca (MAFF) del Japón. El mercado japonés es uno de los más importantes para las empresas de semillas. Por este motivo, muchas de ellas, tanto nacionales como internacionales, han presentado solicitudes de protección de sus obtenciones vegetales en el Japón.



Leyenda:

Application = Solicitudes

Foreign = Extranjeras

Granted = Títulos concedidos

Figura 2. Número de solicitudes de derechos de obtentor presentadas y títulos concedidos al año en el Japón (J. Endo 2011, IPD, MAFF)

Tanto en el Japón como en la República de Corea se presentan un número relativamente grande de solicitudes de protección de nuevas variedades de flores en comparación con el de hortalizas. Este dato sitúa a las flores entre los principales cultivos hortícolas para los que se solicita protección de las obtenciones vegetales.

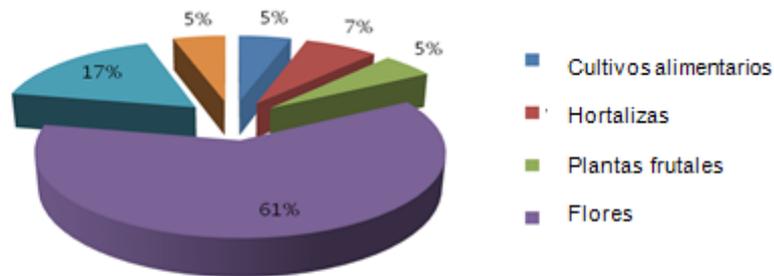


Fig 3. Percent of granted variety by crops in Japan (from 1978-2010, total of 20,779) = Figura 3. Distribución de los títulos concedidos en el Japón por grupos de cultivos (un total de 20,779 entre 1978 y 2010)]

El 56% de los 20 779 títulos se concedieron a cooperativas agrícolas y el 21%, al gobierno local. Cabe destacar que el 13% de los títulos se concedieron a empresas alimentarias (figura 4). La producción nacional de cultivos hortícolas ha disminuido en los últimos tiempos, por lo que se prevé una reducción gradual del mercado de semillas de alrededor del 3% en el futuro. Esta tendencia es similar a la que se observa en la industria hortícola mundial. Los expertos prevén que el tamaño del mercado se reducirá casi a la mitad en 20 años.



Figura 4. Distribución de los títulos concedidos en el Japón por solicitantes (un total de 20,779 entre 1978 y 2010)

India

Las semillas constituyen el principal y más importante insumo agrícola de la India. Su calidad repercute directamente en la producción. En la India hay más de 200 empresas privadas de semillas de hortalizas y flores. En la actualidad, el mercado indio de semillas es uno de los mayores del mundo, con unas ventas anuales aproximadas de 920 millones de dólares EE.UU. El consumo interno asciende a 900 millones de dólares; los 20 millones restantes corresponden a las ventas en el mercado internacional. Dado el crecimiento y el progreso de su sector semillero en los últimos años, la India puede convertirse en el principal exportador de semillas de los países en desarrollo, con posibilidades de mercado en Asia, África y América del Sur.

Al igual que muchos países asiáticos de gran desarrollo agrícola, la India cuenta con importantes empresas semilleras, tanto en el sector público como en el privado. El amplio sector público indio desempeña una función destacada a través de la Empresa Nacional de Semillas (NSC), la Empresa Estatal de Granjas de la India (SFCI) y las trece Empresas Estatales de Semillas (SSC). Estas empresas se dedican principalmente a la producción y comercialización de semillas de variedades híbridas o de alto rendimiento desarrolladas por el sector público.

Aunque algunas empresas semilleras privadas, como Pocha Seeds Pvt. Ltd. y Sutton and Sons Pvt. Ltd., se habían establecido en la India antes de su independencia, el crecimiento acelerado del sector privado sólo comenzó tras la instauración, en 1988, de la nueva política en materia de semillas, que promovía la liberalización del mercado. Actualmente hay más de 200 empresas semilleras privadas, además de unas pocas empresas multinacionales, que suelen centrarse en cultivos de bajo volumen y gran valor y dedican los mayores esfuerzos al desarrollo de híbridos de semillas oleaginosas, maíz, algodón y plantas hortícolas. El sector privado representa aproximadamente el 70% del mercado en cuanto a volumen de negocio, mientras que el sector público posee una mayor cuota de mercado en lo que concierne a las ventas.

En la actualidad se están realizando investigaciones sobre hortalizas en cuatro institutos centrales, un centro nacional de investigación y veintiséis universidades agrícolas estatales. El Programa Panindio de Investigación Coordinada de la Dirección de Proyectos de Investigación Hortícola proporciona instalaciones para la investigación multidisciplinar y especializada de 23 cultivos hortícolas. Dichas instalaciones conforman una red nacional para la evaluación multicéntrica de tecnologías desarrolladas por diversas instituciones. Gracias a este programa se están estudiando diferentes aspectos de los principales cultivos hortícolas con objeto de mejorar las variedades existentes y normalizar las técnicas y los métodos de producción.

República de Corea

En 1997, el Fondo Monetario Internacional (FMI) intervino la industria semillera de la República de Corea en respuesta a la quiebra de cuatro de las principales empresas de semillas. A raíz de esta intervención, dichas empresas se fusionaron con empresas semilleras internacionales. Más del 65% del mercado de semillas estaba en manos de empresas internacionales, pero en 2009 esa proporción se redujo drásticamente al 43%.

Las empresas semilleras más importantes de la República de Corea poseen sus propios institutos de investigación en materia de fitomejoramiento y sucursales en los principales países asiáticos, en los

que se producen las semillas. Como se observa en el cuadro 5, la mayor parte de las semillas (aproximadamente el 81%) se produce en otros países asiáticos. Las empresas semilleras más importantes de la República de Corea también han establecido sucursales en China, donde se producen casi todas las hortalizas. Una parte de las semillas producidas en China se exporta a la República de Corea y el resto se vende en el mercado interno para el consumo local. El rábano y el repollo chino figuran entre las hortalizas más importantes del país, como se muestra en el cuadro 5, y representan más del 60% de la cantidad total.

Cuadro 5. Producción de semillas de las principales hortalizas en la República de Corea en 2010 (unidades: miles de kg, %)

Cultivo	Total (A+B)	Interior (A)	Exterior (B)	Proporción (B/A+B) (%)	Principales países en los que se producen las semillas
Repollo chino	89,7	59,4	30,3	33,7	Italia, Nueva Zelandia, China
Melón coreano	0,8	0,2	0,6	71,8	China, Tailandia, Indonesia
Cebolla	40,5	9,2	31,3	77,3	China, Italia, Francia
Pimiento	35,9	1,5	34,4	95,8	China, Tailandia, Indonesia
Rábano	589,1	120,7	468,4	79,5	China, Italia, Australia
Col	68,0	4,8	63,2	92,9	Estados Unidos de América, Dinamarca, China
Sandía	13,1	0,4	12,7	96,8	China, Tailandia, Indonesia
Pepino	15,5	0,8	14,7	94,9	China, Tailandia, Indonesia
Calabaza moscada	16,9	0,4	16,5	97,3	China
Zanahoria	39,6	0,3	39,3	99,2	Sudáfrica, Dinamarca, Italia
Espinaca	176,6	10,1	166,5	94,3	Estados Unidos de América, Dinamarca, Australia
Cebolleta	79,3	2,6	76,7	96,8	China, Estados Unidos de América, Chile
Tomate	1,2	0,1	1,1	92,4	China, Tailandia
Total	1 166,2	210,5	955,7	81,9	

Fuente de los datos: Servicio de Semillas y Variedades de Corea (KSVS)

En 2009, el tamaño total del mercado de semillas en la República de Corea era de aproximadamente 581 millones de dólares EE.UU., lo que supone casi el 1,1% del mercado mundial de semillas. El tamaño del mercado de semillas hortícolas era de unos 400 millones de dólares. Los cultivos hortícolas representan el 51,6% del mercado mundial de semillas (cuadro 6).

Cuadro 6. Tamaño del mercado de semillas de la República de Corea por grupos de cultivos (en millones de dólares EE.UU.)

Total	Hortalizas	Flores	Arroz	Cultivos industriales	Árboles frutales	Hongos	Patata/cereales diversos	Cultivos alimentarios
581	150 (25,8%)	110 (18,9%)	107 (18,4%)	60 (10,3%)	40 (6,9%)	40 (6,9%)	63 (10,8%)	11 (1,9%)

Fuente: Asociación Coreana de Semillas

En 1998 se instauró el sistema de protección de las variedades vegetales en la República de Corea para proteger los derechos de obtentor. Anualmente se designan las especies y los cultivos que son susceptibles de protección. En 2009 se solicitó protección para variedades de 668 especies o cultivos, y casi todos los cultivos y las especies vegetales están amparados por la protección del Servicio de Semillas y Variedades de Corea (KSVS). Con respecto a la cantidad de variedades protegidas en la República de Corea, el mayor número de cultivos hortícolas corresponde a las flores, aunque supuestamente las hortalizas poseen una mayor cuota de mercado (cuadro 7).

Cuadro 7. Número de títulos de derechos de obtentor concedidos en la República de Corea

Cultivos	'98~'04	2005	2006	2007	2008	2009	2010	Total
Hortalizas	106	45	61	72	62	64	97	507
Árboles frutales	52	14	20	12	13	18	20	149
Flores	522	214	152	263	256	263	260	1 930

Cuadro 8. Exportación e importación de semillas de hortalizas en la República de Corea en 2006 (en miles de dólares EE.UU.)

Cultivos	Exportación	Importación
Chile	6 893	
Rábano	5 243	626
Col	2 785	-
Repollo chino	1 418	-
Cebolla	-	1 169
Pimiento	-	835
Tomate	-	511
Espinaca	-	439
Zanahoria	-	365
Otros	2 424	808
Total	18 763	4 753

En el cuadro 8 se indica el valor de las exportaciones e importaciones de semillas en la República de Corea. Uno de los aspectos distintivos es que los cultivos se separan predominantemente en función de su destino, la exportación o la importación. Según el informe elaborado en 2007 por el Instituto Nacional de Ciencias Hortícolas y Fitoterapia (NIHHS) de la Administración de Desarrollo Rural (RDA), el Chile es uno de los cultivos hortícolas más importantes en la República de Corea y sus semillas también constituyen la principal exportación.

China

El sistema chino de protección de las variedades vegetales está gestionado por dos organismos: el Ministerio de Agricultura y la Administración Estatal de Silvicultura.

Se han obtenido y conservado los recursos genéticos de un total de 30,736 muestras de hortalizas, de las cuales 29,198 corresponden a hortalizas de propagación por semilla (21 familias, 67 géneros y 132 especies) y 1538 corresponden a hortalizas de multiplicación vegetativa. Gracias al avance de la ciencia y la tecnología aplicadas a las hortalizas, se han desarrollado un gran número de nuevas variedades mejoradas que se han empleado para producir semillas. En todo el país existen institutos de investigación científica en los que se practica el fitomejoramiento convencional a gran escala. Se han seleccionado y comercializado muchas variedades con diversas características ventajosas. El cultivo de algunas de ellas ocupa grandes extensiones de terreno y aún se obtiene un volumen considerable de producción.

El mejoramiento de híbridos F1 se inició en China en la década de 1960. Desde entonces, en algunas instituciones se estudia la tecnología de producción de semillas de híbridos. Poco después se utilizaron líneas autoincompatibles y líneas masculinas estériles AB para producir híbridos F1 de col y de repollo chino. Posteriormente se produjeron híbridos F1 de otros cultivos, como el pepino, el tomate y el pimiento. La resistencia a las enfermedades es uno de los principales objetivos del mejoramiento de hortalizas. Para obtener nuevas variedades se han utilizado técnicas de fitomejoramiento tales como el cultivo de microsporas, el cultivo de tejidos y la selección asistida por marcadores.

Teniendo en cuenta la superficie cultivada y el valor total de las hortalizas, es posible que el mercado de semillas supere los 1400 millones de dólares EE.UU. (cuadro 9) (Mengyu y Zhang, 2006). El desarrollo de la producción de hortalizas ha permitido el establecimiento de un gran número de productores y distribuidores de semillas de hortalizas, que se pueden clasificar en cuatro categorías: empresas semilleras públicas, institutos de investigación, empresas semilleras internacionales y empresas semilleras locales privadas. Estas últimas han surgido rápidamente en los últimos años y hoy existen miles de pequeñas empresas de semillas en China, dedicadas en su mayor parte a la producción a pequeña escala. Algunas de ellas desarrollan sus propias variedades y han creado una red de comercialización. Son muy activas y desempeñan un papel muy importante en la industria china de semillas de hortalizas. Dado el gran tamaño de su mercado de semillas, unas 60 empresas semilleras extranjeras operan actualmente en China. Muchas de ellas no sólo venden sus semillas de hortalizas, sino que también han establecido centros de fitomejoramiento en el país. Las principales empresas internacionales de semillas de hortalizas con presencia en China son Syngenta, Seminis, Bejo, Rijk Zwaan y Nongwoo Bio, entre muchas otras.

En los últimos años se ha producido un enorme incremento de la exportación y la importación de semillas de hortalizas. En 2005, China exportó un total de 5835,3 toneladas de distintas semillas de hortalizas, con un valor de 39,36 millones de dólares EE.UU., e importó un total de 7452,7 toneladas de semillas, con un valor de 44,92 millones (cuadro 10) (Sun, 2009).

Cuadro 9. Mercado estimado de semillas de hortalizas en China (Sun, 2009)

Especies	Superficie (miles de ha)	Semillas necesarias (toneladas)	Valor total (miles de dólares EE.UU.)
Repollo chino	15.000	60.000	300.000
Tomate	974	877	41.253
Pepino	1.254	3.135	73.767
Rábano	326	1.369	3.218
Alubias	175	21.000	24.780
Lechuga	370	740	17.412
Berenjena	816	734	8.637
Pimiento	553	830	24.885
Col	242	242	4.271
Coliflor	293	293	5.860
Apio	125	225	2.117
Cive chino	105	399	2.817
Zanahoria	373	933	5.483
Espinaca	590	3.186	3.759
Brócoli	95	86	2.012
Ajo	629	377.400	354.756
Cebolla y cebollino chino	790	2.844	16.723
Sandía	1.806	5.418	541.800
Calabaza, calabaza moscada, calabaza blanca	244	732	3.448
Total	25.516	479.711	1.434.550

El 1 de octubre de 1997 se promulgó en China el Reglamento sobre la Protección de las Obtenciones Vegetales, que recoge las disposiciones del Acta de 1978 del Convenio de la UPOV. China ingresó en la Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales (UPOV) el 23 de abril de 1999, lo cual implica que los obtentores de nuevas variedades de géneros botánicos o especies relevantes de los Estados miembros de la UPOV pueden solicitar protección en China y que los obtentores chinos o residentes en este país pueden solicitar protección en otros Estados miembros de la UPOV.

Cuadro 10. Valor de las exportaciones e importaciones de semillas de hortalizas en China (en millones de dólares EE.UU.)

	Exportación			Importación		
	2003	2004	2005	2003	2004	2005
República de Corea	64,68	56,73	63,62	37,12	31,96	45,15
Países Bajos	43,82	53,44	65,92	40,81	31,15	58,24
Japón	28,91	28,20	25,89	90,93	119,81	120,55
Otro	8,20	12,55	12,60	36,60	26,45	13,04
EE.UU.	74,82	95,66	105,77	45,51	45,57	39,77
Francia	11,62	24,43	32,90	6,05	12,82	12,27
Tailandia	0	3,70	4,22	33,78	33,04	36,87
Italia	5,79	12,17	21,85			
India	10,50	14,27	18,82			
Israel		0	4,56	33,19	34,37	31,25
Australia				17,87	20,85	18,96
Dinamarca				15,27	17,31	20,95
Subtotal	248,34	301,15	356,15	357,13	373,33	397,07

Tailandia

Según el informe de 2004-2006 de la Asociación Tailandesa de Semillas (SAT), en este país existen 85 empresas privadas dedicadas al comercio de semillas. Veinte de ellas se dedican principalmente a la importación, 37 a la exportación y 28, tanto a la importación como a la exportación. Sólo el 30% de estas empresas de semillas han invertido más de 10 millones de baht, equivalentes a 324 453,44 dólares EE.UU. (1 dólar EE.UU. = 30,82 baht tailandeses), en actividades de importación y exportación, y la mayor parte de ellas son extranjeras.

En los cinco últimos años, la industria semillera de Tailandia ha realizado notables avances en el desarrollo de variedades híbridas de alto rendimiento de muchos tipos de hortalizas, cultivos extensivos y flores, gracias a los cuales la producción de semillas está creciendo, tanto en volumen de exportaciones (a 53 países) como en valor de mercado. Aunque la mayor parte de las semillas de hortalizas se pueden producir en las condiciones ambientales del país, algunas hortalizas deben importarse a causa de sus requisitos ambientales específicos de producción. Las semillas importadas se comercializan en Tailandia y también se reexportan a otros países. El volumen y el valor de las importaciones y las exportaciones de semillas han aumentado en dos años en más del 20% y el 16% respectivamente, como se observa en el cuadro 11. Puede encontrarse información detallada al respecto en <http://www.doa.go.th/>.

Cuadro 11. Cantidad (kg) de semillas de hortalizas exportadas e importadas en Tailandia

Cultivos	2004		2005		2006	
	Importación	Exportación	Importación	Exportación	Importación	Exportación
Coliflor	8.949	1.034	10.971	745	7.472	855
Col	23.544	5.285	24.683	8.532	26.643	6.652
Col verde china	409.540	3.079	423.940	4.066	424.577	3.471
Pepino	4.624	54.589	5.140	45.287	6.030	58.663
Sandía	3.962	90.455	5.322	103.234	2.830	89.324
Brócoli	764	453	795	581	1.159	554
Repollo chino	66.932	6.396	48.804	7.598	91.772	6.321
Rábano chino	162.217	25.342	195.142	34.981	307.244	28.221
Mostaza verde	57.376	4.042	50.567	4.554	68.066	8.455
Lechuga	49.751	14.565	21.431	19.809	11.096	18.403
Pimiento	4.101	18.220	4.108	21.297	1.895	30.123
Tomate	1.888	22.328	1.361	32.561	966	31.133
Cebolla	10	5	130	-	3.486	-
Balsamito	-	-	-	-	-	3.170
Total	795.662	245.793	794.399	283.245	955.242	285.345

Fuente: Oficina de Regulación Agrícola (OAR) del Departamento de Agricultura (DOA)

I. Logros recientes del fitomejoramiento de cultivos hortícolas en Asia

Fresa

En el Japón se producen fresas principalmente en las regiones septentrionales, como los distritos de Hokkaido y Tohoku. En dichas regiones se pueden diferenciar, a grandes rasgos, dos zonas climáticas: la de inviernos muy fríos y la de inviernos relativamente suaves. Las variedades de fresa que se cultivan en estas regiones varían en función de estas diferencias climáticas. Las variedades predominantes en el Japón septentrional son las que maduran a finales de junio y presentan un período de dormencia relativamente largo, como 'Morioka-16', 'Belle Rouge', 'Akita Berry', 'Kita-ekubo', 'Kitanokagayaki', 'Kentaro' y 'Otomegokoro', que son aptas para el cultivo en campo abierto, el cultivo semiforzado y el cultivo tardío en los distritos fríos. En las prefecturas de Miyagi y Fukushima se cultivan variedades que maduran a principios de junio, como 'Fukuharuka', 'Fukuayaka' y 'Mouikko' (cuadro 12). En vista de este potencial económico, institutos de investigación tanto públicos como privados trabajan activamente en el desarrollo de variedades de fresas que maduren durante todo el año, además de las que maduran en junio. Como resultado de esta labor, desde el año 2000 se han comercializado nueve obtenciones: 'HS-138', 'Kareinya', 'Kiminohitomi', 'Hohoemikazoku', 'Esupo', 'Natsuakari', 'Dekorujyu', 'Summer candy' y 'Natsijiro' (cuadro 12).

Hasta ahora han sido centros públicos de investigación, directamente vinculados con los distritos productores, los que se han encargado del mejoramiento de las variedades de fresa y el diseño de métodos de cultivo en el Japón septentrional. Pero el desarrollo de nuevas variedades y métodos de cultivo es lento y costoso, por lo que sería conveniente llevarlo a cabo de un modo más rentable, basado en la colaboración eficaz entre las partes interesadas: institutos de investigación, organizaciones agrícolas y empresas privadas.

En la República de Corea se produce una gran cantidad de fresas en invernaderos de plástico durante la temporada de invierno y primavera. Aunque algunas de las variedades de fresa se originaron en el Japón hace mucho tiempo, los institutos estatales de fitomejoramiento de la República de Corea han desarrollado recientemente diversas variedades para el mercado nacional. Gracias a ello, las variedades de procedencia nacional representan en la actualidad alrededor del 61% del consumo total en la República de Corea (figura 5). Asimismo, últimamente ha experimentado grandes avances en este país el fitomejoramiento de cultivos hortícolas, como el rosal, la fresa, el lirio y el crisantemo.

Cuadro 12. Variedades de fresa desarrolladas en Tohoku y Hokkaido (norte del Japón)

Año de concesión del título	Variedad	Variedad
Antes de 2000	De maduración en junio: 'Morioka-16' (1968), 'Belle Rouge' (1989), 'Akitaberry' (1992), 'Kitaekubo' (1995), 'Miyagi VS1' (1998)	de plein champ et/ou semi-forçage
	De maduración durante todo el año: Oishi-shikinari' (1970), 'Everberry' (1987), 'Pechika' (1995)	de l'été à l'automne
Después de 2000	de juin 'Kitanokagayaki' (2000), 'Kentaro' (2006), 'Otomegokoro' (2006), 'Komachiberry' (2007), 'Kitanosachi' (2007) 'Fukuharuka' (2006), 'Fukuayaka' (2006), 'Moikko' (2007)	de plein champ et/ou semi-forçage
	De maduración durante todo el año: 'HS-138' (2004), 'Kareinya' (2004), 'Kiminohitomi' (2005), 'Hohoemikazoku' (2006), 'Espo' (2007), 'Natsuakari' (2007), 'Dekorujyu' (2007), 'Summer candy' (2007), 'Natujiro' (2007)	de l'été à l'automne

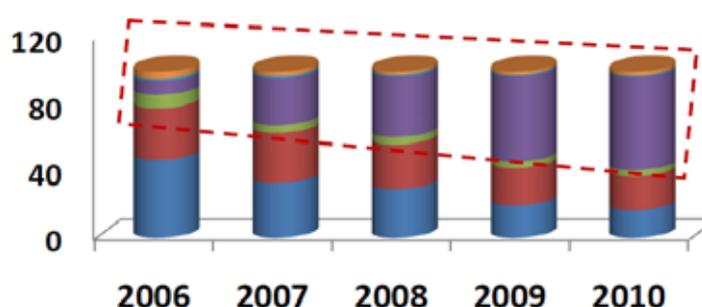


Figura 5. Número de variedades de fresa registradas en la República de Corea (la línea discontinua indica la proporción de cuota de mercado de las variedades desarrolladas en la República de Corea)

Leyenda: en violeta, las variedades coreanas; en rojo y azul, las variedades japonesas.

Kiwi

ZESPRI International Limited (Zespri) es una empresa fundada en 1997 en Nueva Zelanda que comercializa kiwis y dispone de autorización para producirlos en más de 60 países. La facturación de Zespri supera los 1200 millones de dólares EE.UU., lo que representa más del 25% del consumo mundial. Zespri invierte en la obtención de nuevas variedades, en el Instituto de Horticultura de Nueva Zelanda, aproximadamente el 20% de las ganancias derivadas de la comercialización de los resultados de la investigación y el desarrollo. En esta empresa, la obtención de nuevas variedades se considera fundamental para su sistema de comercialización. Por ello, la investigación en materia de fitomejoramiento es una de sus principales prioridades. Zespri colabora con el Instituto de Horticultura de Nueva Zelanda, en cuyos campos experimentales se trabaja con más de 50 000 líneas, entre ellas las variedades 'Orange', 'Jumbo', 'Gold' y 'Green', que se comercializan en todo el mundo.

Zespri percibe regalías en todo el mundo. Una de las mayores áreas productoras de kiwis en el Japón es la prefectura de Ehime. Zespri otorgó derechos de producción de sus variedades a los agricultores japoneses a cambio del pago de las regalías acordadas (cuadro 13). En 2005 se produjeron en la prefectura de Ehime 258 toneladas de 'Zespri Gold'. En 2008, esa cifra se había multiplicado por cinco y representaba aproximadamente el 20% de la producción total de kiwi en la prefectura de Ehime. Sin embargo, el volumen de producción de otras variedades de kiwi se mantuvo estable en ese mismo período (cuadro 13).

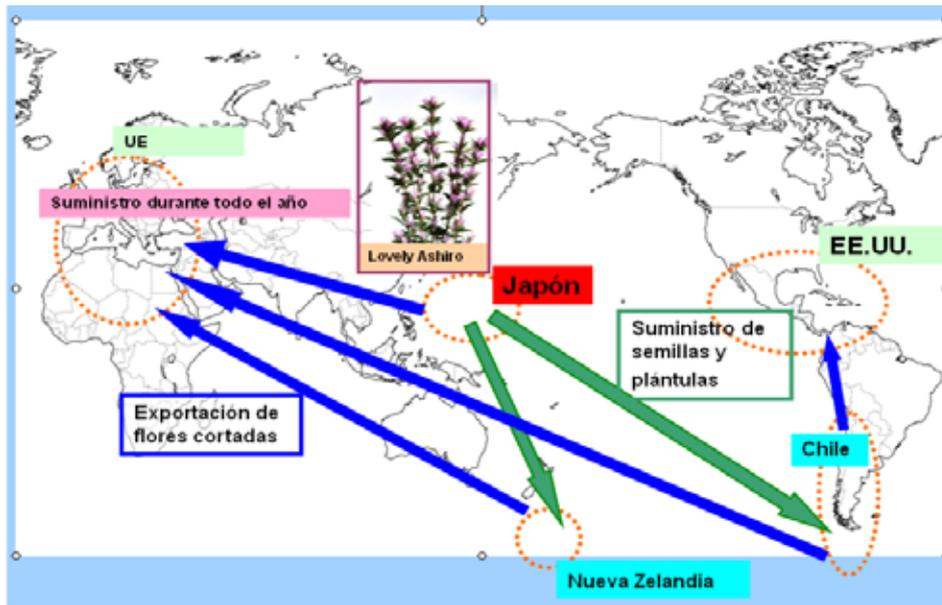
Los agricultores de la República de Corea también mantienen un acuerdo con Zespri sobre las regalías por la producción de 'Zespri Gold'. El monto de las regalías equivale aproximadamente al 15% de la producción total; el 3% corresponde a las regalías propiamente dichas y el 10% restante es una comisión por la comercialización en la República de Corea y en otros países. Por ejemplo, de las 4 300 toneladas de 'Zespri Gold' producidas en Jeju, sólo alrededor del 30% se destinó al consumo interno y el 70% restante se exportó a países de Asia Sudoriental (cuadro 13).

Cuadro 13. Estudio del caso de una variedad extranjera introducida con éxito en el mercado japonés

		2005 (Ehime)/ 2007 (Jeju)	2008 (Ehime/ Jeju)
Prefectura de Ehime (Japón)	Zespri Gold	Producción: 258 toneladas Ventas: más de 1,4 millones de dólares EE.UU. Cuota en la prefectura: 3,1% (peso) Precio unitario: 5 dólares EE.UU./kg	Producción: 1300 toneladas Ventas: más de 6,8 millones de dólares EE.UU. Cuota en la prefectura: 14% (peso), 20% (ventas) Precio unitario: 5 dólares EE.UU./kg
Prefectura de Ehime (Japón)	Total de kiwis	Producción: 8300 toneladas Ventas: 28 millones de dólares EE.UU. Precio unitario: 3,4 dólares EE.UU./kg	Producción: 9600 tonnes Producción: 9600 toneladas Ventas: 34 millones de dólares EE.UU. Precio unitario: 3,5 dólares EE.UU./kg
Isla de Jeju (República de Corea)	Zespri Gold	Producción: 1500 toneladas Cuota de mercado: 8,5% (peso) Precio unitario: 8 dólares EE.UU./kg	Producción: 2800 toneladas Cuota de mercado: 16% aprox. (peso) Precio unitario: 7 dólares EE.UU./kg
Isla de Jeju (República de Corea)	Total de kiwis	Producción: 17 700 toneladas Precio unitario: 2,5 dólares EE.UU./kg	Producción: 17 400 toneladas Precio unitario: 3,5 dólares EE.UU./kg

Genciana

El de Ashiro Rindo es un caso exitoso de desarrollo a través del fitomejoramiento en una comunidad agrícola japonesa. Ashiro es una pequeña región montañosa del norte del Japón en la que se emprendió el mejoramiento del rindo (la genciana, *Gentiana L.*) para poder competir con otros productores. Con objeto de mantener una gran calidad y proteger la marca, únicamente se conceden licencias para la producción de estas variedades a agricultores de la prefectura de Ashiro. Desde allí se exportan satisfactoriamente flores cortadas a la Unión Europea durante todo el año, comercializadas con la marca "Ashiro". La concesión de derechos de obtentor en cada país para las gencianas "Ashiro" resulta esencial para la protección de estas variedades. En la actualidad, "Ashiro" está ampliando su mercado, produciendo flores cortadas en Chile con destino a los Estados Unidos de América. Como se muestra en la figura 6, las flores cortadas producidas en Nueva Zelandia y Chile se exportan a la Unión Europea y a los Estados Unidos de América, con lo que se consigue mantener el suministro durante todo el año (Endo, 2011).



Yasunori Ebihara, International Symposium (Seoul, August 2009)

Figura 6. Ashiro Rindo, un caso exitoso de fitomejoramiento por agricultores de la prefectura local para lograr la distribución mundial de la marca "Ashiro" (datos proporcionados por J. Endo en el simposio sobre la protección de las variedades vegetales celebrado en 2011 en la República de Corea)

II. Actividades recientes de fitomejoramiento de cultivos hortícolas en Asia

Métodos generales de fitomejoramiento para la creación de nuevas variedades

En el cuadro siguiente se ofrece un resumen de las técnicas de fitomejoramiento empleadas en hortalizas y flores por empresas semilleras en el Japón.

Cuadro 14. Resumen de las técnicas de fitomejoramiento y multiplicación empleadas en hortalizas y flores por empresas privadas en el Japón

Grupos	Métodos	Cultivos
Obtención de F1 (hortalizas)	Autoincompatibilidad	Repollo chino, brócoli, coliflor, Brassica, rábano de invierno
Obtención de F1 (hortalizas)	Esterilidad masculina	Zanahoria, cebolla, cebolleta
Obtención de F1 (hortalizas)	Polinización manual o por insectos	Tomate, berenjena, pimiento, melón, calabaza, calabaza moscada, sandía
Obtención de F1 (flores)	Autoincompatibilidad	Repollo ornamental, col ornamental
Obtención de F1 (flores)	Esterilidad masculina	Helianthus
Obtención de F1 (flores)	Polinización manual o por insectos	Pensamiento, prímula, petunia, lisianthus, gerbera
Multiplicación vegetativa		<i>Petunia</i> , <i>Limonium F1</i>

Fitomejoramiento por mutación

La mutagénesis se emplea desde mucho tiempo atrás como método de fitomejoramiento cuando en la población natural o de mejoramiento existe escasez de germoplasma con caracteres tales como la tolerancia a la sequía, la resistencia a las enfermedades u otros caracteres morfológicos como la altura de la planta. En un principio se utilizaba la mutagénesis química, pero se observó que estos métodos no sólo eran perjudiciales para el medio ambiente y los humanos, sino también menos eficaces que los métodos radioactivos como los rayos gamma o el haz de iones. El cuadro 15 y la figura 7 proporcionan una visión general de los logros del fitomejoramiento mediante mutaciones inducidas por radiación hasta el año 2009.

Los haces de iones se generan en aceleradores de partículas. Desde 1986, el Centro de Haces de Isótopos Radiactivos (RIBF) posee las mayores instalaciones del mundo para la aceleración de iones pesados. Se ha comprobado que los haces iónicos de alta transferencia lineal de energía (TLE) ejercen

mayores efectos biológicos que las radiaciones de baja TLE como los rayos gamma o los rayos X (Abe et al., 2007). En el Centro Nishina de RIKEN se practica el fitomejoramiento desde 1993. Los científicos descubrieron que el haz de iones es muy eficaz para inducir la mutagénesis de embriones de tabaco durante la fertilización sin producir daños a otros tejidos de la planta. La irradiación con haces iónicos suele producir roturas bicatenarias. Se han obtenido muchos mutantes de tabaco como el albino, la quimera periclinal, la quimera sectorial y fenotipos con tolerancia a los herbicidas o a la sal (Abe et al., 2000). Desde 2002 se han comercializado seis nuevas variedades de flores desarrolladas en RIKEN en el transcurso de sólo tres años (cuadro 16). ‘Temari Bright Pink’ es un mutante estéril de verbena producido por irradiación con haz de iones y comercializado en 2002. También se han obtenido variedades de nuevos colores, como la petunia ‘Surfinia Rose Veined’ (2003) y la torenia ‘Summer Wave Pink’ (2007). Así pues, parece que la irradiación con haz de iones es un método excelente que permite alcanzar una gran eficiencia en el mejoramiento de cultivos hortícolas y agrícolas por mutación.

Cuadro 15. Variedades desarrolladas mediante irradiación en 2009 por países

Cultivos	China	India	Japón	Rusia	República de Corea	Países Bajos	Alemania	EE.UU.
Cereales principales	366(55,9)	58(21,4)	82(35,2)	41(19,4)	8 (42,1)	1 (0,6)	72(41,6)	39(31,2)
Soja	56 (8,5)	39 (14,1)	25 (10,7)	28 (13,3)	2 (10,5)	-	10 (5,8)	26 (20,8)
Otros cereales	70 (10,7)	9 (3,3)	4 (1,7)	62 (29,4)	-	-	-	12 (9,6)
Cultivos industriales	23 (3,5)	29 (10,5)	9 (7,5)	10 (4,7)	-	-	-	3 (2,4)
Aceite	41 (6,3)	16 (5,8)	1 (0,8)	3 (1,4)	6(31,6)	-	-	1(0,8)
Flores	60 (9,2)	95 (34,4)	81(34,8)	40(19,0)	2 (8,0)	173(98,3)	80(46,2)	23(18,4)
Árboles frutales	20 (3,1)	2 (0,7)	6 (2,6)	7 (3,3)	-	-	-	2 (1,6)
Hortalizas	17 (2,6)	14 (5,1)	14 (6,0)	10 (4,7)	-	2 (1,1)	1 (0,6)	3 (2,4)
Otros	2(0,3)	14 (5,1)	11 (4,7)	10 (4,7)	-	-	10 (5,8)	16(12,8)
Total	655 (100%)	276 (100%)	233 (100%)	214 (100%)	19 (100%)	176 (100%)	173 (100%)	125 (100%)

Fuente de los datos: Base de Datos de Variedades Mutantes de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) (2009)

Cuadro 16. Líneas mutantes de diversos cultivos desarrolladas en el RIBF

Fenotipo mutante	Material vegetal	Ion/Dosis (Gy)	Supervivencia/mutación(%)	Creador
Estéril				
Verbena	Tallo	N/10	842.8	Suntory Flowers Ltd
Ciclamen	Tubérculo	C/12	50/13	Hokko Chem, Ind. co Ltd
Color y forma de la flor				
Dalia	Brote	N/5	NE/20.3	Cen. Prom. Agr. Silv. Ciudad Hiroshima.
Rosal	Injerto en estado de latencia	Ne/15	70/51.7	Kanagawa
		N/30	90/43.1	Cen. Agr. Pref.
Crisantemo	Tallo	C/10	94/14	Inst. Btec. Veg., Cen. Agr. Ibaraki
Torenia	Hoja/tallo	N/50	NE/1.9	
		Ne/20	NE/1.6	
Variegado				
Petunia	Tallo	N/5	ND	Suntory Flowers Ltd
Semienano				
Cebada	Semilla seca	N/50	ND/2.6	Cen. Nac. Inv. Agr. Min.
	Semilla embebida	N/5	ND/0.9	Agr. Silv. Pesc.
Pimiento	Semilla seca	Ne/10	80/1.3	Inst. Nac. Cie. Hort. y Té
Alforfón	Semilla seca	C/40	NE/0.9	Inst. Nac. Cie. Agr.
		Ar/20	NE/1.0	
		Fe/30	70/4.0	
Tolerante a la sal				
Arroz Ceroso	Semilla embebida	C/40	40/1.1	Universidad de Tohoku
Arroz	Semilla seca	N/200	NE/2.2	Cen. Inv. Agr. Pref. Chiba

SD: sin datos. SE: sin efecto.

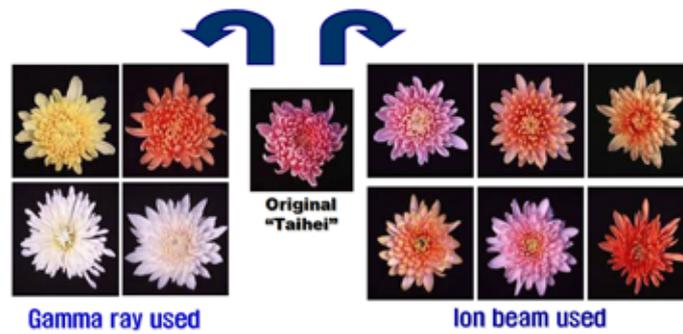


Figura 7. Muestras del fitomejoramiento por mutación llevado a cabo en el Japón. Modificación del color de las flores de crisantemo que suele producirse por la irradiación con rayos gamma o haces iónicos. Con estos últimos se consigue una mayor frecuencia de modificación del color de las flores.

El Instituto de Investigación de la Energía Atómica de Corea (KAERI) y la Administración de Desarrollo Rural (RDA) de la República de Corea han logrado recientes avances en el fitomejoramiento por mutación, concretamente en el arroz, en algunos otros cereales y, principalmente, en flores. En las imágenes de la figura 8 se observa el color verde amarillento de las venas foliares de *Dendrobium moniliforme*, cuyas plántulas habían sido tratadas in vitro con radiación gamma de baja energía. En el KAERI se aplicaron diversos métodos, con dosis de un intervalo más alto de radiación y una baja intensidad de fitotrón.



Figura 8. Izquierda: fruto de "Norin No. 15". Derecha: semillas enviadas al espacio a bordo de la nave espacial Progress en 2008.

Cuatro instituciones se dedican a la investigación del fitomejoramiento por mutación en el Japón: el Centro Nishina de RIKEN, el Instituto Takasaki de Investigación de la Energía Atómica del Japón (JAERI), el Instituto Nacional de Ciencias Radiológicas (NIRS) y el Instituto de Fitomejoramiento por Radiación (IRB). El Centro Científico de Aceleradores Nishina de RIKEN es una de las instituciones más importantes en el desarrollo de biotecnología para el fitomejoramiento. Este centro está realizando inversiones considerables en tecnologías como la biología molecular, el fitomejoramiento molecular, la bioquímica molecular y la energía atómica.



Figura 9. Izquierda: fruto de "Norin No. 15". Derecha: semillas enviadas al espacio a bordo de la nave espacial Progress en 2008.

El Instituto de Investigación de la Energía Atómica de Corea (KAERI) es una de las organizaciones dedicadas al fitomejoramiento por radiación en la República de Corea. En 2013, el KAERI tiene previsto inaugurar una sucursal en Jeongup (República de Corea) en la que se practicará el fitomejoramiento, principalmente mediante el método de irradiación.

El Instituto de Energía Atómica para la Agricultura de la Academia China de Ciencias Agrícolas (CAAS) es el centro de fitomejoramiento por mutación más importante de China, pero también se emplea este método de fitomejoramiento en más de 30 universidades y en destacados laboratorios de los institutos provinciales de investigación agrícola. En este país no sólo se utilizan métodos de baja TLE, sino también la radiación de alta TLE, como en el caso del fitomejoramiento espacial (figura 9). La radiación radiactiva también resulta útil para el mejoramiento de árboles frutales por mutación puntual de las células, y es eficaz para inducir resistencia a enfermedades del fruto. En el IRB se estudian métodos de fitomejoramiento por radiación en cultivos leñosos, como árboles frutales o forestales, y se han obtenido muchos mutantes fisiológicos y morfológicos. En un campo gamma se descubrió, entre los ejemplares de la variedad 'Nijisseiki' de peral japonés, que es susceptible a las pecas, un mutante resistente a dicha enfermedad. Este mutante, denominado 'Gold Nijisseiki', ha sido registrado como 'Norin No. 15' por el Ministerio de Agricultura, Silvicultura y Pesca del Japón, y su uso se está extendiendo con rapidez por las zonas productoras de peras (figura 9). La eficiencia de la selección de mutantes resistentes ha mejorado notablemente gracias a una sencilla técnica en la que se utiliza un disco foliar y una toxina (Boletín informativo del IRB).

Hibridación interespecífica

Fue U quien empleó por primera vez la hibridación interespecífica en 1935 para producir anfidiplóides (alotetraploides) mediante el cruzamiento de tres especies diferentes de Brassica: *B. campestris* ($n=10$), *B. oleracea* ($n=9$) y *B. nigra* ($n=8$). Efectuó cruzamientos de tres especies de Brassica independientemente y produjo híbridos interespecíficos que poseían dos genomas diferentes en una célula obtenida a partir de los progenitores. La teoría de la relación genética de las especies de Brassica en el "triángulo de U" se deriva de la confirmación de las características citogenéticas de los híbridos interespecíficos (U, 1935). Los anfidiplóides *B. napus* ($n=19$), *B. carinata* ($n=17$) y *B. juncea* ($n=18$) se utilizan de manera generalizada para la producción de aceite de colza, hortalizas de hoja y otros fines (figura 10). En la actualidad, el método de hibridación interespecífica es de uso habitual para el mejoramiento de cultivos florales como *Lilium*, *Tulipa*, *Alstroemeria* y otros muchos. También se ha empleado este método recientemente para el fitomejoramiento por introgresión de muchas plantas hortícolas como, por ejemplo, el melón oriental, que constituye uno de los principales cultivos de la República de Corea. Durante mucho tiempo, hasta 1985, se ha cultivado la variedad normal, obtenida por hibridación intraespecífica de F1. Sin embargo, se ha desarrollado una nueva variedad mediante la hibridación interespecífica de la línea de fitomejoramiento tradicional con un melón ruso. Actualmente, este melón híbrido domina el mercado y ha eclipsado a las variedades nacionales tradicionales de melón. Esta nueva variedad producida por hibridación interespecífica se ha convertido en pocos años en el melón oriental más popular. La mayor parte de los melones orientales actuales se producen mediante este mismo método de fitomejoramiento y siguen siendo los preferidos de los consumidores coreanos.

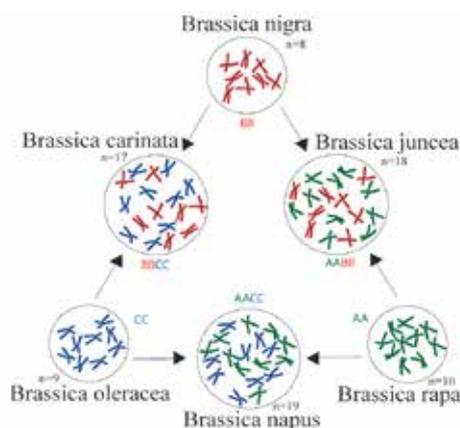


Figura 10. Diagrama del triángulo de U, que muestra la interrelación genética de las especies de Brassica (U, 1935)

Lilium formosanum se propaga fácilmente por semilla y puede florecer en el transcurso de un año después de la siembra. En Nagano, el Sr. Nishimura comenzó a cruzar *L. formosanum* con *L. longiflorum* en 1928 y desarrolló *L. x formolongi*, que combina la floración en un año tras la siembra de las semillas con la presencia de hojas anchas como en *L. longiflorum*. Para obtener la configuración de *L. longiflorum*, en las variedades recientes se ha retrocruzado *L. x formolongi* con dicha especie. *L. x formolongi* se reproduce por semilla, por lo que no se produce infección viral. Otra ventaja es que, aunque resulta difícil producir flores cortadas de *L. longiflorum* entre julio y noviembre, las de *L. x formolongi* sí se pueden producir en esos meses. Se calcula que la producción actual de flores cortadas de *L. x formolongi* es de 15 millones aproximadamente. Asimismo, se está empleando este método para cruzar *L. formolongi* con otras especies de *Lilium* pertenecientes a otra sección, como los híbridos orientales, que también se han retrocruzado con *L. longiflorum*. La hibridación interespecífica se ha convertido en uno de los principales métodos de producción de nuevas variedades de *Lilium*, y casi el 40% de las variedades protegidas se han obtenido de este modo.

Ingeniería genética

La obtención de rosas azules ha sido durante siglos el santo grial del fitomejoramiento del rosal. Sin embargo, estas flores se han mostrado particularmente reacias a adoptar ese color. Esta situación ha cambiado gracias a la asociación entre la empresa australiana Florigene y la japonesa Suntory, que han utilizado con éxito la tecnología de silenciamiento génico, desarrollada por la Organización de Investigación Científica e Industrial de la Commonwealth (CSIRO), para crear la primera rosa azul del mundo. Las rosas son conocidas por sus bellos y majestuosos colores, como el rojo, el rosa, el naranja, el amarillo e incluso el blanco. Estos colores se han desarrollado mediante el fitomejoramiento tradicional, pero nunca se había logrado obtener una rosa azul.

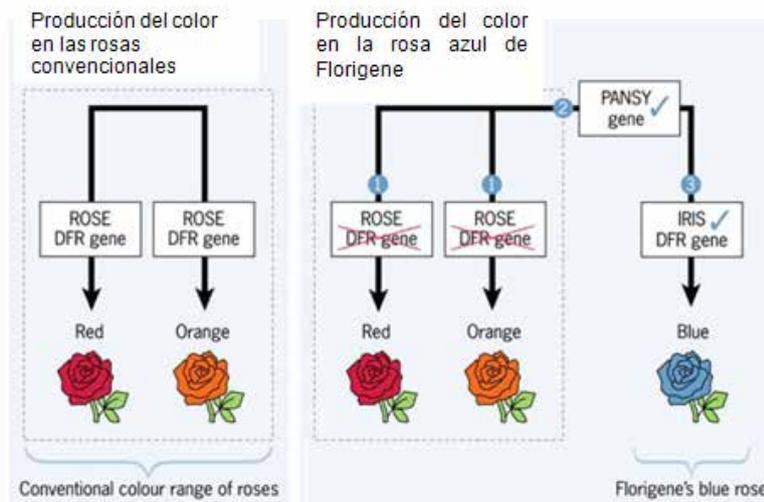


Figura 11. Proceso de obtención de rosas azules por biotecnología vegetal, mediante el silenciamiento de los genes de pigmentación roja de la dihidroflavonol reductasa (DFR) (figura elaborada por la CSIRO)

Legenda:

ROSE DFR gene	Gen DFR del ROSAL
PANSY gene	Gen del PENSAMIENTO
IRIS DFR gene	Gen DFR de IRIS
Red	Rojo
Orange	Naranja
Blue	Azul
Conventional colour range of roses	Gama convencional de colores de las rosas
Florigene's blue rose	Rosa azul de Florigene

La inserción de genes del pensamiento común y de Iris en el ADN del rosal y la desactivación de un gen de esta planta que impide la producción del pigmento azul denominado delfinidina (figura 11) permiten obtener rosas de color azul. La legendaria flor del amor podrá así sintetizar y expresar una

completa gama de tonos, del azul celeste más claro al azul marino intenso. Florigene Ltd. y el fabricante japonés de bebidas Suntory Ltd. lograron descifrar por primera vez el código para la creación de rosas azules en 2004. Actualmente se comercializan con el nombre de variedad "Applause" en muchos países desarrollados (CSIRO, 2005).

Los investigadores del grupo Suntory también están produciendo flores como el clavel, la torenia, el crisantemo y otras muchas. La regulación de los genes relacionados con la producción de pigmentos como la apigenidina, la cianidina, la pelargonidina y la delphinidina influye en la generación del color definitivo en las plantas superiores (figura 12; Katsumoto et al., 2007). La producción de antocianidinas como la apigenidina, la cianidina, la pelargonidina y la delphinidina puede regularse por la sobreexpresión o la supresión de genes, mediante la tecnología de modificación genética, para controlar el color de las flores (Tanaka et al., 2008). Chandler y Tanaka (2007) han publicado un panorama general de la modificación genética en floricultura en el que repasan todas las valiosas investigaciones mencionadas.



Figura 12. "Applause", una variedad de rosa azul desarrollada por primera vez mediante biotecnología vegetal en el Japón.

III. Perspectivas de futuro del fitomejoramiento hortícola en Asia

El futuro del fitomejoramiento de cultivos hortícolas radica en cuatro tecnologías principales: el fitomejoramiento asistido por marcadores, el fitomejoramiento por mutación, el fitomejoramiento por introgresión y la producción de organismos genéticamente modificados (OGM).

El desarrollo de marcadores está avanzando rápidamente año tras año, especialmente en el Japón, la República de Corea y China. Las principales empresas de semillas están invirtiendo enormes sumas en el mejoramiento molecular de cultivos hortícolas. Se están aplicando dos estrategias: la selección asistida por marcadores y el desarrollo de cultivos de OGM. Como ya se ha demostrado con la rosa azul en el Japón y los EE.UU., los cultivos florales están relativamente a salvo de las reticencias del mercado. Sin embargo, todavía existen múltiples barreras para la comercialización de hortalizas modificadas genéticamente, aunque la mayor parte de las investigaciones las realizan instituciones públicas de muchos países. Al parecer, la comercialización de hortalizas modificadas genéticamente aún está en suspenso debido a algunas cuestiones sobre sus efectos en el organismo humano, planteadas por defensores de la agricultura orgánica. Al igual que el maíz y la soja, la colza modificada genéticamente para resistir enfermedades y herbicidas ya se ha introducido en China y la India. La modificación genética de la pigmentación continuará tras el éxito de la rosa azul y los claveles de la serie Moon (figura 13). En la actualidad se están obteniendo nuevos colores en petunias, lirios, crisantemos y algunos otros importantes cultivos florales. Las técnicas de fitomejoramiento por mutación se desarrollarán con mayor rapidez que hasta ahora. Se han llevado a cabo diferentes investigaciones para aumentar la diversidad del germoplasma natural, particularmente en cultivos florales. La tolerancia a la sequía y la resistencia a enfermedades producidas por hongos patógenos como el oídio son algunos de los principales objetivos que ha de perseguir el fitomejoramiento de hortalizas.



Figura 13. Comparación del color de las flores. La variedad 'Lavande', de color rosa (izquierda), se transformó con pSPB919. Las plantas transgénicas resultantes produjeron flores transgénicas de color violeta (derecha) que contenían un 98% de delphinidina (cortesía de Fisiología Celular Vegetal).

Bibliografía

- Abe, T. et al. (2007) Plant breeding using the ion beam irradiation in RIKEN. XVIII Congreso Internacional de Ciclotrones y sus Aplicaciones (Japón).
- Chandler, S. and Tanaka, Y. (2007) Genetic modification in floriculture. *Critical Reviews in Plant Sciences*. 26:169-197.
- CSIRO (2005) World's first blue rose, <http://www.csiro.au/resources/bluerose.html>
- Endo, J. (2011) Enhancing the Effectiveness of the PVP System in the Next 10 Years. Simposio sobre la Protección de las Variedades Vegetales (Seúl, República de Corea).
- Fujishige, N. (2006) Horticulture in Japan 2006. Strawberry. Shoukadoh Publication, Dept. of Publishing of Nakanishi Printing Co., Ltd., Kyoto.
- Katsumoto, Y. et al. (2007) Engineering of the rose flavonoid biosynthetic pathway successfully generated blue-hued flowers accumulating delphinidin. *Plant Cell Physiology* 48(11):1589-1600.
- Mengyu, H. and Zhang H. (2006) Analysis on Import and Export of Vegetable Seed Trade of China. *Acta Horticulturae Sinica* 33(6):1253-1258.
- Seyama, N. and Takai, T. (1980) Establish of a new culturing system for strawberry in the northern part of Japan. II. Effect of photoperiod on the growth and yield. *Bulletin of Vegetable Ornamental Crops Research Station, Japan Ser. B* 3:39-53 (en japonés con resumen en inglés).
- Seyama, N. (2001) The Japanese strawberry industry into the 21th century. *Proceeding of the Japan Strawberry Seminar, 2001*. 10:8-22 (en japonés con resumen en inglés).
- Takahashi, H. (2006) Present status and prospects of ever-bearing strawberry breeding in Northern Japan. *Hort. Res. (Japan)* 5:213-217 (en japonés).
- Takai, T. and Seyama, N. (1978) Establish of a new culturing system for strawberry in the northern part of Japan. I. On autumn covering with plastic in the semi-forced strawberry culture. *Bull. Veg. Ornamental Crops Research Station. Japan Ser. B* 3:39-53 (en japonés con resumen en inglés).
- Takai, T., Seyama, N. and Kitamura, N. (1986) Establish of a new culturing system for strawberry in the northern part of Japan. III. On the adaptability of the cultivar 'Morioka 16'. *Bull. Veg. Ornamental Crops Research Station. Japan Ser. B* 6:79-91 (en japonés con resumen en inglés).
- Tanaka, Y., Sasaki, N. and Ohmiya, A. (2008) Biosynthesis of plant pigments: anthocyanins, betalains and carotenoids. *The Plant Journal*. 54:733-749.
- U N. (1935) Genome analysis in Brassica with special reference to the experimental formation of *B. napus* and peculiar mode of fertilization. *Japanese Journal of Botany* 7: 389-452.
- Watch, G.M. (2009) The world's top 10 seed companies—Who Owns Nature? Report from ETC group. http://www.etcgroup.org/en/materials/publications.html?pub_id=707
- Yamasaki, A. (2007) Current progress of strawberry year-round production technology in Japan. *Simposio Internacional sobre Producción e Investigación de la Fresa en Asia Oriental*. 1-8 (en japonés con resumen en inglés).

T

Fitomejoramiento de variedades florales de cara al mercado mundial

**Sr. Ulrich Sander,
Director Gerente, Selecta Klemm (Alemania)**

1. Introducción

El mercado mundial de las flores es complejo y está dividido en distintos segmentos, como las flores cortadas, las plantas de interior, las plantas de arriate, las plantas perennes, las gramíneas, los arbustos y los árboles. En floricultura se emplean diversas técnicas de propagación, como semillas, esquejes, bulbos y material in vitro. El número total de especies es enorme y su uso depende del clima, la cultura y la situación económica. El prof. Horn calculó que hay unas 400 especies de 250 géneros y 100 familias que tienen importancia comercial. El 95% de las especies relevantes son originarias de fuera de Europa.

Mi experiencia en este mercado se deriva de mi trabajo para Selecta Klemm en el fitomejoramiento, la estrategia comercial y la venta de plantas de arriate y maceta, perennes y flores cortadas.

Selecta es, a día de hoy, un negocio familiar cuyas raíces se remontan a 1932, cuando la familia fundó una empresa de hortalizas que posteriormente se transformó en productora de flores cortadas. En la década de 1960, la empresa se orientó al negocio de la producción de plantas jóvenes y el fitomejoramiento de claveles. Hasta 1996, Selecta se dedicó a tan solo cuatro especies: el clavel, el geranio, la flor de pascua y el impatiens de Nueva Guinea. Tras este período, Selecta diversificó sus actividades de fitomejoramiento. Actualmente cuenta con un equipo de siete fitomejoradores, y en colaboración con socios internacionales, participa en la mejora de unas 45 especies. El aumento de su cartera de productos permitió a Selecta crear una red de distribución formada por representantes, agentes, mayoristas, socios cultivadores y concesionarios. Las variedades de Selecta se comercializan actualmente en todo el mundo. Además de dedicarse al fitomejoramiento, Selecta dedica gran atención a la ampliación de la producción de esquejes no enraizados en África oriental.

2. El mercado mundial de las flores

Según diversos autores, el mercado mundial de las flores tiene un valor, a nivel de la venta al por menor, de aproximadamente 100 000 millones de dólares, siendo el valor del mercado de flores cortadas del orden de 40 000 a 60 000 millones de dólares. El crecimiento anual del mercado mundial es difícil de calcular y depende en gran medida del segmento y del país. En los últimos años, el mercado de la flor cortada se ha estancado, o incluso se ha reducido. Se considera que el mercado de las plantas de arriate o incluso el mercado, más general, de las plantas de exterior, está creciendo en Europa y América del Norte, con tasas de crecimiento de entre el 2% y el 4%.

A nivel minorista, los tres mercados principales son América del Norte, Europa y el Japón. Se estima que estos tres mercados constituyen hasta el 80% del mercado mundial y las empresas de fitomejoramiento están muy centradas en ellos.

No hay información disponible sobre la creación de valor de los distintos métodos de propagación, pero las especies más importantes de flor cortada (rosas, crisantemos, tulipanes, lirios o azucenas, gerbera y clavel) se propagan todas ellas vegetativamente, mediante esquejes, bulbos y material in vitro.

Los obtentores de variedades de multiplicación vegetativa utilizan, con gran frecuencia, los derechos de obtentor y las patentes de plantas para proteger su propiedad intelectual. Las estadísticas oficiales de la OCVV indican que el 58% de los títulos que ha concedido este organismo desde 1996 han sido para variedades ornamentales. Más del 95% de estas variedades se propagan de forma vegetativa (com. pers., OCVV).

La floricultura está experimentando un proceso de consolidación que resulta evidente en el ámbito de los obtentores y los productores de plantas jóvenes. La presión sobre los precios en el sector minorista está impulsando la consolidación hacia todos los niveles superiores de la cadena de valor. Los obtentores

y los productores de plantas jóvenes redujeron sus costos de producción trasladando sus actividades de cultivo de plantas madre, producción de semillas y cultivo de tejidos a países con menores costos. El fitomejoramiento propiamente dicho sigue concentrado en América del Norte, Europa y el Japón.

Además de los obtentores de ámbito internacional, siguen existiendo multitud de pequeñas empresas de fitomejoramiento y obtentores a título particular. Aproximadamente 80 particulares o empresas alemanas tienen un título europeo de «derecho de obtentor». Dada la diversidad de plantas ornamentales, existen numerosos nichos de mercado. Pero también en cultivos de mayor entidad hemos visto muchos ejemplos de novedades espectaculares desarrolladas por empresas pequeñas u obtentores particulares. Pienso que en la floricultura también coexistirán en el futuro pequeñas empresas y obtentores particulares especializados y muy motivados con grandes empresas internacionales.

La segmentación clásica de las plantas en plantas de arriate, plantas perennes, arbustos e incluso hortalizas se está difuminando. Plantas de todas estas categorías compiten por un mismo espacio en los patios, las jardineras y los jardines.

A los consumidores en general les gusta tener un balcón, un patio o un jardín bonitos; sin embargo, a pesar del deseo de tener plantas bonitas, las labores de jardinería tradicionales son un tipo de actividad que se aprecia cada día menos. Del «Hágalo usted mismo» estamos pasando al «Se lo damos todo hecho»; la decoración se está imponiendo a la jardinería. Hoy en día los consumidores esperan soluciones y el trabajo de los obtentores ya no termina con la creación de una variedad nueva, sino que debemos crear soluciones, en colaboración con los cultivadores y los minoristas. Actualmente, las mezclas de plantas de arriate listas para plantar son muy populares en Alemania y son un buen ejemplo del tipo de soluciones que se puede ofrecer al consumidor.

Un fitomejoramiento innovador debe combinarse con un buen concepto de comercialización. Uno de los ejemplos más notables sigue siendo la introducción de la Surfinia en Europa, donde también se llama «petunia colgante». En el segmento de la flor cortada, uno de los ejemplos más llamativos de una combinación exitosa de fitomejoramiento y comercialización fue la introducción de Million Stars, una nueva variedad de gipsófila.

Hoy en día, el lanzamiento comercial de casi cualquier novedad se respalda con campañas de comercialización intensivas. En el pasado, las empresas productoras de plantas jóvenes se centraban en su cliente, el cultivador. Hoy en día, cada vez es más frecuente que el obtentor se ponga en contacto directamente con el minorista y le ofrezca un paquete de genética y comercialización. El fitomejoramiento y la comercialización ya no pueden considerarse actividades independientes; para introducir con éxito las novedades en el mercado ha de combinarse un fitomejoramiento innovador con una comercialización singular.

3. Avances en los métodos convencionales de fitomejoramiento

a. Plantas de arriate

El mercado de las plantas de arriate está muy condicionado por la introducción de nuevos productos que absorben parte de la cuota de mercado de los productos básicos. Se han desarrollado comercialmente nuevas especies y géneros que han conseguido una elevada cuota de mercado en unos pocos años. Un buen ejemplo de ello es la calibrachoa: Suntory introdujo las primeras variedades en el mercado en 1996, y actualmente la calibrachoa es ya la segunda planta de arriate de multiplicación vegetativa de América del Norte. Al menos ocho empresas de fitomejoramiento trabajan intensivamente con esta planta en todo el mundo y año tras año comprobamos las mejoras, cada vez más sustanciales.

Muchas veces, la innovación en las plantas de arriate se basa en la creación exitosa de nuevos híbridos interespecíficos o intergenéricos. Podemos encontrar diversos ejemplos de híbridos que han tenido éxito comercial en los géneros *Osteospermum*, *Lobelia*, *Impatiens*, *Nemesia*, *Calibrachoa* y *Petunia*. A diferencia del fitomejoramiento de los cultivos agrícolas y de las hortalizas, las especies silvestres no son solo la fuente de genes específicos, sino el instrumento para crear una planta completamente nueva. En muchos casos, la propia planta híbrida es ya la variedad comercial. Los retrocruzamientos con las variedades comerciales a veces no introducen mejoras y pueden ser difíciles debido al carácter estéril de los híbridos.

El uso intensivo de la hibridación interespecífica ha generado en muchos géneros ornamentales acervos genéticos complejos caracterizados por distintos niveles de ploidía. Por ejemplo, hay variedades comerciales de claveles de maceta diploides, triploides y tetraploides creadas a partir de diversas especies, como *Dianthus caryophyllus*, *D. deltoides*, *D. chinensis* y *D. allwoodii*.

La generación de nuevos híbridos interespecíficos o intergenéricos va a continuar, y tendrá una gran repercusión en el futuro desarrollo del mercado de las plantas de arriate.

b. Flores cortadas

En los últimos decenios, la producción de flores cortadas se ha desplazado de Europa y América del Norte a América del Sur y África oriental debido, principalmente, a los menores costos de producción y a la influencia del clima sobre la calidad. La aptitud para el transporte y el coste del mismo son los factores decisivos que determinan la medida en que la producción de una especie se traslada al sur. Una tendencia relativamente nueva es la sustitución del transporte aéreo por transporte marítimo. La resistencia de las flores al transporte marítimo puede convertirse en un nuevo criterio de selección en el fitomejoramiento de las flores cortadas.

Los obtentores de flores cortadas se han adaptado progresivamente a esta circunstancia:

- Se han intensificado las pruebas en los países pertinentes.
- Los obtentores compran plantaciones de flores o establecen acuerdos de cooperación con plantaciones para mejorar la introducción y la comercialización de sus variedades.
- Se trasladan programas de fitomejoramiento completos a América del Sur o a África.

Algunos importantes productores de flores cortadas de América del Sur y de África están invirtiendo en fitomejoramiento para desarrollar sus propias variedades. Uno de los ejemplos principales de esta evolución es la empresa Esmeralda Farms.

Selecta ha adaptado sus actividades de fitomejoramiento de flores cortadas para abastecer a los mercados de África, América del Sur y el Japón. Por motivos climáticos, los claveles se cruzan en Tenerife, la selección de plántulas se realiza en Kenya, las plantas candidatas y el acervo genético se guardan en Alemania, y los ensayos de variedades se realizan en Alemania, Italia, Kenya, el Japón y Colombia. Los obtentores deben mejorar sus aptitudes de gestión y estar dispuestos a viajar.

4. La biotecnología en las plantas ornamentales

La biotecnología se ha empleado intensivamente en el fitomejoramiento de plantas ornamentales. En particular, se han aplicado técnicas de cultivo de tejidos como el rescate de embriones, el cultivo de anteras, la inducción de variación somaclonal y las técnicas basadas en la fusión de protoplastos.

La ingeniería genética y el uso de marcadores en el fitomejoramiento son las dos técnicas más importantes y aún está por ver qué aportarán al fitomejoramiento de las plantas ornamentales.

a. La ingeniería genética

Chandler y Lu (2005) informan con detalle sobre el papel de la ingeniería genética en el campo de la horticultura ornamental. Ya en 2005 se había logrado modificar genéticamente más de 30 géneros. Los rasgos modificados fueron, entre otros, distintos tipos de resistencia a enfermedades, la tolerancia frente al estrés abiótico, la resistencia a herbicidas, el color de la flor, una mayor duración de la flor y la mejora de su conservación en florero.

Aún así, todavía hay muy pocos productos comerciales transgénicos. Solo los claveles con color modificado, desarrollados mediante una colaboración entre Suntory y Florigene, se comercializan en varios países. En el Japón se comercializa desde 2009 una rosa azul creada por Suntory.

Actualmente, las empresas de fitomejoramiento recurren en muy pocas ocasiones a la modificación genética de plantas ornamentales. Los motivos principales son bien conocidos:

- El tamaño de los mercados, incluso para los cultivos ornamentales más importantes, es relativamente pequeño.
- Los costos de desregulación son altos.
- No se tiene acceso a derechos de propiedad intelectual por la tecnología instrumental y los genes de rasgos de interés
- El costo de la investigación y el desarrollo de productos es alto.
- En Europa hay una oposición radical a los OMG.

En 2007, Selecta Klemm y Mendel Biotechnology Inc. fundaron una empresa mixta que bautizaron como Ornamental Bioscience GmbH. Mendel Biotechnology está ubicada en Hayward (California, EE. UU.) y se centra en la investigación genómica aplicada de los factores de transcripción de *Arabidopsis thaliana*. Ornamental Bioscience está experimentando con los factores de transcripción de *Arabidopsis* para aumentar la tolerancia al estrés abiótico y la resistencia a enfermedades de las plantas ornamentales. La empresa tiene acceso, por medio de su accionista Mendel Biotechnology, a la tecnología instrumental de Monsanto. El objetivo último es crear una nueva generación de plantas de fácil cuidado que sean fáciles de manipular y mantener, se conserven sanas y toleren la falta de riego.

El primer proyecto de Ornamental Bioscience fue la selección de factores de transcripción interesantes en *Petunia*. Actualmente se están llevando a cabo ensayos de campo y otros estudios intensivos en los EE.UU. con variedades de *Petunia* tolerantes a la sequía que necesitan un 30% menos de agua y resisten largos períodos sin agua.

Aún así, la ingeniería genética no tendrá una gran repercusión en el fitomejoramiento de las plantas ornamentales en los próximos años. Además de su aplicación en la creación de variedades transgénicas, la tecnología puede ayudar a entender mucho mejor los rasgos complejos.

b. La tecnología de marcadores

Rout y Mohapatra (2006) y Byrne (2007) ofrecen una visión general de los marcadores moleculares en plantas ornamentales y de la utilización de marcadores en los programas de fitomejoramiento de árboles frutales y de plantas ornamentales perennes. Antes de 2006 ya se habían publicado estudios sobre los marcadores moleculares de más de 160 especies. La gran mayoría de las aplicaciones de los marcadores en plantas ornamentales son en investigaciones de caracterización genética (huella) para estudios de identificación, diversidad y taxonomía. El origen histórico del acervo genético de muchos géneros ornamentales, en particular de las variedades comerciales, se desconoce o es un secreto de obtentores particulares. Las huellas genéticas ofrecen la posibilidad de obtener una visión general de las relaciones entre distintas líneas de fitomejoramiento rápidamente y a un costo razonable y puede ayudar a que el inicio de un nuevo programa de fitomejoramiento sea más eficaz.

La selección asistida por marcadores sigue usándose muy poco, en la práctica, en el fitomejoramiento de las plantas ornamentales. A diferencia de la caracterización genética, antes de poder aplicar la técnica es necesario realizar investigaciones caras y largas, que incluyen estudios de fenotipado y cartografía. Los mapas de los vínculos genéticos son muy importantes para conocer mejor la herencia de los rasgos importantes, marcar genes y establecer programas de fitomejoramiento asistido por marcadores.

Uno de los grupos de variedades que más se han estudiado ha sido el de los rosales para jardín y para flor cortada. Además de un mapa de vínculos genéticos, se han caracterizado bien los genes de resistencia a diversas enfermedades (Schulz et al., 2009). No obstante, la repercusión de estas investigaciones sobre las prácticas de fitomejoramiento ha sido escasa hasta la fecha.

En muchas especies ornamentales no hay información disponible sobre la herencia de rasgos importantes y no es fácil de analizarla debido a la complejidad de los niveles de ploidía. Se necesitará investigar más sobre la base genética de la resistencia a enfermedades, la tolerancia al estrés abiótico, la productividad, la conservación en florero, etcétera. Para la mayoría de las especies ornamentales, aún se ha de continuar investigando con marcadores moleculares para comprender mejor la genética de rasgos importantes y

poder aplicar el fitomejoramiento asistido por marcadores en los programas de fitomejoramiento. Dado que las técnicas de marcadores y la secuenciación de ADN se están desarrollando a gran velocidad, es posible que el desarrollo de este tipo de investigaciones se acelere en un futuro próximo.

La selección asistida por marcadores influyó en gran medida en el fitomejoramiento de los cultivos agrícolas y hortícolas. En el caso de las plantas ornamentales, la evolución será diferente: esta tecnología se aplicará en casos concretos, pero quedará más espacio disponible para los obtentores que no puedan o no quieran usar marcadores moleculares.

5. Calibrachoa con flores dobles: caso práctico

Selecta comenzó a desarrollar nuevas variedades de Calibrachoa en 1996. Los objetivos del fitomejoramiento eran ampliar el rango de colores, mejorar los caracteres relacionados con la producción y lograr una floración temprana.

En la temporada 2006/2007, Selecta consiguió presentar la primera variedad con flores dobles, que resultó premiada por el sector de los cultivadores de invernadero de los Estados Unidos (Medal of Excellence for Industry's Choice de la asociación Greenhouse Grower).

Para la obtención de las primeras flores dobles fue necesario desarrollar numerosas técnicas que contribuyeron directa o indirectamente al éxito: la fusión de protoplastos, el cultivo de anteras o la inducción de mutaciones mediante radiación. Además de las técnicas, se han integrado en el programa de fitomejoramiento nuevas especies. Los detalles técnicos están publicados en una patente de utilidad estadounidense que se presentó en 2006 y fue concedida en 2010 (Double Flower Calibrachoa Breeding Methods and Plants Produced Therefrom / patente estadounidense N.º 7 786 342).

Ya en 2008 un competidor presentó variedades con flores dobles en los Pack Trials de los Estados Unidos (una feria de muestras). Se comprobó, mediante un estudio citológico y la técnica de AFLP (polimorfismo de longitud de fragmentos amplificados), que eran híbridos de nuestra primera variedad con flores dobles. Desarrollar este nuevo rasgo requirió años y una gran inversión en tecnología. Dado que el mecanismo genético de la herencia de las flores dobles es relativamente sencillo, el rasgo se transfirió muy rápidamente a las líneas mejoradas de nuestros competidores.

6. Los derechos de propiedad intelectual y el progreso de las actividades de fitomejoramiento

Los derechos de obtentor son un requisito necesario para el fitomejoramiento de plantas ornamentales de multiplicación vegetativa con fines comerciales. El Convenio de la UPOV de 1991 ha mejorado la situación de los obtentores de plantas ornamentales. Actualmente, también las mutaciones pertenecen al obtentor de la variedad original, lo que acepta plenamente la gran mayoría de los cultivadores. La propagación ilegal sigue siendo un problema grave y los obtentores se ven obligados a defender su posición constantemente.

Sin embargo, los debates y los conflictos entre obtentores en el ámbito de las variedades esencialmente derivadas y las patentes han aumentado en intensidad. El ejemplo de Calibrachoa muestra lo difícil que es desarrollar un nuevo rasgo y lo rápido que puede ser copiado. Es necesario que las inversiones en fitomejoramiento cuenten con un marco de protección temporal suficiente. Las patentes pueden constituir un importante complemento a los derechos de obtentor que permita a los obtentores de plantas ornamentales disponer de una protección suficiente.

Bibliografía

Byrne (2007) *Acta Hort.* 751, 163-167

Chandler & Lu (2005) *In vitro Cellular & Developmental Biology* 41 (5):591-601

Rout & Mohapatra (2006) *Europ. J. Hort. Sci.* 71 (2):53-68

Schulz, Linde, Bleichert & Debener (2009) *Europ. J. Hort. Sci.* 74 (1):1-9

Objetivos del fitomejoramiento de variedades frutales en el siglo de XXI

Sra. Wendy Cashmore,

Directora del Equipo de Gestión de Variedades Vegetales, Instituto Neozelandés de Investigación sobre Plantas y Alimentación (Nueva Zelanda)

Hay demanda de cultivares novedosos bien adaptados a diversos entornos de producción y que ofrezcan ventajas para el productor y el consumidor. Ya entrado el siglo XXI, los objetivos principales del fitomejoramiento de plantas frutales siguen siendo el atractivo para el consumidor y el rendimiento agronómico. Sin embargo, el grado de complejidad en la interpretación de estos objetivos y su aplicación para lograr el éxito del fitomejoramiento evolucionan rápidamente.

Los obtentores de plantas frutales están adelantándose a esta evolución, ampliando sus capacidades para aprovechar el conocimiento de las preferencias de los consumidores y adaptándose a los cambios (climáticos y tecnológicos) en el entorno de producción; además, su enfoque de cara al establecimiento de los objetivos de fitomejoramiento y la creación de cultivares es cada vez más multidisciplinar.

Las prioridades son ahora la identificación de la diversidad genética y la captura de rasgos deseables mediante la preselección y el desarrollo de parentales. En el siglo XXI, la generación de cultivares —es decir, la creación de cultivares aptos para su comercialización inmediata— debe realizarse mediante un proceso de obtención más adaptable y racional, con un calendario de desarrollo más corto.

Introducción

A pesar de algunos desafíos importantes (entre ellos, el estado financiero de las economías de ciertos países), los mercados hortofrutícolas internacionales nunca han estado, en muchos sentidos, tan dispuestos o han sido tan capaces como ahora de adoptar nuevos productos innovadores. Actualmente se dispone de tecnologías que permiten distribuir, de los productores a los consumidores de todo el mundo, frutas y hortalizas de gran calidad, frescas y con un tratamiento mínimo. Las frutas y hortalizas tienen un «aura de salud» considerable, como resultado de los numerosos estudios avalados por expertos sobre las relaciones entre la alimentación y la salud y el bienestar de las personas. Las tecnologías de la información y el auge de las redes sociales hacen posible que un mayor número de consumidores acceda a más información más rápido de lo que nunca antes había sido posible.

En su respuesta a esta oportunidad, las entidades del sector del fitomejoramiento de plantas frutales se enfrentan a una especie de dilema. Por un lado, en el sector frutícola comercial hay una gran competitividad, y los obtentores vegetales se ven presionados por la demanda de variedades nuevas, mejores que las anteriores, desarrolladas en plazos más cortos y que ofrezcan ventajas para el consumidor que merezcan inversiones considerables en el desarrollo, producción y comercialización del producto, así como en la protección de la propiedad intelectual. Para ser competitivos y que su labor tenga repercusión en este entorno, los obtentores vegetales deben contar con considerables recursos financieros y genéticos, así como una gran capacidad. Además de estos factores, el aumento de la interactividad profesional entre distintas entidades de investigación y desarrollo está favoreciendo el intercambio de recursos y permite crear economías de escala en el acceso a, y el desarrollo de, nuevas técnicas y en la creación de mapas genómicos de especies vegetales. Todo ello, sin poner en peligro la «técnica» del obtentor para concebir y desarrollar cultivares nuevos y novedosos mediante la aplicación de enfoques de investigación multidisciplinarios.

Las ideas aquí reflejadas sobre la obtención de plantas frutales en el siglo XXI se presentan desde la perspectiva y la experiencia de nuestra empresa, Plant & Food Research, una empresa científica con sede en Nueva Zelanda que ofrece servicios de investigación y desarrollo para añadir valor a diversos productos vegetales, tanto frutas y hortalizas como plantas ornamentales y agrícolas, así como productos alimentarios. Nuestro objetivo primordial es afianzar el crecimiento de la producción vegetal y marina en Nueva Zelanda mediante la aplicación y comercialización de innovaciones basadas en la investigación científica. Nuestras investigaciones científicas apoyan la producción sostenible de productos agrícolas de alta calidad que obtienen un sobreprecio en los mercados internacionales y

que, además, impulsan el diseño y el desarrollo de alimentos funcionales nuevos y novedosos que ofrecen beneficios para la salud y el bienestar de las personas.

Somos una importante proveedora de servicios de investigación para el sector y para las organizaciones de productores de Nueva Zelanda y otros países. Proporcionamos servicios de investigación a múltiples socios científicos y comerciales, ya sea cobrando por los servicios prestados o mediante acuerdos de colaboración. También obtenemos regalías y derechos de licencia derivados de la comercialización de los resultados de nuestras investigaciones, por ejemplo de cultivares patentados y otros derechos de propiedad intelectual.

Nuestras investigaciones permiten a nuestros socios del sector enfrentarse a los retos del siglo XXI: producir más y mejores alimentos con un menor impacto ambiental y un menor consumo de insumos. Trabajamos con nuestros socios para optimizar cada etapa de la cadena de producción y suministro de alimentos, desde el campo o el mar hasta el consumidor, maximizando el valor, mejorando la eficiencia de la asignación de recursos y e innovando en el desarrollo de productos alimenticios nuevos y novedosos.

Aspiramos, en todos los casos, a integrar la investigación científica en distintas plataformas de producción, tratamiento, distribución y comercialización, aunando la perspectiva de mercado con un conocimiento profundo y esencial del potencial biológico de nuestros recursos alimenticios. Trabajamos con nuestros socios para detectar oportunidades de mercado y solucionar los problemas que plantea la consecución de sus objetivos. Nuestras investigaciones permiten a los productores, transformadores y exportadores de alimentos suministrar y comercializar con éxito alimentos frescos y elaborados que satisfacen las necesidades de los consumidores, en el marco de tendencias internacionales bien definidas en materia de alimentos: salud, sostenibilidad, fácil preparación, novedad y cualidades organolépticas.

Investigaciones específicas futuras

Los obtentores de plantas frutales de todo el mundo son conscientes de que las empresas hortícolas para las que trabajan deben seguir innovando para satisfacer las exigencias de los consumidores en cuanto a calidad, sabor, aspecto y novedad, con el fin de conservar su lugar en el mercado global y seguir siendo competitivos. Los productores se enfrentan, a nivel mundial, al reto de ser cada vez más productivos, sostenibles, eficientes, receptivos y, por supuesto, de adaptarse a los vaivenes del tiempo meteorológico, los mercados y los legisladores.

En todo el mundo, los obtentores de plantas frutales y los fruticultores responden a numerosas tendencias, a veces contradictorias, en investigación, comerciales y del mercado. Cabe citar las siguientes:

- el aumento de los acuerdos multilaterales de libre comercio en todo el mundo en respuesta al GATT
- la mayor disponibilidad de medidas de protección de la propiedad intelectual para las obtenciones en todo el mundo promovidas por el Acuerdo sobre los ADPIC y la adopción del sistema de la UPOV
- la demanda por parte de los consumidores de novedad, sabor y disponibilidad durante todo el año, además de responsabilidad social y medioambiental
- consideraciones relativas a la huella de carbono y el consumo de agua de la producción
- un mayor desarrollo, afluencia y segmentación del mercado, que crea nuevas oportunidades y segmentos de clientes
- la comercialización de las frutas y los productos de frutas con marcas patentadas
- el reconocimiento por parte del mercado de los mensajes de promoción de la salud asociados con las llamadas «superfrutas», que están generando mayor interés, valor y demanda.
- el aumento de los precios de los productos alimentarios básicos
- la necesidad de alimentar al mundo y de que los países tengan en cuenta su seguridad alimentaria en el futuro
- el aumento del costo del acceso a las tierras y los recursos naturales necesarios para la producción frutícola
- la repercusión del cambio climático sobre la producción en el futuro

- el aumento de los costos de las operaciones logística de almacenamiento y transporte, que incentiva la producción cerca del mercado de destino
- la competencia internacional entre productores que impulsa la demanda de una mayor productividad y mecanización, y de productos de mayor valor (ya sean frescos o con tratamiento mínimo; p. ej., los sometidos a congelación individual ultrarrápida).
- los crecientes costos del cumplimiento de normas relativas a la salubridad de los alimentos, la autenticación de productos, la garantía de la calidad, el etiquetado y la responsabilidad en materia medioambiental
- el supuesto uso de la cuarentena como obstáculo de facto al comercio
- la mayor conciencia sobre el valor potencial de las nuevas tecnologías y conocimientos en el ámbito de la genética
- el desarrollo de productos químicos «no agresivos» específicos contra plagas concretas, para una gestión de plagas y enfermedades más respetuosa con el medio ambiente
- nuevas técnicas de investigación y mapas genómicos que aumentan la eficiencia de la selección del fitomejoramiento «clásico» o convencional
- el aumento (y, en algunos mercados, estancamiento) de la ingeniería genética.

El desarrollo de nuevos cultivares de frutales conlleva plazos largos, por lo que es importante que todos los que intervienen sean capaces de distinguir entre las modas pasajeras en materia de frutas de las tendencias generales duraderas, que pueden servir de orientación más fiable sobre los mercados del futuro. Nuestra empresa ha detectado tres aspectos principales de las tendencias científicas más recientes y las que determinarán nuestras investigaciones científicas en el futuro:

1. El enfoque sistémico. Cada vez hay mayor conciencia de que las fronteras ambientales y biológicas se están difuminando, y de que para analizar los problemas científicos, ya sea en el ámbito de la genómica, la protección contra riesgos biológicos o la producción sostenible, es preciso analizar y generar modelos de sistemas completos.
2. La sostenibilidad. Afecta al fitomejoramiento a la producción vegetal más eficiente y con mínimo impacto medioambiental, a los sistemas y la logística de la producción de alimentos, y a las preferencias y demandas de los consumidores.
3. La respuesta humana. Se refiere a los conocimientos y exigencias cada vez mayores de los consumidores en materia de ciencia, genética, medio ambiente y cuestiones sociales, que influyen en la investigación en todas las disciplinas.

La obtención de nuevas variedades frutales

En muchos cultivos frutales consolidados se han introducido, en los últimos cien años, multitud de variedades nuevas que satisfacen en gran medida las necesidades y expectativas actuales de los consumidores. En estos cultivos, los baremos de calidad han aumentado hasta el punto de que toda variedad nueva debe poseer excepcionales ventajas agronómicas y para el consumidor para lograr hacerse un hueco en los anaqueles de los supermercados y en los huertos de frutales modernos.

Otros cultivos quizá no hayan alcanzado su potencial comercial pleno en el sector frutícola y puede ser necesaria, para conseguir alcanzarlo, la intervención del obtentor para lograr mejoras genéticas que repercutan en su adaptación ambiental, diversidad, resistencia a plagas y enfermedades, productividad, tiempo de almacenamiento y atractivo para el consumidor.

Plant & Food Research combina el fitomejoramiento tradicional con modernas técnicas genómicas para desarrollar cultivares mejorados en menos tiempo.

Nuestros principales objetivos de fitomejoramiento, que reflejan un enfoque de investigación integrado y multidisciplinar, son los siguientes:

- la obtención de nuevos marcadores y herramientas de fitomejoramiento que permitan acortar el desarrollo de cultivares nuevos antes de su lanzamiento al mercado
- el diseño y desarrollo de cultivares adaptados a las tendencias de consumo internacionales
- el desarrollo de cultivares y sistemas de propagación mejor adaptados al cambio climático
- nuevos cultivares resistentes a las plagas y enfermedades importantes.

Disponemos de extensas colecciones de germoplasma de los géneros y especies con los que trabajamos, formadas por miles de ejemplares con diferentes características genéticas. Estas colecciones son un recurso genético exclusivo que utilizamos en nuestros programas de fitomejoramiento. También proporcionan una amplia fuente de variabilidad genética que pueden estudiar nuestros investigadores para conocer los mecanismos moleculares que controlan los principales rasgos comerciales. El objetivo de nuestra investigación genómica es determinar los mecanismos moleculares de control de rasgos de interés y utilizar esa información en el diseño de los programas de fitomejoramiento.

Desde el punto de vista estratégico, en el fitomejoramiento de frutales nos planteamos objetivos a corto, medio y largo plazo.

Objetivos a corto y medio plazo

- una plataforma con nuevas técnicas genómicas y de fitomejoramiento que permita el desarrollo, en la mitad de tiempo, de cultivares que cumplan objetivos acordados conjuntamente
- cultivares adaptados a sistemas de producción concretos y a la variabilidad y cambios medioambientales
- la secuenciación genómica completa y caracterización por secuenciación profunda (deep sequencing) de las diferencias alélicas para proporcionar numerosos ecotipos para el entorno Neozelandés y de otros lugares.

Objetivos a largo plazo y de futuro

- germoplasma enriquecido para cultivares de última generación con una gran carga de rasgos de primera calidad para alimentos e ingredientes frescos y saludables
- obtención de cultivares, de todos los cultivos neozelandeses, que sean aptos para la producción sostenible en los climas y entornos que se darán en 2050
- el desarrollo de un conjunto completamente nuevo de técnicas de fitomejoramiento (en particular la secuenciación del genoma completo de nueva generación, la cartografía genómica y la selección y fenotipado basados en genomas completos) para reducir a la mitad el tiempo necesario para producir nuevos cultivares
- la coordinación de nuestros equipos e instalaciones para proporcionar un enfoque multidisciplinar en diversos campos (por ejemplo la bioinformática, la genética cuantitativa y la química analítica).

En la actualidad, los principales objetivos de nuestros programas de fitomejoramiento son los siguientes:

Rasgos de interés para el productor	Rasgos de interés para el consumidor
Producción	Calidad
Adaptabilidad al entorno	Sabor y aroma
Resistencia a plagas y enfermedades	Textura
Almacenamiento poscosecha	Color
Estacionalidad	Propiedades saludables
Aptitud para la transformación	Fácil preparación

Nuestro objetivo estratégico de fitomejoramiento para el siglo XXI puede resumirse en la frase «Mejores cultivares, más rápido». Estamos trabajando, con ese objetivo, en:

- el desarrollo de nuevos cultivares a partir del fitomejoramiento inteligente de germoplasma selecto
- nuevas técnicas de fitomejoramiento para acelerar el desarrollo de cultivares
- nuevos cultivares que:
 - o responden a las tendencias de consumo internacionales
 - o están adaptados al cambio climático
 - o son resistentes a las principales plagas y enfermedades.

Entre las medidas fundamentales que estamos tomando para acelerar nuestros programas de fitomejoramiento de cultivares cabe citar:

- la disminución del tiempo de generación y la aceleración del suministro de los productos mejorados
- la detección rápida de las líneas «idóneas»
- el aumento de la eficacia y la eficiencia del ciclo de fitomejoramiento
- la reducción de la probabilidad de lanzar al mercado un producto deficiente, reduciendo el número de genotipos inferiores que pasan a la siguiente generación.

Nuestro objetivo es reducir al mínimo el tiempo transcurrido entre la selección de los parentales y la plena difusión comercial. Entre las medidas e instrumentos fundamentales para aumentar la velocidad del proceso de fitomejoramiento cabe citar:

- el desarrollo y mantenimiento de un germoplasma diverso
- el uso de marcadores moleculares para los rasgos principales
- el genotipado rápido y de alto rendimiento, la selección basada en genomas completos y la secuenciación de genotipos individuales
- la aceleración del crecimiento de árboles mediante la reducción de la fase juvenil
- técnicas de fenotipado rápidas, de alto rendimiento y no destructivas, basadas en la reflectancia en el infrarrojo cercano (NIR)
- bases de datos y análisis de datos eficientes.

Aunque nuestra empresa tiene amplia experiencia en la obtención de nuevas frutas con características novedosas que resultan atractivas para los consumidores (relativas al sabor, la textura, el color o la forma) o a los productores (un mayor rendimiento, resistencia a plagas y enfermedades, estacionalidad y potencial de almacenamiento), buscamos constantemente nuevos enfoques. Igual que para otros obtentores de frutales, esta búsqueda no conlleva necesariamente realizar cambios radicales, sino más bien una mejora más consciente, gradual y diligente de nuestras capacidades.

En este contexto, nuestra empresa emplea técnicas de fitomejoramiento convencionales para crear nuevos cultivares y el proceso de fitomejoramiento se basa en nuestro conocimiento de la genética de los rasgos principales. Gracias a nuestra amplia colección de germoplasma, disponemos de una gran diversidad genética que podemos utilizar en nuestros programas de fitomejoramiento. Seleccionamos, aplicando técnicas genéticas, los parentales que ofrecen la mayor probabilidad de producir descendencia con los rasgos deseados. Nuestro equipo de investigación genómica detecta y aísla nuevos genes. Con esta información, nuestro equipo de fitomejoramiento selecciona las plantas que contienen esos genes y acota así la búsqueda de parentales con los rasgos genéticos idóneos. También realizamos una selección de los descendientes y aislamos las plantas con el perfil genético más prometedor para su mejora ulterior o para su comercialización exitosa, reduciendo el número y aumentando la calidad de las plantas selecciones que se someterán a ensayos de evaluación.

En su sección de Fitomejoramiento y Genómica, Plant & Food Research cuenta con tres equipos científicos estructurados en una línea de desarrollo de productos. La sección abarca diversas disciplinas, desde la investigación en laboratorio hasta la investigación aplicada en ensayos de campo. Es importante destacar que incluye los huertos de investigación del Instituto, distribuidos en las principales regiones hortícolas de Nueva Zelanda, lo que nos permite colaborar estrechamente con nuestros socios de la industria. Nuestra red de fincas de investigación agraria, que abarca más de 300 hectáreas de huertos y tierras agrícolas, ofrece a nuestros investigadores la oportunidad de realizar una extensa evaluación de posibles cultivares nuevos en diferentes condiciones climáticas antes de iniciar ensayos de cultivo a mayor escala. Formamos parte de varios proyectos internacionales de cartografía y secuenciación de genoma, en los que trabajamos con otros centros de investigación de todo el mundo para conocer el material genético de cultivos de interés. Además, poseemos patentes de múltiples técnicas genómicas y genes vegetales fundamentales.

Plant & Food Research es una empresa conocida en todo el mundo por su innovación en el fitomejoramiento. Productos como la manzana JAZZ™ (el cultivar Scifresh) y el kiwi ZESPRI® GOLD (el cultivar Hort16A) nos han granjeado la reputación de desarrollar productos nuevos y novedosos que ofrecen cualidades excepcionales para los consumidores.

Caso práctico: la manzana

El cultivar de manzana Scifresh, desarrollado por Plant & Food Research y comercializado con la marca Jazz™, es el resultado de cruzar los cultivares de manzana Braeburn y Royal Gala y presenta una combinación de rasgos y cualidades para el consumidor superior a ambos progenitores. Nueva Zelanda es reconocida por el desarrollo de nuevas variedades de manzanas. Por ejemplo, según el World Apple Review (2004), las variedades de manzana producidas y seleccionadas en Nueva

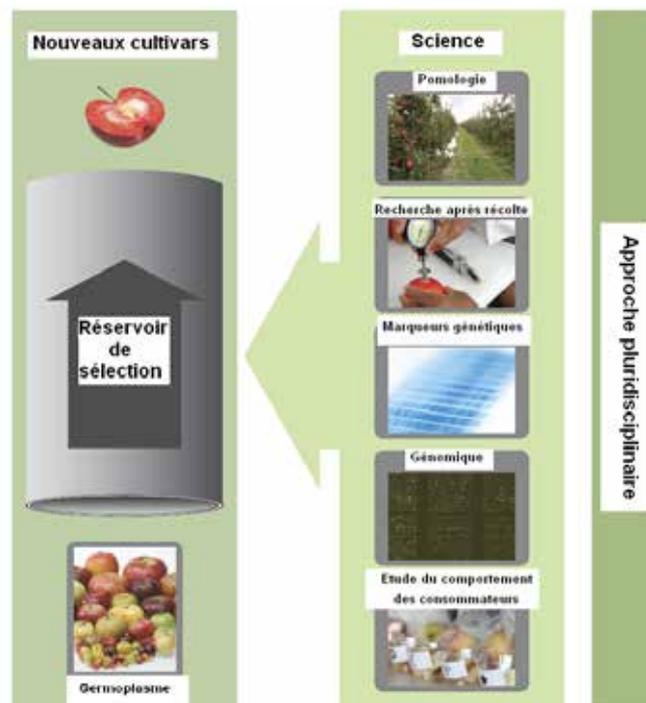
Zelandia desde la década de 1950 constituyen el 11,5% de la producción mundial de manzana, y se prevé que la proporción aumente con el tiempo. Sin embargo, aunque ambas variedades parentales se desarrollaron en Nueva Zelandia, se cultivan libremente en otros países y su producción ha sido desarrollada por competidores de los agricultores y comercializadores neozelandeses. El nuevo cultivar, comercializado bajo la marca Jazz™, se ha considerado un arquetipo de una nueva estrategia de comercialización. El desarrollo comercial de Jazz™ lo controla ENZA International Limited, una empresa con sede en Nueva Zelandia. ENZA posee frutales en regiones productivas clave de todo el mundo y controla, por medio de contratos, el suministro de la fruta, de modo que es capaz de garantizar un flujo continuado de beneficios económicos que revierten en Nueva Zelandia. Los derechos sobre las obtenciones vegetales y las marcas son herramientas que han permitido a Nueva Zelandia contemplar formas innovadoras de negocio a escala mundial y aprovechar las ventajas de la innovación en el país. Este ejemplo también subraya el modo en que la ciencia y la industria pueden trabajar conjuntamente para desarrollar una nueva variedad de manzana y proteger la propiedad intelectual para la explotación mundial del producto de modo que los beneficios reviertan a Nueva Zelandia.

Nuevas manzanas y peras

Aunque Plant & Food Research ha obtenido importantes éxitos comerciales con sus cultivares de manzanas —en particular, las manzanas de la serie Pacific, Jazz™ y, más recientemente, Envy™— sabemos que hay numerosos programas de fitomejoramiento de manzanas en todo el mundo (unos 50). Los programas de fitomejoramiento de manzanas y peras suelen centrarse principalmente en mejorar la calidad de la fruta, especialmente su textura. Muchos de los programas utilizan un material parental similar al nuestro.

Para crear un nuevo cultivar de manzana o de pera han de tenerse en cuenta numerosos caracteres del árbol y del fruto. Nuestra posición es que además de tomar en consideración estos caracteres, debemos añadir algo especial a nuestros nuevos cultivares y debemos desarrollarlos lo más rápidamente posible.

Figura 2. Marco del fitomejoramiento de frutos de pepita de Plant & Food Research



De cara al futuro, hemos adoptado nuevos objetivos de fitomejoramiento adaptados a nuestro programa de investigación en frutos de pepita:

- caracteres de sabor intenso en manzanas y peras
- resistencia interna duradera de las plantas a las principales plagas y enfermedades
 - permite el crecimiento sostenible de los cultivares en sistemas gestionados con pulverización a bajo volumen
- diversos colores de pulpa
- posibles vínculos con propiedades saludables.

Aunque nuestros obtentores analizan más de 40 rasgos importantes de los árboles y los frutos, los principales criterios de selección son:

- calidad de la fruta tras el almacenamiento
- aspecto de la fruta
- productividad y rendimiento comercializable (packout) altos.

Nuestro proceso de fitomejoramiento de manzanas y peras ha evolucionado mucho con el tiempo, hasta adoptar su estructura actual, reflejada en la figura 3. Cabe destacar los siguientes cambios introducidos en el transcurso de esta evolución para lograr que el fitomejoramiento de los cultivares sea más rápido y más eficiente y para aumentar las posibilidades de éxito:

- preselección más amplia para disponer de más parentales
- producción de más plántulas (se multiplica por seis cada año)
- acortamiento de los plazos transcurridos desde la fase de plántula hasta la evaluación en el huerto
- nuevas técnicas de análisis de datos para predecir mejor el rendimiento de las plántulas
- pruebas con consumidores de líneas selectas para estimar mejor el valor del futuro producto.

Figura 3. Proceso de fitomejoramiento de frutos de pepita.



Caso práctico: el kiwi

Nueva Zelanda contribuyó de forma decisiva a la introducción del kiwi de pulpa verde en los mercados frutícolas internacionales en la década de 1960. Este desarrollo surgió inicialmente por el interés de Hayward Wright, un horticultor aficionado que produjo en 1925 la variedad Hayward de kiwi de pulpa verde que actualmente domina en el mercado. El kiwi es uno de los pocos cultivos frutales nuevos introducidos en el comercio internacional en el siglo XX y actualmente se cultiva en muchos países. Sin embargo, este desarrollo comercial se basó en una sola selección, de un solo género y una única especie. El desarrollo del nuevo cultivar de kiwi de pulpa amarilla Hort16A, comercializado bajo la marca ZESPRI™ GOLD, fue un importante paso hacia delante que alivió las preocupaciones de la industria por la dependencia de un monocultivo. La nueva variedad, con un color de pulpa diferente, menos peluda y con un sabor más dulce y más tropical, complementa a la variedad Hayward. La selección de la variedad Hort16A fue el comienzo, pero la comercialización requería una propagación acelerada, la aceptación de la industria e investigaciones sobre el manejo de la planta, y su calidad y su fisiología poscosecha, además de una estrategia coherente de comercialización internacional.

El nuevo kiwi

Juntos, Plant & Food Research y ZESPRI, están decididos a producir más cultivares nuevos de kiwi que logren un éxito comercial importante. La industria se plantea los siguientes objetivos estratégicos:

- suministro continuo de fruta de gran calidad siete días a la semana, los 365 días del año
- triplicar los ingresos de exportación, de 1 000 millones de dólares neozelandeses (NZD) a 3 000 millones de NZD, para 2025
 - o y sustentar estos logros en variedades nuevas diferenciadas y patentadas.

Los principales objetivos del fitomejoramiento de nuevos cultivares de kiwi son:

- nuevos colores de pulpa
- buen almacenamiento
- ampliación del período de cosecha
- sabores nuevos/novedosos
- fácil preparación (p. ej., fácil pelado).

En el programa de fitomejoramiento del kiwi se han producido cambios significativos en los últimos cinco años; por ejemplo, cambios en los conceptos de producto, la escala y el manejo de las poblaciones de plántulas, así como en las estrategias de fitomejoramiento y las técnicas utilizadas. Los cambios principales se exponen en el cuadro siguiente.

Antes de 2005	2005-2010
No había conceptos de producto	Se desarrollan los conceptos de producto en reuniones anuales entre PFR y ZESPRI
Recopilación de datos de los consumidores	El programa de fitomejoramiento se basa en estudios de mercado y sobre los consumidores
<5000 plántulas/año	Multiplicación por 4-5 del número de plántulas/año
Densidades de plantación bajas	Densidades de plantación altas
Selección en masa	Selección en masa y selección recurrente/mejoramiento poblacional
Poblaciones mixtas	Poblaciones funcionales
Fitomejoramiento sin ayuda de marcadores	Aplicación de del uso de marcadores al fitomejoramiento
Recogida de datos	Análisis de los datos para la detección de rasgos importantes

Conclusiones

Los obtentores de plantas frutales se han marcado objetivos ambiciosos para el siglo XXI. No se deberían infravalorar las posibilidades de que futuras mejoras genéticas consigan llevar a especies de fruta tradicionales a nuevos espacios de mercado. Al fin y al cabo, los kiwis se han considerado frutas verdes y pilosas durante 30 años, pero han experimentado recientemente un renacimiento comercial, con un nuevo color, sabor y apariencia. Es probable que la variedad y la novedad que se están desarrollando en estas especies se repitan en otros cultivos. Es posible que otros géneros y especies de frutas que actualmente no se cultivan comercialmente se conviertan en cultivos económicamente viables para los productores.

En respuesta a la demanda de cultivares nuevos, bien adaptados a diversos entornos de producción y que ofrezcan ventajas para el productor y el consumidor, los objetivos del fitomejoramiento se basarán cada vez más en estudios de consumo y de mercado. Uno de los principales desafíos para los obtentores de plantas frutales es aportar ventajas nuevas y verdaderas para los consumidores; en otras palabras, dado que hay actualmente muchos cultivares de buena calidad de múltiples cultivos frutales que satisfacen la mayor parte de las necesidades de los consumidores... ¿cuáles serán las próximas innovaciones?

Las nuevas técnicas acelerarán, sin duda, el desarrollo de variedades y los obtentores están afrontando los retos que conlleva su aprovechamiento pleno, en particular:

- la rápida evolución de las nuevas técnicas
- la gestión y el análisis de grandes conjuntos de datos.

Aunque los derechos de propiedad intelectual están bien establecidos en el negocio de la fruta convencional y seguirán implantándose en cada vez más ámbitos, la estructuración del modelo de negocio basado en la explotación de patentes desempeñará un papel más importante en el futuro. También continuará la dicotomía entre la competitividad entre mercados y productos y una mayor consolidación de las investigaciones en colaboración.

La capacidad de gestionar poblaciones más grandes de plántulas gracias a la mejora de los métodos de selección y la reducción del tiempo necesario para la producción en serie de cultivares, son reales y manifiestas: el fitomejoramiento asistido por marcadores ya se está utilizando. De cara al futuro, los obtentores de plantas frutales pueden esperar, de manera realista, contar con más marcadores genéticos y la selección basada en genomas completos, para obtener más cultivares más rápido (es decir, lograr una mayor tasa de ganancia genética).

El rumbo para el siglo XXI de organizaciones como Plant & Food Research estará fijado por el análisis del valor que aportamos y las propuestas y técnicas de valor exclusivo que contribuiremos al campo del fitomejoramiento, así como por una legislación sólida en materia de propiedad intelectual que permite rentabilizar la inversión. Este rumbo nos permitirá avanzar hacia nuestro objetivo de ofrecer, en poco tiempo, la tecnología y la innovación más actual en materia de nuevos cultivares, para satisfacer la demanda de todos los rincones de un mundo cambiante.

Debates (transcripciones)

SESIÓN 1: Las ciencias vegetales y el futuro del fitomejoramiento

La función de la genómica en la mejora de los cultivos

Mike Bevan

Konstantin G. Skryabin, (ponente): Tal vez el cuello de botella en toda la investigación genómica será en la informática ahora tenemos tantas secuencias que la principal tarea pendiente es analizarlas. ¿Qué recomendaría a los obtentores y a los científicos que realizan esta secuenciación?

Mike Bevan (ponente): Tiene toda la razón en eso. El desafío será hacer cosas sensatas e inteligentes con esta ingente cantidad de datos. Actualmente, el reto no es solo la producción de datos: eso podemos hacerlo con las técnicas de secuenciación mejoradas. Pensamos que contamos con una estrategia adecuada para estudiar el genoma del trigo y para secuenciar nuevamente numerosas variedades silvestres. El truco, como dice, es contar con los mejores especialistas en bioinformática, análisis de datos y elaboración de modelos para poder detectar variaciones genéticas importantes y aplicar esa información, lo más rápidamente posible, a la producción de cultivos.

Niels Louwaars, de la asociación neerlandesa Plantum: Aquí hablamos de los derechos de propiedad intelectual y usted pone un gran énfasis en el carácter abierto de su trabajo, la parte correspondiente al sector público. ¿Por qué es tan importante, en su opinión, que esta labor se realice en el sector público y no en el sector privado?

Mike Bevan: Se refiere usted a mi observación de que las variedades nuevas que producimos aquí, en el programa de preselección, se pondrán a disposición de los obtentores de todo el mundo para que puedan utilizarlas libremente y que los datos de las secuencias que estamos generando se difundirán gratuitamente. Creemos que este es el camino más rápido para progresar. Las personas que generan líneas comerciales serán las responsables de generar los productos que se cultivan, que utilizan los agricultores. Estas entidades son las que cuentan con mecanismos bien establecidos para proteger sus innovaciones. Nuestro objetivo es proporcionarles, en condiciones de igualdad, gran cantidad de material e información nuevos, de manera que puedan usarlos como deseen. Ahora bien, esto podrá generar, probablemente, algunos problemas y tensiones entre las empresas y las organizaciones que mejor pueden explotar los datos, por lo que se trata, sin duda, de una situación competitiva. Pero como científicos, como científicos financiados con fondos públicos, creemos que este es el modo más rápido de hacerlo.

Frank Ordon (ponente): ¿En su opinión, cuánto tiempo falta para que el fitomejoramiento basado en la secuenciación genómica llegue a incorporarse al fitomejoramiento aplicado?

Mike Bevan (ponente): Es una buena pregunta. En el maíz ya es una realidad, tengo entendido. No estoy familiarizado con los detalles, pero sé que hay grandes empresas en los Estados Unidos de América y en Europa que utilizan la selección asistida por marcadores regularmente y esta técnica ha acelerado considerablemente sus programas de fitomejoramiento. Por lo que se refiere al trigo, creo que se harán públicas secuencias útiles, marcadores de variación de secuencias, a principios del año próximo, de nuestro programa; eso es todo lo que puedo decir. La mejora genética de trigo la realizan convencionalmente numerosas organizaciones más pequeñas y el problema concreto al que nos enfrentamos, en términos de lograr un mayor impacto a través de nuestra investigación, es la generación de nuevos programas de formación que permitan a las empresas pequeñas —posiblemente en colaboración con otras pequeñas empresas que saben cómo gestionar la información— ser capaces de gestionar los datos: este es el reto que ha mencionado el profesor Skryabin. Yo diría que se tardará unos años. Pero, dadas las ventajas de la tecnología, se avanzará muy rápidamente.

Joël Guiard, de GEVES: Usted nos ha explicado el impacto que esta tecnología podría tener para la obtención de nuevas variedades. Quisiera conocer su opinión sobre el impacto de estas nuevas tecnologías en los aspectos que afectan directamente a la UPOV, en particular la caracterización de variedades nuevas para la concesión de derechos de obtentor.

Mike Bevan (ponente): Me temía que me iba usted a hacer esa pregunta... Lo siento, no puedo responder a esa excelente pregunta porque no soy un experto, pero quizá puedan incluirse datos de secuencias entre los criterios que se utilizan para la distinción de una variedad, ya que es posible que plantas indistinguibles desde el punto de vista fenotípico sean distintas genéticamente. Tal vez se podría comenzar a incluir información sobre secuencias, indicando que la distinción del genotipo de esta línea en particular se basa en la presencia del haplotipo del estragón, por ejemplo, y en que contiene una secuencia de ADN introducida procedente de *Aegilops tauschii* que confiere tolerancia a la sequía o resistencia a enfermedades.

Bioingeniería

Konstantin Skryabin

Gerhard Deneken, de The Danish Agrifish Agency: Ha mencionado usted los términos «patentes» y «derechos de obtentor». ¿Tiene alguna idea del modo en que podría comercializar patentes en materia de biotecnología basadas en una construcción génica que usted ha desarrollado?

Konstantin G. Skryabin (ponente) : No lo sé, en lo que se refiere a esas patentes. Sin embargo, muchas empresas están interesadas en el modo en que se organiza la construcción con respecto al gen que otorga resistencia, lo que explica el interés por las patentes.

Marcel Bruins, de la ISF: A principios de este año asistí a una conferencia en Moscú, en la Fundación de la Asociación Nacional de Obtentores y, según entendí del Gobierno en esa conferencia, éste quiere limitar la entrada de germoplasma extranjero. Quiere confiar más en el germoplasma nacional; y esta política me preocupa, ya que privaría a los obtentores rusos de una gran cantidad de germoplasma valioso de otros países. ¿Podría darnos su punto de vista?

Konstantin G. Skryabin (ponente): Desde luego que no se puede limitar: si analizamos las variedades que cultivamos hoy en la Federación de Rusia, yo diría que el 40-45 % son variedades originadas fuera de los programas de fitomejoramiento rusos. Sin embargo, si se considera la remolacha azucarera, que tradicionalmente almacenamos fuera durante el invierno, las variedades extranjeras pueden proporcionar un rendimiento alto, pero si no hay capacidad de almacenamiento suficiente pueden surgir enfermedades. Por eso las variedades rusas son muy buenas. Es un problema complejo. Sin duda, utilizaremos conocimientos de todo el mundo.

Heterosis en el centeno

Stanislau Hardzei

Bernard Le Buanec: Me sorprende un poco que diga que el centeno híbrido no da buenos resultados en suelos pobres, ya que, en general, en el trigo ocurre lo contrario. Hemos comprobado que el trigo híbrido también da mejores resultados en condiciones difíciles, con suelos pobres y agua escasa. Entonces, ¿cómo puede explicar la diferencia entre las experiencias con el centeno híbrido y con el trigo?

Stanislau Hardzei (ponente): Es una pregunta muy interesante. También he visto los resultados con trigo híbrido, pero el trigo es una planta autógena y el centeno es un cultivo de polinización libre. Además, hay que tener en cuenta que, en suelos pobres, arenosos, la productividad de las variedades híbridas de centeno no será mayor que la de las variedades poblacionales. No se ha realizado una comparación con las variedades de trigo; éstas, en cualquier caso, requieren suelos más ricos.

Fitomejoramiento para la resistencia a virus en los cereales

Frank Ordon

Stanislau Hardzei (ponente): Si tenemos una variedad nueva con resistencia a diferentes agentes patógenos y aparece una estirpe nueva de patógenos, ¿durante cuánto tiempo, en su opinión, se puede cultivar la variedad y durante cuánto tiempo será resistente a todos los agentes patógenos?

Frank Ordon (ponente): Es una buena pregunta, que requiere una respuesta larga, pero yo diría que depende. Por ejemplo, la variedad Hawaiian n.º 4 ya existía en 1978 y en 1989 se observaron las primeras cepas de virus que vencen la resistencia. Por otro lado, si nos fijamos en la resistencia al mildiú en la cebada, el gen MLO se ha utilizado desde la década de 1970 y sigue siendo eficaz en la actualidad. Por lo tanto, creo que depende del modo en que reaccionan los genes de resistencia y, por ejemplo, lo indiqué a propósito del factor de iniciación de la traducción para el rendimiento. Lo más probable es que la proteína del genoma vírico se una a este gen, de modo que la mutación en la secuencia de este gen impedirá la unión y confiera resistencia; pero, por otro lado, una mutación en la proteína del genoma vírico facilitará la unión —es como la llave y la cerradura— y la planta se hará susceptible.

Pierre Devaud, de la ISF: Usted afirma que en las dos enfermedades— el mosaico amarillo de la cebada y el enanismo amarillo de la cebada—, la combinación de tres genes es suficiente para controlar la enfermedad. Sin embargo, contamos con un buen reservorio de genes diferentes en otros cultivos. ¿Cree que podría ser interesante usarlos?

Frank Ordon (ponente): Si he entendido su pregunta, usted se pregunta si un único gen nuevo podría ser suficiente para otorgar resistencia. Por supuesto, este es el camino más fácil para los obtentores, ya que solo tienen que centrarse en un gen, en lugar de tres, durante el mejoramiento. Sin embargo, en mi opinión, tan solo es cuestión de tiempo que aparezca una nueva cepa de virus, porque los virus ARN tienen una tasa de mutación muy alta. Así que creo que siempre deberíamos tener un reservorio de genes, tal vez combinados, que luego se pueden utilizar en el fitomejoramiento aplicado.

Jari Valkonen (ponente): Creo que, la cuestión de la sostenibilidad de la resistencia es un tema importante. Hay numerosos alelos de resistencia contra estos virus del suelo para elegir, de modo que ¿podría una rotación de variedades con diferentes alelos de resistencia impedir la evolución de una cepa que venciera la resistencia o bien, con el tiempo, evolucionarían diferentes variantes del virus en proporciones iguales en la población? ¿Podemos utilizar la rotación como estrategia?

Frank Ordon (ponente): Es una buena pregunta, pero no tengo respuesta: no se ha sometido a ensayo, y tan solo podemos especular sobre lo que sucedería.

Resistencia al estrés en el maíz

Marianne Bänziger

Radha Ranganathan, de la ISF: Uno de los temas que parece que está resultando cada vez más difícil es el acceso a los recursos genéticos. ¿Tiene ideas al respecto? Usted ha dicho que el Gobierno de México ha habilitado fondos. ¿Le preocupa al gobierno mexicano la proporción de los beneficios que obtendrá por el acceso a sus recursos genéticos?

Marianne Bänziger (ponente): Este proyecto es una donación al mundo; se trata de una donación de un país de ingresos medios y es una donación realmente impresionante. No hay detrás ninguna agenda oculta. Sin embargo, con respecto al acceso a los recursos genéticos, su planteamiento es muy válido: resulta un poco perverso que desde la entrada en vigor del Tratado Internacional sobre los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura (TIRFAA), que debería haber aumentado el intercambio de germoplasma, haya ocurrido, según hemos comprobado, lo contrario. Creo que tenemos que volver a evaluar la situación con el fin de alcanzar realmente los objetivos del tratado.

Interacción molecular virus-planta y defensa patógena en las plantas de cultivo de tubérculo

Jari Valkonen

Konstantin G. Skryabin (ponente): Creemos que la detención de la transmisión del virus de una célula a otra sería uno de los mecanismos más eficaces de protección contra los virus. ¿Qué opina usted?

Jari Valkonen (ponente): Sí; por ejemplo, las proteínas víricas unidas al genoma pueden ser uno de los componentes del virus que intervienen en el tipo de interacción que se produce en el transporte de célula a célula. Sin embargo, creo que este tipo de resistencia, como tal, es bastante vulnerable si la planta sufre infecciones mixtas de varios virus, lo que ocurre casi siempre en el campo, ya que otros virus pueden complementar esta función. El profesor Atabek, en Moscú, publicó información sobre esto hace algún tiempo, aportando algunos buenos ejemplos, y creo que este tipo de resistencia podría conllevar cierto riesgo.

Observación final de la sesión

Kitisri Sukhapinda (Presidenta, Sesión 1): Como observación final para la sesión de esta mañana, constato que se han desarrollado numerosas técnicas moleculares en los últimos años y que están empezando a utilizarse en el desarrollo de variedades nuevas y mejoradas. La UPOV está considerando la función de las técnicas moleculares y trataremos de averiguar si esas técnicas se pueden utilizar para ayudar a proteger los derechos de obtentor. Me complace haber oído hoy, en boca de los científicos, que el futuro nos depara muchas novedades. Los miembros de la UPOV deberán estar preparados para tener en cuenta las posibilidades que ofrecen todas estas tecnologías y la información nueva que afectará nuestras actividades en el marco del mandato de la UPOV. Me entusiasma ver numerosas solicitudes relativas a técnicas de biología molecular y estoy deseando conocer más usos y los resultados verdaderos de la biología molecular; y quisiera dar las gracias a todos los ponentes de esta mañana.

SESIÓN 2: Aplicación de la ciencia: desafíos y oportunidades

La protección de las variedades vegetales y la transferencia de tecnología

Peter Button

[No hay preguntas.]

Características de las variedades para el futuro

David Nevill

[No hay preguntas.]

Estrategias para cultivos hortícolas y extensivos en el África oriental

Yashwant Bhargava

[No hay preguntas.]

Perspectivas del fitomejoramiento hortícola en Asia

Ki-Byung Lim

[No hay preguntas.]

Fitomejoramiento de variedades florales de cara al Mercado mundial

Ulrich Sander

[No hay preguntas.]

Objetivos del fitomejoramiento de variedades en el siglo XXI

Wendy Cashmore

[No hay preguntas.]

Debates en mesas redondas

[todos los ponentes]

Bernard Le Buanec (ponente): Quisiera hacer una observación sobre el debate de esta mañana. Mi observación es que Louwaars Niels le planteó una pregunta a Mike Bevan y dijo que solo la investigación pública puede hacer investigación genómica y poner los resultados a disposición del público; por supuesto, se trata, sin duda, de un malentendido. He hablado con Mike para asegurarme de que no me equivocaba: la investigación que presentó Mike no era investigación pública, sino investigación realizada por un consorcio financiado tanto por el sector público como por el privado y todos los resultados están a libre disposición de todas las empresas porque se trata de investigación precompetitiva, como se mencionó también en la presentación de Marianne Bänziger. Esa investigación precompetitiva no es algo nuevo: recuerdo que hace 17 años ya teníamos investigación precompetitiva con la industria y entonces, por supuesto, como ha dicho Mike Bevan, había competencia al final para hacer el producto final para el mercado, pero no a ese nivel de investigación. Esta es la observación que quería hacer para asegurarme de que no hubiera ningún malentendido sobre la pregunta de Louwaars Niels. Ahora quisiera formular una pregunta a Marianne Bänziger: ¿Cuando presentó los resultados correspondientes a la tolerancia a la sequía, usted dijo que había una mejora de hasta un 50 % en las variedades nuevas con respecto a las antiguas, ya sea con variedades de polinización libre o híbridos, y con la ingeniería genética yo diría que la mejora fue del 8-15 %. ¿La comparación es con respecto a las variedades nuevas mejoradas o con respecto a las variedades antiguas?

Marianne Bänziger (ponente): La comparación se realizó con respecto a las variedades antiguas. En este momento estamos incorporando eventos transgénicos a las mejores variedades nuevas y queremos comprobar si aportan un beneficio adicional, pero creo que hemos adquirido conocimientos que han dado lugar a un enfoque diferente en la forma de someter las variedades transgénicas a ensayo. Hemos aprendido que, con demasiada frecuencia, las variedades transgénicas muestran una ventaja porque se incorporan a un entorno inadecuado y una vez que se trasladan a un entorno selecto, el efecto esencialmente desaparece. Hay una tasa de fracaso muy alta entre lo que constituye un posible evento positivo y lo que se traduce en un evento positivo en el campo. De modo que, si tenemos suerte, conseguimos un 8-15 %; sin embargo, podemos alcanzar esa mejora con un solo gen. La selección convencional es una acumulación de un gran número de efectos genéticos a través de la mejora convencional. Se han realizado algunos intentos de tratar de trabajar directamente con redes de genes, realizando modificaciones en cuatro o cinco genes simultáneamente y ha habido cierto debate acerca del modo en que abordarían esta situación las autoridades de reglamentación. ¿Lo considerarían como si se tratara de un único rasgo, porque se introduce de forma esencialmente simultánea?, y ¿qué tipo de ensayos sería preciso realizar? Así que, sin duda, nosotros consideramos que hay que seguir trabajando en esto, a pesar de que es bastante caro.

Doug Waterhouse (AU): Mi pregunta se dirige a la Dra. Bänziger. Me pregunto si podría detallar sus observaciones acerca de la función de la propiedad intelectual y la oportunidad que ofrece de conexión con los acuerdos de reparto de beneficios derivados de la utilización de los recursos fitogenéticos.

Marianne Bänziger (ponente): Creo que simplemente recorriendo los pasillos aquí oigo bastantes críticas sobre la eficacia del ITPGRFA y el Acuerdo normalizado de transferencia de material (SMTA) en términos del reparto de beneficios. Hay, en mi opinión, insatisfacción en ambas partes: los posibles beneficiarios y las personas que podrían estar interesadas en aplicar el SMTA. Se trata probablemente más de un documento político que de un acuerdo de concesión de licencias que pueda aplicar fácilmente el sector privado. Para el programa Seeds of Discovery, es la primera vez que se puede asociar un valor a un rasgo y a un creador, y que este valor sea, en esencia, propicio para el reparto de beneficios. Lo que se ha destacado es la necesidad de dejar que los posibles beneficiarios decidan de qué modo querrían beneficiarse; en ese sentido, no tiene que ir necesariamente al sector de fitomejoramiento, sino que tal vez las comunidades tengan ideas muy diferentes sobre cómo quisieran recibir los beneficios; podría ser, por ejemplo, en términos de asesoría agronómica. Con la reducción de la inversión en agricultura, investigación y desarrollo en el sector público desde la década de 1980 —ya se ha reducido una cuarta parte—, los agricultores perspicaces sufren una enorme carencia de información, en lo que se refiere a información sobre los métodos de producción y las cadenas de valor, los mercados, etc., de modo que tal vez los propios beneficiarios establecerían prioridades diferentes a las de otras organizaciones en términos de sus preferencias sobre el uso de estos beneficios. Simplemente se reconoció que esta es una oportunidad realmente muy importante.

Radha Ranganathan, de la ISF: Teniendo en cuenta nuestra experiencia con el SMTA, tal vez habría que decir que el SMTA funciona. No es el SMTA en sí mismo lo que no funciona —hablo ahora en términos del ITPGRFA—, solo que el SMTA es para el acceso. La distribución de los beneficios viene mucho, mucho más tarde y ahí es donde comienzan los problemas. Solo para aclarar que el SMTA está bien, en gran medida está bien, desde nuestra perspectiva.

Marianne Bänziger (ponente): Desde aquí veo a gente del público negando con la cabeza y lo que he oído, y lo que puedo confirmar es que a los usuarios no les gusta el SMTA porque sus obligaciones son difusas, lo cual es un importante factor disuasorio, porque uno no sabe dónde se embarca. Así que tal vez sería bueno que realizáramos un estudio independiente sobre el cumplimiento, por parte del ITPGRFA y el SMTA, de sus objetivos claramente establecidos.

Peter Button: Gracias y me gustaría hacer hincapié en que aquí en la UPOV no participamos de forma directa en el ITPGRFA y el SMTA, aunque, por supuesto, siempre estamos encantados de ofrecer la oportunidad de preguntar sobre cualquier tema.

Marcel Bruins, de la ISF: Tengo una pregunta para el Sr. Nevill, el Sr. Sander y la Sra. Cashmore, porque he entendido en sus tres presentaciones que esperaban que la UPOV se adaptase a los cambios en las tecnologías. Con palabras ligeramente diferentes, pero he entendido esto en las tres presentaciones. Así que me pregunto... ¿sugieren ustedes que debemos dirigirnos hacia una posible revisión del Convenio de la UPOV? ¿Podrían compartir con nosotros sus ideas sobre este tema?

David Nevill (ponente): No creo que yo deba dirigir a la UPOV en uno u otro sentido. Solo puedo limitarme a observar los hechos y simplemente comentarlos. Los hechos, desde el punto de vista de la industria, son que cuando estudiamos la uniformidad y la distinción de nuestros materiales, internamente, tomamos huellas genéticas del material, no observaremos el fenotipo. Y esto es tanto para entender como para estar seguros de que nuestros productos son diferentes que los de la competencia y también para fines de gestión de la calidad, en aspectos como la producción, para ser realmente capaces de diferenciar nuestros propios materiales entre sí cuando su aspecto es básicamente el mismo. Este es realmente el sentido de mis observaciones: usamos la tecnología de una manera determinada, de modo que la UPOV podría también plantearse esto también.

Wendy Cashmore (ponente): Creo que la idea que yo quería transmitir tampoco se refiere en particular a dirigir a la UPOV, sino a tomar algunos de los temas de la introducción de la ponencia del Sr. Le Buanec de esta mañana: que la UPOV se basa esencialmente en el concepto de ayudar y prestar asistencia y apoyo a la innovación y un sentido de cambio dinámico. Dado que todos trabajamos en ámbitos científicos y en ámbitos comerciales que también se basan en la innovación y el cambio dinámico, nos resulta conveniente que todos los componentes reaccionen de un modo similar. Reiterando de nuevo lo que ha dicho el Dr. Nevill, si están surgiendo instrumentos y técnicas con una amplia utilización práctica, entonces no creo que ninguno de los organismos ni ninguna de las partes contribuyentes debería dar la espalda a estas cosas. En cuanto a si esto requiere una revisión amplia del sistema, no estoy en buena posición para poder responder a eso, pero simplemente instaría a todas las partes a que mantuvieran este debate y esa innovación muy presentes en sus pensamientos.

Ulrich Sander (ponente): He mencionado un ejemplo en el que hemos solicitado derechos de obtentor y al mismo tiempo hemos solicitado una patente de utilidad en los Estados Unidos de América y creo que este caso no es muy extraordinario. Creo que muchas de las empresas de fitomejoramiento comercial presentan también solicitudes de patentes para obtener cierto nivel de protección de sus innovaciones. En definitiva, creo que, al menos a las empresas pequeñas y medianas, no les gustan las patentes tanto como los derechos de obtentor porque, como saben, el sistema de derechos de obtentor se ha desarrollado para los obtentores y a nosotros nos resulta muy fácil de manejar; a veces tenemos la sensación de que el sistema de patentes es más para los abogados que para los obtentores, pero como el alcance de la protección otorgada por los derechos de obtentor tiene ciertas limitaciones, empezando por con la exención del obtentor, creo que, en cierta medida, los obtentores se ven obligados a utilizar también las patentes para proteger su propiedad intelectual. En cuanto si la UPOV puede adaptarse a esta situación, no puedo saberlo: es la UPOV quien ha de decidirlo.

Peter Button (UPOV): Creo que en estas preguntas se plantean dos temas, y creo que, Dra. Bänziger, usted también ha mencionado los instrumentos moleculares en relación con la caracterización de variedades. Uno se refiere a las formas de propiedad intelectual y el otro se refiere a la caracterización de variedades, para la concesión de derechos de obtentor y para la identificación de variedades. Para quienes quieran saber más sobre la coexistencia de las patentes y los derechos de obtentor, la UPOV organizó dos seminarios, aquí en Ginebra, precisamente sobre este tema, en los que se explicó claramente que estos dos sistemas son independientes y los obtentores pueden elegir si desean utilizar ambos sistemas o alguno de los dos, como deseen³⁰. Estos dos sistemas no son, en modo

30 (http://www.upov.int/meetings/es/topic.jsp?group_id=73)

WIPO-UPOV/SYM/03: Simposio OMPI-UPOV sobre los derechos de propiedad intelectual en el ámbito de la biotecnología vegetal. 24 de octubre de 2003 (Ginebra, Suiza)

WIPO-UPOV/SYM/02: Simposio OMPI-UPOV sobre la Coexistencia de las Patentes y los Derechos de Obtentor en el Fomento del Desarrollo Biotecnológico, 25 de octubre de 2002 (Ginebra, Suiza)

alguno, mutuamente excluyentes y también hay otros tipos de propiedad intelectual disponibles. Cada obtentor ha de decidir qué forma de propiedad intelectual usar.

Con respecto a la utilización de instrumentos moleculares en el examen de variedades para la concesión de derechos de obtentor, la pregunta es ¿por qué no utilizamos estas técnicas moleculares para el examen de la distinción, la homogeneidad y estabilidad (DHE)? Llevamos casi 20 años debatiendo este asunto en la UPOV. Los obtentores y las autoridades han llegado a la conclusión de que estas técnicas pueden ser útiles en algunos ámbitos, pero también han coincidido en que no debemos dar por sentado que son necesariamente más baratas o más eficaces. El debate continúa y tenemos en la UPOV un grupo de trabajo dedicado específicamente a analizar ese asunto: el Grupo de Trabajo sobre Técnicas Bioquímicas y Moleculares, y Perfiles de ADN en particular (BMT).

Aunque, por supuesto, las técnicas moleculares son extremadamente potentes para la identificación de variedades, en el ámbito de los obtentores, para el cumplimiento de sus derechos de obtentor. Sin embargo, esta cuestión es diferente que la relativa a su utilización en el examen DHE de variedades.

Conclusiones

Sr. Keun-Jin Choi,
Presidente del Consejo de la UPOV

Señoras y señores:

Me gustaría empezar dando las gracias a los ministros de Alemania, Francia, los Países Bajos y el Reino Unido por sus mensajes.

También quiero agradecer a los oradores, que han viajado desde diversos lugares del mundo para unirse hoy a nosotros:

Sr. Bernard Le Buanec, Sr. Mike Bevan, Sr. Konstantin Skryabin, Sr. Stanislaw Hardzei, Sr. Frank Ordon, Sra. Marianne Bänziger, Sr. Jari P.T. Valkonen, Sr. David Nevill, Sr. Yashwant Bhargava, Sr. KiByung Lim, Sr. Ulrich Sander, y Sra. Wendy Cashmore.

Así como a los presidentes de las sesiones: Sra. Kitisri Sukhapinda y Sr. Peter Button por sus contribuciones.

El cincuentenario de la UPOV y este simposio se celebran en un momento en el que en la agricultura se plantean muchos desafíos. En el plano mundial, el incremento de la población y el cambio climático y el consiguiente incremento de la demanda de producción de alimentos y energía, así como la evolución de las necesidades humanas, requieren una respuesta en el ámbito de la producción agrícola. También se plantean muchos retos en el desarrollo económico.

Por tales razones, el progreso científico y la innovación son más importantes que nunca para crear una agricultura dinámica y sostenible y potenciar el crecimiento económico en el sector rural.

En la primera sesión del simposio, “Las ciencias vegetales y el futuro del fitomejoramiento”, pudimos examinar la situación actual de las ciencias y conocer algunas de las herramientas que empiezan a estar disponibles para los obtentores. Vimos la apasionante ciencia que se está llevando a cabo en los ámbitos de la genómica, la bioingeniería y la heterosis, y conocimos la labor que se está efectuando en lo que respecta a la resistencia a las enfermedades y al estrés, elementos éstos esenciales para impulsar una agricultura dinámica y sostenible.

En la segunda sesión, “Aplicación de la ciencia: Desafíos y oportunidades”, se habló de la labor de los obtentores y de cómo están aplicando la ciencia al fitomejoramiento, y, en consecuencia, a la creación de obtenciones vegetales. Vimos las herramientas y los métodos del fitomejoramiento que se están empleando, así como algunos de los caracteres que se están desarrollando para mejorar la productividad y la sostenibilidad agrícolas. Y vimos el trabajo que se está invirtiendo en mejorar la calidad de los alimentos que comemos y de las flores que embellecen nuestras vidas.

Señoras y señores, hemos empezado examinando la evolución del fitomejoramiento y de la protección de las obtenciones vegetales y se nos ha hablado de la importancia que reviste la protección de las obtenciones vegetales en la transferencia de tecnología. Para que las ciencias vegetales y el fitomejoramiento den el máximo fruto necesitamos disponer de un sistema eficaz de protección de las variedades vegetales. Hemos visto que el sistema de la UPOV para la protección de las obtenciones vegetales incentiva la obtención de nuevas variedades, lo cual beneficiará a los agricultores, los productores y los consumidores, es decir a toda la sociedad. Como pudimos escuchar en los mensajes de los ministros de Francia, Alemania, los Países Bajos y

el Reino Unido, la UPOV y el sistema de la UPOV para la protección de las obtenciones vegetales tienen hoy tanta importancia como cuando se constituyeron, hace 50 años, y su función tiene una importancia fundamental para el futuro.

Antes de concluir, quiero manifestar mi agradecimiento a los intérpretes por su valiosa asistencia.

Por último, agradezco también a todos los participantes su asistencia y sus activas contribuciones a este simposio.

Me queda tan solo desearles un buen viaje de vuelta a casa y dar por concluido el simposio.

BIOGRAFÍAS



MARIANNE BÄNZIGER

Marianne Bänziger es Directora General Adjunta de investigación y colaboración del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) (www.cimmyt.org), organización internacional no lucrativa de investigación y formación. El Centro, que cuenta con asociados en más de 100 países, aplica la ciencia en aras de la seguridad alimentaria, así como para mejorar la productividad y la rentabilidad de los sistemas de cultivo del maíz y el trigo y preservar los recursos naturales en los países en desarrollo. Marianne

Bänziger es fisióloga de cultivos y tiene un doctorado por el Instituto Federal Suizo de Tecnología, de Zúrich (1992). La Sra. Bänziger es experta en investigación en el ámbito del maíz en los entornos de estrés medioambiental. Ha publicado más de 40 artículos y capítulos publicados en libros y revistas científicas y ha contribuido considerablemente al desarrollo de variedades del maíz resistentes a la sequía en África.



MICHAEL BEVAN

Subdirector, John Innes Centre, Norwich (Reino Unido)
michael.bevan@jic.ac.uk

Licenciatura y máster en ciencias: Universidad de Auckland, 1975

Doctorado: Universidad de Cambridge, 1979

Investigaciones post-doctorales: Universidad de Washington (St Louis)

Campos de investigación: control del crecimiento vegetal, genómica de plantas y genómica funcional de las plantas.



YASHWANT BHARGAVA

De nacionalidad india y titular de un doctorado en genética y botánica por la Universidad de Nagpur (1984), el Sr. Yashwant Bhargava empezó a trabajar en el ámbito de la agricultura en el sector privado, primero en Ankur Seeds (cinco años), Nagpur, en calidad de Jefe de Investigación y Desarrollo, y luego en Hoechst AgrEvo (seis años), Mumbai, como Director del Departamento de Semillas. En 1995 se incorporó a Sandoz, que hoy se llama Syngenta, en Pune, como Director de Desarrollo. El Sr. Bhargava desempeñó una función

fundamental pues suministró a esas empresas un gran número de variedades y de híbridos de cultivos vegetales y grandes cultivos. Ha formado parte de la junta asesora de varias publicaciones de investigación en la India y ha publicado más de 50 artículos en revistas nacionales e internacionales. El Sr. Bhargava realizó un cursillo intensivo en administración de empresas en el Indian Institute of Management (Ahmedabad). Ha ejercido el cargo de Encargado de Ventas y Director del Departamento encargado de Desarrollo de Mercados para el Algodón y los Biocombustibles en Syngenta durante 15 años. A él cabe atribuir la introducción del azúcar de remolacha en la India, por conducto de Syngenta; el Sr. Bhargava fue Director Honorario de la primera fábrica de producción de azúcar de remolacha, cerca de Baramati. Sus hobbies son el deporte y la lectura. Deportista de gran nivel, ha participado en competiciones nacionales de atletismo y de fútbol.

Actualmente es Jefe de Investigación y Desarrollo y trabaja en Nairobi desde 2010, ocupándose de coordinar las actividades de investigación y desarrollo, de producción de semillas y de control de calidad en las empresas del grupo de la East African Seed Company Limited en Kenya, en la República Unida de Tanzania y en Uganda.



PETER BUTTON

El Sr. Peter Button fue nombrado Secretario General Adjunto de la UPOV el 1 de diciembre de 2010, habiendo desempeñado hasta ese momento la función de Director Técnico de la UPOV desde 2000.

El Sr. Button, nacional del Reino Unido, posee el diploma de Bachelor of Sciences en Biología, obtenido con honores. De 1981 a 1987 trabajó en Twyford Seeds Ltd., una empresa de fitomejoramiento del Reino Unido, en el desarrollo de nuevas variedades de cereal. Entre 1987 y 1994 se desempeñó como Gerente General de Twygen Ltd., una empresa dedicada a crear sistemas de micropropagación para la producción comercial de papas de siembra y bayas, y mantuvo dicho cargo tras el cambio de propiedad de la empresa, que pasó a ser GenTech Propagation Ltd. en 1994. En 1996, el Sr. Button se incorporó a la British Society of Plant Breeders en carácter de Gerente de Enlace Técnico, responsable, entre otras cosas, de la marcha de los ensayos de variedades realizados por encargo oficial. En 1998, asumió el puesto de Encargado de Enlace Técnico en el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (División de Variedades Vegetales y Semillas), siendo responsable del funcionamiento de los exámenes y ensayos relacionados con los regímenes de derecho de obtentor y de Lista Nacional, así como de certificación de semillas, en Inglaterra y Gales; también se desempeñó como representante del Reino Unido en el Comité Técnico de la UPOV.



WENDY CASHMORE

Diploma de horticultura, gestión de viveros, Universidad de Massey, Nueva Zelandia

Funciones

Supervisión de las actividades de fitomejoramiento y gestión de activos de P.I., incluida la gestión de la comercialización de la P.I. relativa a las obtenciones vegetales y dirección de las actividades de concesión de licencias y de protección de las obtenciones vegetales. Puesta en práctica de un enfoque transversal que combina competencias científicas/técnicas, aspectos jurídicos y sentido de los negocios para maximizar la rentabilidad y las posibilidades comerciales de las obtenciones vegetales.

Experiencia profesional

- 2003-2008: Jefa del Equipo de Gestión de Obtenciones Vegetales, HortResearch, Nueva Zelandia
- 1999-2003: Directora Técnica del Equipo de Gestión de Obtenciones Vegetales, HortResearch, Nueva Zelandia
- 1997-1999: Horticultora independiente, proyectos principalmente relativos a la transferencia de tecnología. Creación y dirección de una empresa para que un grupo de productores pudiera participar en un proyecto de I+D (valor total del proyecto: 250.000 dólares EE.UU., duración del proyecto: 3 años)
- 1985-1997: Funciones técnicas en el equipo de investigación sobre la fisiología de las frutas de pepita en varias divisiones del Departamento de Investigación Científica e Industrial (DSIR) y de HortResearch, Nueva Zelandia.



HARDZEI STANISLAU

17.07.1964: Nacimiento en Trukhanovichi, región de Minsk, Belarús

1981-1986: Estudios en la Academia de Agricultura de Belarús, Facultad de Agronomía, especialidad: fitomejoramiento.

1986-1989: Ingeniero Agrónomo Jefe en una granja estatal.

1989-1991: Estudios de postgrado en el Instituto de Genética y Citología de Minsk, Belarús

1991-2010: Obtentor de centeno, laboratorio de investigación sobre el centeno de invierno, Scientific and Practical Centre of Belorussian NAS for Arable Farming (SPCAF).

1992: Doctor en ciencias biológicas.

Desde 2010: Jefe del laboratorio de genética y biotecnología del SPCAF

Estudios prácticos en el extranjero:

1993: prácticas en el Instituto de Fitomejoramiento y Aclimatación, Radzikow, Polonia (Dr. L.Madej).

1996-1997: prácticas en la Universidad Técnica de Múnich, Freising, Alemania (Prof. F. Zeller).

1998: prácticas, "EpiLogic GmbH", Freising, Alemania (Dr. F.Felsenstein).

2001 – 2005: prácticas y trabajo "PZG-Planzenzuechtung GmbH", Guelzow, Alemania (Dr.G.Melz) (1-4 meses por año).

Desde 2006: miembro de la European Association for Research on Plant Breeding (EUCARPIA), Sección de Cereales.

Publicaciones científicas: 52.

Obtenciones de centeno: 4 (Spadchina, Zavea-2, Praleska, Plisa-F1).



BERNARD LE BUANEC

Bernard Le Buanec es miembro y secretario de la Sección 1 de la Academia de Agricultura de Francia, miembro fundador de la Academia Francesa de Tecnologías y miembro honorario vitalicio de la Federación Internacional de Semillas. De 1965 a 1975 trabajó en África para el CIRAD en calidad de científico; de 1976 a 1984, fue director ejecutivo de varias compañías de semillas; de 1984 a 1993, dirigió los programas de investigación del Grupo Limagrain, y de 1993 a 2008 ejerció el cargo de Secretario General de la Federación Internacional

de Semillas. Ha sido Presidente de la ASSINSEL, y miembro de las siguientes instituciones: Consejo Superior Francés de Investigación y Tecnología; Comité Francés de Protección de las Obtenciones Vegetales (CPOV); comités científicos del INRA; Comité de Ciencias de la Vida del CEA; Comité Científico del CTPS; Comité de Orientación del Genopôle de Evry; Grupo de Trabajo del Banco Mundial sobre Biotecnologías y Propiedad Intelectual; y Comité de Recursos Fitogenéticos de Centros del CGIAR.

En 2007, recibió la Medalla de Oro de la UPOV en reconocimiento de la labor realizada en el sector de la obtención vegetal y en 2008, la Medalla del Servicio de Comercialización de Productos Agrícolas del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América en reconocimiento de la labor realizada en la industria semillera de los Estados Unidos y a nivel internacional.



KI-BYUNG LIM

Datos personales

Dirección de correo e: kblim@knu.ac.kr, kibyunglim@gmail.com

Sitio web: www.knuflower.org, www.flowerinfo.biz

Cargo actual: Profesor asociado, Departamento de Ciencias Hortícolas, Universidad Nacional de Kyungpook, República de Corea

Formación

- 1998 2000: Doctorado (2), Universidad de Wageningen, Países Bajos
 1997 1998: Estudios postdoctorales: CPRO DLO (actualmente, Plant Research Int'l), Países Bajos
 1989 1996: Doctorado (1), Universidad Nacional de Kyungpook, Daegu, República de Corea
 1984 1988: Máster en Ciencias, Universidad Nacional de Kyungpook, Daegu, República de Corea
 1980 1984: Licenciatura en Ciencias, Universidad Nacional de Kyungpook, Daegu, República de Corea

Experiencia profesional

Desde marzo de 2006: Profesor Asociado, Universidad Nacional de Kyungpook, Daegu, República de Corea

Marzo 2002 febrero 2006: Investigador, Instituto Nacional de Biotecnología Agrícola, RDA, República de Corea

Septiembre 1997 marzo 2002: Investigador, Plant Research Int'l, Países Bajos

Enero 1990 septiembre 1995: Investigador, Hungnong Seed Co. Corea (en la actualidad, Seminis, República de Corea)

Enero 1985 diciembre 1987: Investigador, ShinNong Co. Ltd., República de Corea



DAVID NEVILL

Director de actividades de I+D sobre las semillas de cereal, Syngenta (Suiza)

Con más de 30 años de experiencia en investigación y desarrollo agrícola, el Sr. Nevill tiene un gran conocimiento en materia de semillas, biotecnologías y protección de cultivos. Titular de un máster y de un doctorado por la Universidad de Cambridge (Inglaterra) en biología aplicada, el Sr. Nevill optó por una carrera internacional, al principio en el sector público, y después en la industria. Trabajó en el ámbito del fitomejoramiento en Nigeria, en India y en los Estados Unidos de América. Más adelante se incorporó a Ciba Geigy, en Suiza, para concentrarse en tecnologías relativas a las semillas y en la protección química de cultivos, realizando actividades de I+D en tratamiento de semillas, fungicidas foliares y por último, control de las malas hierbas. Durante todo ese período, dirigió los equipos de I+D no sólo en Suiza sino en Indonesia y en los Estados Unidos de América. Desde 2002, el Sr. Nevill trabaja en Syngenta y se dedica a la biotecnología vegetal y al fitomejoramiento. Entre otras cosas, ha dirigido equipos centrados en el desarrollo de nuevos caracteres genéticamente modificados y se ha encargado de la administración y la protección responsable de los productos genéticamente modificados. Hace poco, se encargó de dirigir las actividades de I+D relacionadas con grandes cultivos, en particular, los cereales. En la actualidad, dirige los programas mundiales de Syngenta sobre genética de los cereales y se encarga de la integración de la I+D en materia de semillas y de protección de cultivos, colaborando con ese fin con el equipo comercial mundial de Syngenta encargado de los cereales.



FRANK ORDON

Datos personales

Nombre: Frank ORDON, Dir. & Prof. PD Dr. agr.

Fecha de nacimiento: 17.05.1963 en Hildesheim (Alemania)

Cargo actual: Desde 01.01.2008 Director del Institute for Resistance Research and Stress Tolerance, Julius Kühn-Institute, Federal Research Centre for Cultivated Plants.

Estudios y carrera académica

- 01.10.1983 – 14.04.1989 Estudios en agricultura e investigación en cultivos en la Universidad Justus-Liebig, Giessen
- 01.05.1989 - 15.05.1992 Doctorado en el Institute of Crop Science and Plant Breeding I (Prof. Dr. Wolfgang Friedt), Universidad Justus-Liebig. Tesis sobre el análisis genético de la resistencia del germoplasma exótico de cebada a los virus transmitidos por el suelo.
- 15.05.1992 – 01.04.1996 Investigador principal, Institute of Crop Science and Plant Breeding I, Universidad Justus-Liebig, Giessen
- 24.02.1995 Premio Kurt von Rümker
- 01.04.1996 – 30.10.2002 Profesor auxiliar en la Universidad Justus-Liebig, Giessen
- 01.07.1998 Doctorado de Estado (Dr. habil.: mejoramiento basado en marcadores para resistencia los cereales, en particular, el patosistema cebada (*Hordeum vulgare* L.) – bymoviruses (BaMMV, BaYMV, BaYMV-2)
- 30.10.1998 Conferencia inaugural; venia legendi para el fitomejoramiento y la producción de cultivos
- 01.11.2002 – 31.12.2007 Director del Institute of Epidemiology and Resistance Resources, Federal Centre for Breeding Research on Cultivated plants

Investigación

Métodos moleculares de fitomejoramiento

Evaluación de la diversidad genética en varias especies y explotación de la diversidad genética mediante la selección basada en marcadores.

Desarrollo de marcadores moleculares para los genes de resistencia a los patógenos fúngicos y virales hasta el aislamiento del gen.

Identificación de locus de caracteres cuantitativos y genes para la resistencia/tolerancia al estrés abiótico (sequía/calor).

Miembros

- 01.12.2004 – 30.9.2008 Junta de la Sociedad Alemana de Fitomejoramiento (GPZ)
- Desde el 01.01.2005 Junta editorial de Plant Breeding
- Desde el 01.10.2005 Junta editorial de Theoretical and Applied Genetics
- Desde el 01.04.2006 Junta editorial del Journal Of Applied Genetics
- Desde el 01 .01 .2008 Redactor Jefe de Plant Breeding
- Desde el 01.01.2008 Junta asesora del Banco de Genes del Instituto de Leibniz de Genética Vegetal e Investigación de Cultivos, Gatersleben (IPK)
- Desde el 15.07.2008 Peer Review College, Danish Council for Strategic Research
- Desde el 12.08.2008 Junta Asesora del Instituto Estatal de Mejoramiento, Universidad de Hohenheim
- Desde el 01.10.2008 Vicepresidente en funciones, Sociedad Alemana de Fitomejoramiento
- Desde el 01.01.2009 Junta Directiva del Centro Interdisciplinario de Ciencias del Cultivo (IZN) de la Universidad de Halle
- Desde el 01 .01 .2009 Junta Directiva del Journal Of Cultivated Plants



ULRICH SANDER

Ulrich Sander es Consejero Delegado de Selecta Klemm y responsable de las ventas y la comercialización de la división de plantas de maceta de Selecta Klemm en Europa, y de las actividades de investigación y desarrollo (I+D) del Grupo Selecta en el mundo entero. Es miembro del consejo de administración de Ornamental Bioscience, una empresa conjunta fundada por Mendel Biotechnology, Inc. y Selecta Klemm. El Sr. Sander comenzó a trabajar en Selecta en 1995. Posee un doctorado y un título de máster en ciencia hortícola por la Universidad de Hannover. Su tesis doctoral se centró en la transformación de la Beta vulgaris. Comenzó su actividad profesional en Selecta como Director de Fitomejoramiento e Investigación, ocupándose de la gestión de las actividades de I+D y creando personalmente una gama de variedades de distintas especies ornamentales, entre otras de clavel, petunia y Calibrachoa.



KONSTANTIN G. SKRYABIN

Fecha de nacimiento: 29 de abril de 1948
 Lugar de nacimiento: Moscú (Federación de Rusia) Dirección:
 Centre "Bioengineering", The Russian Academy of Sciences; Prosp. 60-let
 Oktyabrya, bld. 7-1, Moscú, 117312 Federación de Rusia. Tel.: +007 499 135-
 73-19. Correo electrónico: office@biengi.ac.ru

Estudios

Departamento de Biología Molecular de la Facultad de Biología de la Universidad Estatal de Moscú (1965-1970).

Formación

- 1970-1973 Estudios de posgrado en el Departamento de Biología Molecular de la Facultad de Biología de la Universidad Estatal de Moscú (Federación de Rusia). Obtención del doctorado en 1974.
- 1976-1977 Investigador honorario en biología, Universidad de Harvard (Estados Unidos de América) (Prof. W. Gilbert, jefe de departamento).

Experiencia profesional

- 1974-1984 Investigador superior del Instituto de Biología Molecular de la Academia de Ciencias de la URSS.
- 1984-1991 Director de departamento, Instituto de Biología Molecular de la Academia de Ciencias de la URSS.
- Desde 1986 Catedrático, Facultad de Biología de la Universidad Estatal de Moscú.
- Desde 1991 Director y fundador del Centro de Bioingeniería de la Academia Rusa de Ciencias.
- Desde 2007 Subdirector del Centro Nacional de Investigación "Instituto Kurchatov".
- Desde 2007 Director de la Cátedra de Biotecnología de la Facultad de Biología de la Universidad Estatal Lomonosov de Moscú.
- Desde 2009 Miembro del Presídium de la Academia Rusa de Ciencias Agrícolas.

Afiliación a sociedades científicas y galardones

- 2008 Miembro de número (académico) de la Academia Rusa de Ciencias.
- 1999 Miembro de número (académico) de la Academia Rusa de Ciencias Agrícolas.
- 1997 Miembro asociado de la Organización Europea de Biología Molecular.
- 2005 Doctor honoris causa por la Academia Estatal de Medicina Veterinaria y Biotecnología de Moscú.
- 2007 Doctor honoris causa por la Universidad Nacional de Agricultura de Ucrania.

Actividades de investigación

- Introducción de técnicas de secuenciación genómica en Rusia, con proyectos de investigación pioneros sobre la secuenciación de los genes del ARN ribosómico de las células eucariotas, del genoma de virus que infectan vegetales y de los bacteriófagos.
- Concepción de sistemas para la producción de hormonas del crecimiento, otras proteínas biológicamente activas en células bacterianas y eucariotas, y estudios estructurales de proteínas de importancia farmacéutica.
- Creación de plantas transgénicas resistentes a herbicidas, a patógenos y a la agresión abiótica.
- Actividades científicas y de reglamentación en la esfera de los ensayos de campo con plantas transgénicas, incluida la comprobación de la identidad de variedades para la UPOV.
- Análisis genética y modelaje matemático del florecimiento en plantas.
- Desarrollo de nuevas técnicas para la expresión de proteínas diana en plantas sobre la base de la utilización de vectores víricos de plantas autorreplicantes. Producción de proteínas para vacunas en plantas.
- Diseño e ingeniería de proteínas artificiales, complejos proteínicos y partículas similares a virus con propiedades predeterminadas para aplicaciones de nanotecnología biológica.
- Secuenciación y análisis de genomas de microorganismos extremófilos, y búsqueda y aislamiento de nuevas enzimas para aplicaciones biotecnológicas.
- Estudio de genomas vegetales y evaluación de la biodiversidad por medio de enfoques basados en el ADN.
- Análisis de la diversidad genética de poblaciones humanas e identificación de loci polimórficos relacionados con varias enfermedades en distintos grupos étnicos.
- Primer genoma humano completo de un paciente con cáncer de riñón.
- Bioseguridad y cuestiones éticas de la ingeniería genética.

Actividades públicas

- 1989-1997 Secretario General/Tesorero del COBIOTECH (Comité de Biotecnología del Consejo Internacional de las Uniones Científicas).
- Desde 1993 Presidente del Consejo Científico de Biotecnología de la Academia Rusa de Ciencias.
- Desde 2001 Miembro del Consejo Presidencial de la Federación de Rusia de Ciencia, Tecnología y Educación.
- Desde 1997 Vicepresidente de la Comisión Interinstitucional de Ingeniería Genética.
- Desde 2006 Vicepresidente del Comité Ruso de Bioética de la Comisión Nacional de la Federación de Rusia para la UNESCO.
- Desde 2008 Miembro del Comité Científico y Técnico de la empresa estatal RUSNANO.

Colaboraciones internacionales

El profesor K. Skryabin promueve activamente la colaboración de la Federación de Rusia con la Unión Europea dentro del Séptimo Programa Marco de Investigación en la esfera de la biotecnología, así como la colaboración bilateral con Polonia, Francia y Alemania en los ámbitos de la biotecnología post-genómica, las ciencias botánicas y la bioinformática. Ha impulsado la organización de dos reuniones ruso-polacas sobre biotecnología en Moscú (2008) y Gdansk (2009). Ha sido invitado como ponente y ha presidido varios congresos científicos internacionales. Es miembro de dos grupos de trabajo de la OCDE: el Grupo de Trabajo sobre la armonización del control regulatorio de la biotecnología y el Grupo de Tareas sobre la seguridad de nuevos alimentos y piensos. Ha organizado en Moscú y San Petersburgo cinco reuniones internacionales sobre bioseguridad en las que han participado expertos de la OCDE

Puestos editoriales en distintos años

El profesor K. Skryabin ha formado parte de los consejos de redacción de varias revistas científicas examinadas por homólogos en Rusia y en el extranjero, entre ellas FASEB Journal (Estados Unidos de América); The Plant Journal (Reino Unido); Trends in Biotechnology; BioEssays; Biotechnology (Rusia); Problems of Biological, Medical and Pharmaceutical Chemistry (Rusia); Reports of the Russian Academy of Agricultural Sciences (Rusia); Plant Protection News (Rusia); Ecological Genetics (Rusia); Russian Nanotechnologies (Rusia); Medical Science and Practice (Rusia); Cell Technology in Biology and Medicine (Rusia); Agricultural Biology (Rusia); y Biotechnology (Ucrania).

Galardones

- 1983 Premio Estatal de la URSS en Ciencia y Tecnología.
- 2006 Oficial de la Orden de las Palmas Académicas (Francia).
- 2008 Caballero de IV Clase de la Orden del Mérito a la Patria (Federación de Rusia).

**JARI VALKONEN**

El Sr. Jari P.T. Valkonen (nacido en 1964) es profesor (catedrático) de patología vegetal en la Universidad de Helsinki (Finlandia). Sus campos de investigación y enseñanza abarcan la virología, la patología y la biotecnología vegetal. Durante su carrera fue contratado como investigador subalterno, investigador principal y profesor de la Academia de Finlandia y como profesor (catedrático) de virología en la Universidad Sueca de Ciencias Agrícolas (SLU) de Uppsala (Suecia). Ha trabajado como investigador en el Reino Unido, en los Estados Unidos de América y en el Centro Internacional de la Papa de Perú. Es especialista en interacción molecular virus-planta y defensa patógena en las plantas. En muchos de sus estudios se ocupa de la papa, la batata y la mandioca. La finalidad de los estudios es identificar y aislar genes de resistencia que aportan un control constante contra las enfermedades virales de las plantas y comprender los mecanismos mediante los cuales los virus logran superar o suprimir la resistencia. Sus trabajos publicados abarcan temas como: virología molecular de plantas; cartografía genética; el análisis genómicos, transcriptómicos y proteómicos, además de biotecnología vegetal. Al margen de los proyectos aplicados directamente a la ciencia básica, Valkonen dirige proyectos de aplicación práctica en la gestión de enfermedades de cultivos y en los que participan muchos asociados del sector privado. Desde 1995 participa en proyectos financiados por la UE y colabora desde hace tiempo en el fortalecimiento de capacidades en investigación con países como Uganda, la República Unida de Tanzania y Nicaragua. Se han graduado bajo su supervisión 20 estudiantes de posgrado y actualmente dirige las tesis de diez más. Ha publicado 200 trabajos en importantes revistas científicas.

Liste des participants

List of Participants

Teilnehmerliste

Lista de participantes

(dans l'ordre alphabétique des noms français des membres
in the alphabetical order of the names in French of the members
in alphabetischer Reihenfolge der französischen Namen der Mitglieder
por orden alfabético de los nombres en francés de los miembros)

I. Membres / Members / Verbandsmitglieder / Miembros

Afrique du Sud / South Africa / Südafrika / Sudáfrica

Noluthando NETNOU-NKOANA (Mrs.) Registrar: Plant Breeders' Rights Act, Directorate: Genetic Resources, Department of Agriculture, Forestry and Fisheries, Pretoria

Allemagne / Germany / Deutschland / Alemania

Friedel CRAMER Referatsleiter, Referat 511, Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV), Bonn

Michael KÖLLER Referent, Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, Berlin

Clemens NEUMANN Abteilungsleiter, Biobasierte Wirtschaft, Nachhaltige Land- und Forstwirtschaft, Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, Berlin

Udo VON KRÖCHER Präsident, Bundessortenamt, Hannover

Beate RÜCKER (Mrs.), Abteilungsleiterin Registerprüfung, Bundessortenamt, Hannover

Argentine / Argentina / Argentinien / Argentina

Carmen Amelia M. GIANNI (Sra.) Coordinadora de Propiedad Intelectual y Recursos Fitogenéticos, Instituto Nacional de Semillas (INASE), Buenos Aires

Australie / Australia / Australien / Australia

Doug WATERHOUSE Chief, Plant Breeder's Rights, IP Australia, Woden

Autriche / Austria / Österreich / Austria

Heinz-Peter ZACH Leiter des Referates III/9c für Saatgut und Sortenwesen, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien

Bélarus / Belarus / Belarus / Belarús

Uladzimir BEINIA Director, State Inspection for Testing and Protection of Plant Varieties, Minsk

Tatsiana SIAMASHKA (Mrs.) Deputy Director of DUS Testing, State Inspection for Testing and Protection of Plant Varieties, Minsk

Maryna SALADUKHA (Mrs.) Main Specialist, International Cooperation Department, Ministry of Agriculture and Food, Minsk

Belgique / Belgium / Belgen / Bélgica

Camille VANSLEMBROUCK (Mme) Responsable droits d'obtenteurs et brevets, Office de la propriété intellectuelle, Bruxelles

Erik J. VAN BOCKSTAELE Administrator-General ILVO, Merelbeke

Bolivie (État plurinational de) / Bolivia (Plurinational State of) Bolivien (Plurinationaler Staat) / Bolivia (Estado plurinacional de)

Sergio Rider ANDRADE CÁCERES Director Nacional de Semillas, Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal (INIAF), La Paz

Brésil / Brazil / Brasilien / Brasil

Daniela DE MORAES AVIANI (Mrs.) Coordinator, National Plant Variety Protection Service (SNPC), Ministry of Agriculture, Livestock and Food Supply, Brasilia

Canada / Canada / Kanada / Canadá

Sandy MARSHALL (Ms.) Senior Policy Specialist, Plant Breeders' Rights Office, Canadian Food Inspection Agency (CFIA), Ottawa

Julie LAPLANTE (Ms.) Examiner, Plant Breeders' Rights Office, Canadian Food Inspection Agency (CFIA), Ottawa

Chili / Chile / Chile / Chile

Jaime IBIETA S. Director, División Semillas, Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), Ministerio de Agricultura, Santiago de Chile

Chine / China / China / China

LIU Ping Vice Director-General, Development Center for Science and Technology, Ministry of Agriculture, Beijing

LÜ Bo Director, Division of Variety Management, Bureau of Seed Management, Ministry of Agriculture, =Beijing

Yinan LIU Official, International Cooperation Department, State Intellectual Property Office, Beijing

Qiong WANG Official, Office of Plant Variety Protection, State Forestry Administration, Beijing

Colombie / Colombia / Kolumbien / Colombia

Ana Luisa DÍAZ JIMÉNEZ (Sra.) Directora Técnica de Semillas, Dirección Técnica de Semillas, Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), Bogotá D.C.

Croatie / Croatia / Kroatien / Croacia

Ružica JURIC (Ms.) Head of Plant Variety Protection and Registration, Institute for Seeds and Seedlings, Croatian Centre for Agriculture Food and Rural Affairs, Institute for Seed and Seedlings, Osijek

Danemark / Denmark / Dänemark / Dinamarca

Gerhard DENEKEN Head, Department of Variety Testing, Danish AgriFish Agency, Ministry of Food, Agriculture and Fisheries, Skaelskoer

Espagne / Spain / Spanien / España

Alicia CRESPO PAZOS (Sra.) Directora, Oficina Española de Variedades Vegetales (OEVV), Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (MARM), Madrid

Luis SALAIRES Jefe de Área del Registro de Variedades, Oficina Española de Variedades Vegetales (OEVV), Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (MARM), Madrid

Estonie / Estonia / Estland / Estonia

Laima PUUR (Ms.) Head, Variety Department, Estonian Agricultural Board, Viljandi

Renata TSATURJAN (Ms.) Chief Specialist, Plant Production Bureau, Ministry of Agriculture, Tallinn

États-Unis d'Amérique / United States of America**Vereinigte Staaten von Amerika / Estados Unidos de América**

Kitisri SUKHAPINDA (Ms.) Patent Attorney, Office of Policy and External Affairs, United States Patent and Trademark Office (USPTO), Alexandria

Karin L. FERRITER (Ms.) Intellectual Property Attaché, United States Mission to the WTO, Chambesy, Switzerland

Fédération de Russie / Russian Federation / Russische Föderation / Federación de Rusia

Yulia GORYUNOVA (Mlle) Spécialiste principal, Moscow

Finlande / Finland / Finnland / Finlandia

Tapio LAHTI Senior Officer, Legal Affairs, Finnish Food Safety Authority (EVIRA), Helsinki

Marja SAVONMAKI (Mrs.) Consulting Officer, Government

France / France / Frankreich / Francia

Jean-Marc BOURNIGAL Directeur de Cabinet au MAAPRAT, Cabinet B, Ministère de l'agriculture, de l'alimentation, de la pêche, de la ruralité et de l'aménagement du territoire (MAAPRAT), Paris

Elodie GALKO (Mme) Conseillère technique au MAAPRAT, Ministère de l'agriculture, de l'alimentation, de la pêche, de la ruralité et de l'aménagement du territoire (MAAPRAT), Paris

Robert TESSIER Sous-directeur de la qualité et de la protection des végétaux, Direction générale de l'alimentation, Service de la prévention des risques sanitaires de la production primaire, Ministère de l'agriculture, de l'alimentation, de la pêche, de la ruralité et de l'aménagement du territoire (MAAPRAT), Paris

Sylvie DUTARTRE (Mme) Directrice, Groupe d'étude et de contrôle des variétés et des semences (GEVES), Beaucauzé

Joël GUIARD Directeur adjoint, Groupe d'étude et de contrôle des variétés et des semences (GEVES), Beaucauzé

Muriel LIGHTBOURNE (Mme) Responsable juridique, Groupe d'étude et de contrôle des variétés et des semences (GEVES), Beaucauzé

Jean PERCHET Seed Policy Officer, Direction générale de l'alimentation,

- Ministère de l'agriculture, de l'alimentation, de la pêche, de la ruralité et de l'aménagement du territoire (MAAPRAT), Paris
- Marie-France CAZALÈRE (Mme)** Groupement national interprofessionnel des semences et plants (GNIS), Paris
- Hongrie / Hungary / Ungarn / Hungría**
Szenci ÁGNES GYÖZÖNÉ (Mrs.) Senior Chief Advisor, Agricultural Department, Ministry of Rural Development, Budapest
- Irlande / Ireland / Irland / Irlanda**
Donal COLEMAN Controller of Plant Breeders' Rights, Department of Agriculture, Backweston Farm, Leixlip
- Islande / Iceland / Island / Islandia**
Thorsteinn TÓMASSON Director, Agricultural Research Institute, Ministry of Fisheries and Agriculture, Reykjavik
- Italie / Italy / Italien / Italia**
Pier Giacomo BIANCHI Head General Affairs, National Office for Seed Certification INRAN, Milano
- Japon / Japan / Japan / Japón**
Mr. Takashi UEKI Director, Plant Variety Protection Office, New Business and Intellectual Property Division, Food Industry Affairs Bureau, Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries, Tokyo
- Mitsutaro FUJISADA** Senior Policy Advisor, Intellectual Property, Plant Variety Office, New Business and Intellectual Property Division, Food Industry Affairs Bureau, Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries (MAFF), Tokyo
- Tsukasa KAWAKAMI** Associate Director, New Business and Intellectual Property Division, Food Industry Affairs Bureau, Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries (MAFF), Tokyo
- Kenya / Kenya / Kenia / Kenya**
James M. ONSANDO Managing Director, Kenya Plant Health Inspectorate Service (KEPHIS), Nairobi
- Lituanie / Lithuania / Litauen / Lituania**
Sigita JUCIUVIENE (Mrs.) Head, Division of Plant Variety, Registration and Legal Protection, State Plant Service under the Ministry of Agriculture, Vilnius
- Maroc / Morocco / Marokko / Marruecos**
Amar TAHIRI Chef, Division de contrôle des semences et plants, Office national de sécurité sanitaire des produits alimentaires (ONSSA), Ministère de l'agriculture et de la pêche maritime, Rabat

Mexique / Mexico / Mexiko / México

Enriqueta MOLINA MACÍAS (Srta.) Directora General, Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS), Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), Tlalnepantla de Baz

Eduardo PADILLA VACA Subdirector, Registro y Control de Variedades Vegetales, Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS), Tlalnepantla de Baz

Norvège / Norway / Norwegen / Noruega

Tor Erik JØRGENSEN Head of Section, Norwegian Food Safety Authority, National Registration Section, Felles postmottak, Brumunddal

Bell Batta TORHEIM (Mrs.) Advisor, The Development Fund, Grensen 9b, Miljøhuset, N-0159 Oslo

Nouvelle-Zélande / New Zealand / Neuseeland / Nueva Zelandia

Christopher J. BARNABY Assistant Commissioner / Principal Examiner, Plant Variety Rights, Intellectual Property Office of New Zealand, Christchurch

Oman / Oman / Oman / Omán

Fatima AL-GHAZALI (Ms.) Minister Plenipotentiary, Commercial Affairs, Permanent Mission, Chambésy, Switzerland

Pays-Bas / Netherlands / Niederlande / Países Bajos

Marien VALSTAR Sector Manager, Plant Propagation Material, Ministerie van Economische Zaken, Den Haag

Krieno Adriaan FIKKERT Secretary, Plant Variety Board (Raad voor Plantenrassen), Roelofarendsveen

Jaap SATTER Policy Advisor, Ministry of EL&I, P.O. Gouda,
Louisa VAN VLOTEN-DOTING (Mrs.) Chairperson, Plant Variety Board (Raad voor Plantenrassen), Wageningen

Pérou / Peru / Peru / Perú

Giancarlo LEON Primer Secretario, Misión Permanente, Cointrin, Suiza

Pologne / Poland / Polen / Polonia

Edward S. GACEK Director, Research Centre for Cultivar Testing (COBORU), Slupia Wielka

Marcin KRÓL Head, DUS Testing Department, Research Centre for Cultivar Testing (COBORU), Slupia Wielka

Alicja RUTKOWSKA-ŁOŚ (Mrs.) Head, National Listing and Plant Breeders' Rights Protection Office, Research Centre for Cultivar Testing (COBORU), Slupia Wielka

Elzbieta RADOMSKA (Miss) Head, Foreign Cooperation Office, Research Centre for Cultivar Testing, Slupia Wielka

République de Corée / Republic of Korea / Republik Korea / República de Corea

- Jaehyeon LEE** Director, Korea Seed & Variety Service (KSVS), Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries (MIFAFF), Anyang-Si
- CHOI Keun-Jin** Director, Variety Testing Division, Korea Seed & Variety Service (KSVS), Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries (MIFAFF), Anyang-Si
- Hyun-Joo SHIN (Mrs.)** Deputy Director, Plant Variety Protection Division, Korea Seed & Variety Service (KSVS), Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries (MIFAFF), Anyang-Si
- Kwang Hyun AN** Officer, Seed & Life Industry Division, Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries (MIFAFF), Gwacheon Government Complex
- Kee-Yeun KIM (Ms.)** Senior Patent Examiner, Korean Intellectual Property Office (KIPO), Gov. Complex Daejeon

**République de Moldova / Republic of Moldova
Republik Moldau / República de Moldova**

- Mihail MACHIDON** President, State Commission for Crops Variety Testing and Registration (SCCVTR), Chisinau
- Ala GUŞAN (Mrs.)** Head, Inventions, Plant Varieties and Utility Models Department, State Agency on Intellectual Property (AGEPI), Chisinau

**République Dominicaine / Dominican Republic
Dominikanische Republik / República Dominicana**

- Ysset ROMAN (Sra.)** Ministro Consejero, Misión Permanente, 63 Rue de Lausanne, Ginebra, Suiza

République Tchèque / Czech Republic / Tschechische Republik / República Checa

- Martin PRUDEL** Head, Special Crops Unit, Plant Commodities Department, Ministry of Agriculture, Prague
- Jaroslav STAŇA** Director, Central Institute for Supervising and Testing in Agriculture (UKZUZ), Brno
- Daniel JUREČKA** Head, Plant Production Section, Central Institute for Supervising and Testing in Agriculture (ÚKZÚZ), Brno

Roumanie / Romania / Rumänien / Rumania

- Antonia IVASCU (Mrs.)** Executive Director, State Institute for Variety Testing and Registration (ISTIS), Bucarest
- Mihaela-Rodica CIORA (Mrs.)** Counsellor, DUS Expert, State Institute for Variety Testing and Registration (ISTIS), Bucarest
- Ion COSTACHE** State Institute for Variety Testing and Registration (ISTIS), Bucarest
- Georgeta GRIGORE (Mrs.)** State Institute for Variety Testing and Registration (ISTIS), Bucarest

Royaume-Uni / United Kingdom / Vereinigtes Königreich / Reino Unido

- Andrew MITCHELL** Controller of Plant Variety Rights, The Food and Environment Research Agency (FERA), Cambridge

Singapour / Singapore / Singapur / Singapur**Anne LOO VOON**

Director, Plant Varieties/Legal Counsel, Registry of Plant Varieties (RPV), Intellectual Property Office of Singapore,

Slovénie / Slovenia / Slowenien / Eslovenia**Joze ILERSIC**

Acting Director, Phytosanitary Administration of the Republic of Slovenia (PARS), Ministry of Agriculture, Forestry and Food, Ljubljana

Suède / Sweden / Schweden / Suecia**Olof JOHANSSON**

Head, Crop Production Department, Swedish Board of Agriculture, Jönköping

Carina KNORPP (Ms.)

Senior Advisor, Animal and Food Division, Ministry of Agriculture, Stockholm

Suisse / Switzerland / Schweiz / Suiza**Hans DREYER**

Leiter, Fachbereich Zertifizierung, Pflanzen- und Sortenschutz, Bundesamt für Landwirtschaft, Bern

Manuela BRAND (Frau)

Leiterin, Büro für Sortenschutz, Fachbereich Zertifizierung, Pflanzen- und Sortenschutz, Bundesamt für Landwirtschaft, Bern

Eva TSCHARLAND (Frau)

Juristin, Direktionsbereich Landwirtschaftliche Produktionsmittel, Bundesamt für Landwirtschaft, Bern

Sarah HOFMANN (Frau)

Bundesamt für Landwirtschaft, Bern

Tunisie / Tunisia / Tunesien / Túnez**Kacem CHAMMAKHI**

Chef, Service de l'évaluation, de l'homologation, de la protection des obtentions végétales et des relations extérieures, Direction générale de la protection et du contrôle de la qualité des produits agricoles, Ministère de l'Agriculture, des ressources hydrauliques et de la pêche, Tunis

Turquie / Turkey / Türkei / Turquía**Kamil YILMAZ**

Director, Variety Registration and Seed Certification Centre, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Ankara

Ukraine / Ukraine / Ukraine / Ucraina**Vasyl SOROKA**

Director, Ukrainian Institute for Plant Variety Examination, Kyiv

Nataliya YAKUBENKO (Mrs.)

Head, International Cooperation and Publishing Department, Ukrainian Institute for Plant Variety Examination, Kyiv

Union Européenne / European Union / Europäische Union / Unión Europea**Ladislav MIKO**

Directeur Général adjoint, Direction Générale Santé et Consommateurs, Commission européenne, Bruxelles, Belgique

Dana-Irina SIMION (Mme)

Chef de l'Unité E7, Direction Générale Santé et Protection des Consommateurs, Commission européenne, Bruxelles, Belgique

Päivi MANNERKORPI (Ms.)

Chef de secteur - Seed and Plant Propagating Material, Direction Générale Santé et Protection des Consommateurs, Commission européenne (DG SANCO), Bruxelles, Belgium

Martin EKVAD

President, Community Plant Variety Office (CPVO), Angers, France

Isabelle CLEMENT-NISSOU (Mrs.)	Seconded National Expert, European Commission – Direction Générale Santé et Protection des Consommateurs, Commission européenne (DG SANCO), Bruxelles
Carlos GODINHO	Vice-President, Community Plant Variety Office (CPVO), Angers France
Antonio ATAZ	Administrator, General Secretariat of the Council of the European Union, Brussels
Dirk THEOBALD	Head of the Technical Unit, Community Plant Variety Office (CPVO), Angers, France
Delphine LIDA (Mme)	Conseillère à la délégation de l'UE à Genève, Permanent Delegation of the European Union to the United Nations Office and other international organisations in Geneva, Geneva, Switzerland

II. Observateurs / Observers / Beobachter / Observadores

République-Unie de Tanzanie / United Republic of Tanzania Vereinigte Republik Tansania / República Unida de Tanzania

Patrick NGWEDIAGI	Registrar, Plant Breeders' Rights Office, Ministry of Agriculture, Food Security and Cooperatives, Dar es Salaam
Audax Peter RUTABANZIBWA	Head, Legal Unit, Ministry of Agriculture, Food Security and Cooperatives (MAFC), Dar es Salaam

III. Organisations / organizations / organisationen / organizaciones

Organisation Africaine de la Propriété Intellectuelle (OAPI) African Intellectual Property Organization (OAPI) Afrikanische Organisation für Geistiges Eigentum (OAPI) Organización Africana de la Propiedad Intelectual (OAPI)

Wéré Régine GAZARO (Mme)	Directeur, Protection de la propriété intellectuelle, Organisation africaine de la propriété intellectuelle (OAPI), Yaoundé, Cameroun
---------------------------------	---

Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO) Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen (FAO) Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura

Thomas Arthur OSBORN	Senior Agricultural Officer Seed Policy, Via delle Terme di Caracalla, Rome, Italy
-----------------------------	--

Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) / World Intellectual Property Organization (WIPO) / Weltorganisation für Geistiges Eigentum (WIPO) / Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI)

Rolf JÖRDENS	Special Advisor, Global Issues Sector, Geneva, Switzerland
---------------------	--

Organisation mondiale du commerce (OMC) / World Trade Organization (WTO) / Welthandelsorganisation (WTO) / Organización Mundial del Comercio (OMC)

Xiaoping WU (Mrs.)	Counsellor, Intellectual Property Division, World Trade Organization (WTO), Geneva, Switzerland
---------------------------	---

Asia and Pacific Seed Association (APSA)

Ruiqing HUANG	President, Asia and Pacific Seed Association (APSA), Bangkok Thailand
----------------------	---

- François BURGAUD** Chair, Standing Committee on Intellectual Property Rights, Asia and Pacific Seed Association (APSA), c/o GNIS, Paris, France
- Association for Plant Breeding for the Benefit of Society (APBEBES)**
François MEIENBERG Board Member, Berne Declaration, Zürich, Switzerland
Gopakumar KAPPOORI MADHAVAN Legal Advisor and Senior Researcher, Third World Network, New Delhi, India
- Association Internationale des Producteurs Horticoles (AIPH) / International Association of Horticultural Producers (AIPH) / Internationaler Verband des Erwerbsgartenbaues (AIPH) / Asociación Internacional de Productores Hortícolas (AIPH)**
Sjaak J. LANGESLAG Secretary General, International Association of Horticultural Producers (AIPH), Voorhout, Netherlands
- Mia HOPPERUS BUMA (Mrs)** Secretary, Committee for Novelty Protection, International Association of Horticultural Producers (AIPH), Voorhout, Netherlands
- Association Internationale d'Essais de Semences (ISTA) / International Seed Testing Association (ISTA) / Internationale Vereinigung für Saatgutprüfung (ISTA) / Asociación Internacional para el Ensayo de Semillas (ISTA)**
Michael MUSCHICK Secretary General, International Seed Testing Association (ISTA), Bassersdorf, Switzerland
- Communauté Internationale des Obtenteurs de Plantes Ornamentales et Fruitières de Reproduction Asexuée (CIOPORA) / International Community of Breeders of Asexually Reproduced Ornamental and Fruit Varieties (CIOPORA) / Internationale Gemeinschaft der Züchter Vegetativ Vermehrbarer Zier- und Obstpflanzen (CIOPORA) / Comunidad Internacional De Obtentores De Plantas Ornamentales y Frutales de Reproducción Asexuada (CIOPORA)**
Andrea MANSUINO President, International Community of Breeders of Asexually Reproduced Ornamental and Fruit Plants (CIOPORA), Hamburg, Germany
- Alain MEILLAND** Vice-President, International Community of Breeders of Asexually Reproduced Ornamental and Fruit Plants (CIOPORA), and President, AOHE, Meilland International, Domaine Saint André, Le Canet des Maures, France
- Edgar KRIEGER** Secretary General, International Community of Breeders of Asexually Reproduced Ornamental and Fruit Plants (CIOPORA), Hamburg, Germany
- Brenda A. COLE (Mrs.)** BioFlora INC., St. Thomas, Ontario Canada
- Dominique THÉVENON (Madame)** Treasurer - CIOPORA, AIGN®, International Community of Breeders of Asexually Reproduced Ornamental and Fruit Plants (CIOPORA), Piolenc, France
- Maarten LEUNE** Board Member, CIOPORA - International Community of Breeders of Asexually Reproduced Ornamental and Fruit Plants (CIOPORA), s-Gravenzande, Netherlands
- Focco PRINS** License Manager / Board member CIOPORA, FIDES, De Lier, Belgium
- Jan DE RIEK** Molecular Genetics & Breeding Group Leader, ILVO-Plant,

Bruno ETAVARD	Applied Genetics and Breeding Institute for Agricultural and Fisheries Research, Melle, Belgique Meilland International, Le Cannet des Maures, France
Croplife International	
Michael ROTH	Attorney, St. Louis, Missouri, United States of America
European Coordination Via Campesina (ECVC)	
Anne Charlotte MOY (Ms)	Juriste, European Coordination Via Campesina (ECVC), Bruxelles, Belgique
European Seed Association (ESA)	
Szonja CSÖRGÖ (Mrs)	Manager, Intellectual Property & Legal Affairs, European Seed Association (ESA), Brussels, Belgium
Eric DEVRON	Directeur général USF, Union française de Semences, Paris, France
Astrid M. SCHENKEVELD (Mrs.)	Specialist, Variety Registration & Protection, Rijk Zwaan Zaadteelt en Zaadhandel B.V., De Lier, Netherlands
Gerarda Helena Maria SUELMANN	Head of the Legal Department, Rijk Zwaan Zaadteelt en Zaadhandel B.V, ESA member, Committee of Intellectual Property and Breeders' Rights, De Lier, Netherlands
International Seed Federation (ISF)	
Marcel BRUINS	Secretary General, International Seed Federation (ISF), Nyon, Switzerland
Radha RANGANATHAN (Mrs.)	Director Technical Affairs, International Seed Federation (ISF), 7, Nyon, Switzerland
Antoine ALEGRE DE LA SOUJEOLE	Directeur général, SICASOV, Paris Cedex 01, France
Judith BLOKLAND (Mrs.)	Lawyer, Regulatory and Legal Affairs, Plantum, Netherlands
Pierre DEVAUX	Biotechnology Manager and Member of IP Group of UFS, Florimond Desprez, Cappelle en Pevele, France
Jean DONNENWIRTH	International Intellectual Property Manager, Pioneer Hi-Bred S.A.R.L., Aussonne, France
Christoph HERRLINGER	Vice Secretary-General, Bundesverband Deutscher Pflanzenzüchter e.V. (German Plant Breeders' Association), Bonn, Germany
Niels LOUWAARS	Managing Director, Plantum, Gouda, The Netherlands
Stevan MADJARAC	Global Germplasm IP Head, Monsanto Company, Chesterfield, United States of America
José PELLICER	Eurosemillas S.A., Madrid, Spain
Justin J. RAKOTOARISAONA	Secretary General, African Seed Trade Association (AFSTA), Nairobi, Kenya
Carl-Stephan SCHÄFER	Secretary-General, Bundesverband Deutscher Pflanzenzüchter e.V. (German Plant Breeders' Association), Bonn, Germany
IV. Autres Participants / Other Participants / Andere Teilnehmer / Otros Participantes	
David BOREHAM	Foxton, United Kingdom

Jacques GENNATAS	Brussels, Belgium
Barry GREENGRASS	Advisor, London, United Kingdom
Pia HUBER (Mrs.)	Collonges-sous-Salève, France
Bart KIEWIET	Bouchemaine, France
Ricardo LÓPEZ DE HARO Y WOOD	Madrid, Spain
Karl Olov ÖSTER	Stockholm, Sweden
Max-Heinrich THIELE-WITTIG	Oetzen-Stoecken, Germany
Ryusuke YOSHIMURA	Rural Development Research Group, Tokyo, Japan

V. Moderateurs / Moderators / Diskussionsleiter / Moderadores

Keun-Jin CHOI	President of the Council of UPOV, Republic of Korea
Kitisri SUKHAPINDA (Ms.)	Vice-President of the Council of UPOV, United States of America
Peter BUTTON	Vice Secretary-General, UPOV

VI. Orateurs / Speakers / Sprecher / Conferenciantes

Marianne BÄNZIGER (Dr.)	Deputy Director General, Research & Partnership, International Maize and Wheat Improvement Centre (CIMMYT), Texcoco Mexico
Mike BEVAN	Deputy Director, John Innes Centre, Norwich Research Park, Norwich, United Kingdom
Yashwant BHARGAVA	Head of R&D, East African Seed Company Ltd, Nairobi, Kenya
Jean-Marc BOURNIGAL	Directeur de Cabinet au MAAPRAT, Cabinet B, Ministère de l'agriculture, de l'alimentation, de la pêche, de la ruralité et de l'aménagement du territoire (MAAPRAT), Paris
Peter BUTTON	Vice Secretary-General, UPOV, Geneva, Switzerland
Wendy CASHMORE (Mrs)	Leader, Plant Variety Management, Plant & Food Research, The New Zealand Institute for Plant and Food Research Limited, Havelock North, New Zealand
Stanislau HARDZEI	Head, Laboratory of Genetics and Biotechnology, Scientific and Practical Centre of Belorussian NAS for Arable Farming (SPCAF), Zhodino, Belarus
Bernard LE BUANEC	Douarnenez, France
Ki-Byung LIM	Professor, Department of Horticulture, Kyungpook National University, Daegu, Republic of Korea
David NEVILL	Head of Cereals R&D, Syngenta International AG, Basel, Switzerland
Frank ORDON	Director and Professor, Julius Keuhn-Institute (JKI), Quedlinburg, Germany

Ulrich SANDER	Managing Director, Selecta Klemm & Sohn GmbH & Co. KG., Stuttgart, Germany
Konstantin G. SKRYABIN	Director, Research Centre "Bioengineering", Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation
Jari P.T. VALKONEN	Professor, Plant Pathology, University of Helsinki, Helsinki, Finland

VII. Bureau de l'UPOV / Office of UPOV / Büro der UPOV / Oficina de la UPOV

Francis GURRY	Secretary-General
Peter BUTTON	Vice Secretary-General
Raimundo LAVIGNOLLE	Director
Yolanda HUERTA (Mrs.)	Legal Counsel
Julia BORYS (Mrs.)	Senior Technical Counsellor
Fuminori AIHARA	Counsellor
Caroline ROVERE (Mrs.)	Administrative Assistant

**Unión Internacional para la Protección
de las Obtenciones Vegetales (UPOV)**

UPOV
34, chemin des Colombettes
CH-1211 Ginebra 20 (Suiza)

Teléfono: +41 22 338 9111
Fax: +41 22 733 0336

Correo electrónico: upov.mail@upov.int
Sitio Web: www.upov.int