



Documentos

Estrategia en recursos fitogenéticos para los países del Cono Sur



Programa Cooperativo para el Desarrollo Tecnológico Agroalimentario y Agroindustrial del Cono Sur

Argentina - Bolivia - Brasil - Chile - Paraguay - Uruguay

Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura - IICA



Documentos

Estrategia en recursos fitogenéticos para los países del Cono Sur

Coordinadores: Ing. Agr. Ana Berretta
Ing. Agr. Mercedes Rivas

Montevideo
Uruguay
junio 2001

*Programa Cooperativo para el Desarrollo Tecnológico Agroalimentario y
Agroindustrial del Cono Sur*

Argentina - Bolivia - Brasil - Chile - Paraguay - Uruguay

Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura 

Este documento ha sido elaborado en el ámbito del Subprograma Recursos Genéticos del PROCISUR dentro del Plan de Actividades - 2000

Agradecimientos

Se agradece la colaboración del equipo de Recursos Fitogenéticos de la Facultad de Agronomía, Universidad de la República Oriental del Uruguay, y muy especialmente a la Ing. Agr. Mercedes Rivas por su apoyo en la corrección y la edición de este documento.

Fotos cedidas por M. Rivas, R. Ferraz de Arruda Veiga, F. Vilaró, M. Ferrer e I. Seguel

Carneiro, Mauro coord
Estrategias de biotecnología agropecuaria para el Cono Sur / coord. Mauro Carneiro. — Montevideo : PROCISUR, 2000
154 p.

ISBN 92-9039-448X

/BIOTECNOLOGIA/ /AGRICULTURA/ /TECNOLOGIA/ /INVESTIGACION/ /CAMBIO TECNOLÓGICO/
/CONO SUR/

AGRIS E 14

CDD 620.8

Las ideas y opiniones expuestas son propias de los autores y no necesariamente pueden reflejar políticas y/o posiciones oficiales del PROCISUR y de las instituciones que lo integran.

Presentación

El Programa Cooperativo para el Desarrollo Tecnológico Agroalimentario y Agroindustrial del Cono Sur – PROCISUR, creado en 1980, constituye un esfuerzo conjunto de los Institutos Nacionales de Tecnología Agropecuaria - INIAs de Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Paraguay y Uruguay, y el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura – IICA.

En la década de los '90 el PROCISUR se preparó para enfrentar los desafíos de la globalización y apertura económica fortaleciendo las capacidades y competencias regionales en cinco áreas de actuación (Subprogramas): recursos genéticos, biotecnología, recursos naturales y sostenibilidad agrícola, agroindustria y desarrollo institucional. Sobre esas bases, a partir de 1998 planteó convertirse en un instrumento de la integración tecnológica del bloque regional buscando incrementar la competitividad de las cadenas agroalimentarias, preservando la salud ambiental de los agroecosistemas y mejorando la inclusión social.

Para reforzar ese esfuerzo se desarrolló el Proyecto Global (www.procisur.org.uy) que dio lugar a elaborar una estrategia de integración tecnológica agroalimentaria y agroindustrial estableciendo seis grandes ejes articuladores del proceso innovativo con vistas a profundizar el acceso del bloque regional en el mercado mundial. Simultáneamente, el PROCISUR se reorganizó dejando la estructura de Subprogramas y está pasando a implementar plataformas tecnológicas y proyectos cooperativos en línea con los ejes de innovación identificados, a través de una amplia articulación con los actores del sistema agroalimentario y agroindustrial de la región.

El eje de mayor proyección estratégica plantea un nuevo salto tecnológico de competitividad basándose fundamentalmente en la biotecnología y la valoración de nuestros recursos genéticos. El material genético disponible en nuestra diversidad biológica y su mejoramiento son instrumentos imprescindibles para que la biotecnología moderna logre generar nuevas razas, cultivares, transgénicos, etc. para satisfacer las necesidades de la región y contribuir al incremento de su competitividad, bien como, a la sustentabilidad ambiental y social.

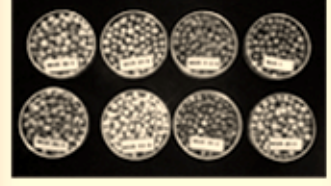
Concorde con ese desafío y como síntesis de su reconocida trayectoria, el Subprograma Recursos Genéticos, con la participación especial de su Coordinadora Internacional, Ing. Ana Berretta, de los Coordinadores Nacionales y otros colaboradores de sabido prestigio, se propuso a través de este documento tratar diferentes áreas estratégicas que hacen a la gestión, manejo y desarrollo de los recursos fitogenéticos, con el propósito de aportar al desarrollo económico y social de la región.

El PROCISUR descuenta que este aporte del Subprograma servirá para alimentar las competencias, fortalecer los sistemas nacionales y contribuir a perfeccionar políticas locales y regionales que potencialicen nuestra riqueza genética y aseguren nuestra posición en los foros internacionales.

Roberto M. Bocchetto
Secretario Ejecutivo del
PROCISUR

Índice

Presentación	iii
Introducción	1
Aspectos formales / institucionales	9
Sistemas nacionales de recursos fitogenéticos, por <i>A. Berretta</i>	11
Acesso aos recursos genéticos, por <i>M. de Miranda Santos</i>	19
Capacitación en recursos fitogenéticos, por <i>M. Rivas</i>	33
Aspectos de orden técnico	41
Variabilidad genética en los recursos vegetales de importancia para la agricultura del Cono Sur, por <i>M. E. Ferrer, A. M. Clausen</i>	43
Intercâmbio e quarentena de recursos fitogenéticos, por <i>R. Ferraz de Arruda Veiga</i>	59
Conservación <i>in situ</i> de los recursos fitogenéticos por <i>M. Rivas</i>	65
Conservación de recursos fitogenéticos <i>ex situ</i> por <i>I. Seguel Benítez</i>	79
Caracterización y evaluación de recursos fitogenéticos por <i>T. Abadie y A. Berretta</i>	91
Desarrollo de colecciones núcleo de recursos fitogenéticos por <i>T. Abadie</i>	101
El pre-mejoramiento y la utilización de los recursos fitogenéticos por <i>C. Pritsch</i>	111
Documentación e información de recursos fitogenéticos por <i>V. Santander</i>	123
Recursos genéticos e transgênicos por <i>E. Ryoiti Sujii; P. Messember Guimarães</i>	133



Introducción

Introducción

por Ana Berretta *

En el mundo actual, el gran desafío de la humanidad es el de utilizar los recursos naturales en forma sostenible, de modo de satisfacer las necesidades de las generaciones presentes pero asegurando la base para las generaciones futuras. Esta utilización sostenible se plantea como el gran paradigma actual en el marco de una serie de desafíos tales como la necesidad de un crecimiento económico equitativo, la conservación del ambiente, la radicación en el medio rural y mantenimiento de los conocimientos tradicionales. Dentro de estos desafíos, la diversidad biológica no sólo ocupa un lugar central, sino que es la base que los sustenta.

Diversidad biológica, recursos fitogenéticos y producción agrícola

La diversidad biológica, que es el resultado de la evolución ocurrida durante millones de años, engloba la variabilidad total de los organismos vivos, comprendiendo la diversidad de ecosistemas, especies, poblaciones y genes. Los recursos fitogenéticos, como componentes de dicha diversidad biológica, constituyen el material genético de las especies de plantas con valor económico actual o potencial para la producción de alimentos, fibras, medicinas, tinturas, maderas, etc.

Desde los inicios de la agricultura, el hombre ha domesticado, seleccionado y mantenido aquellas especies de interés inmediato para su sustento y crecimiento. Miles de especies se llegaron a domesticar y utilizar en este proceso, de las cuales, unas pocas son utilizadas en la actualidad. A modo de ejemplo, de las 300 a 500.000 especies de plantas conocidas, unas 7000 son fuentes de alimentos y sólo tres proveen casi 60% de las calorías y proteínas de la dieta humana. Este estrechamiento a tan pocas especies es un fenómeno reciente, ocurrido en los últimos siglos. Ello dificulta lograr tanto un desarrollo productivo sostenible, como un balance equilibrado de la dieta y un uso óptimo de la tierra y los recursos por parte del agricultor.

Nuevos cultivos de alto rendimiento y calidad, entonces, deben ser incluidos a los sistemas productivos. Pueden ser usadas nuevas especies con potencial nutricional o industrial o nuevas variedades de especies ya utilizadas. En ambos casos necesitará el material genético cuya variabilidad permitirá desarrollar aquellos genotipos que se adaptarán a las diversas condiciones ambientales del planeta, incluyendo resistencia a plagas y enfermedades.

* INIA Uruguay

Coordinador Internacional del Subproyecto
Recursos Genéticos. PROCISUR

ana@inia.org.uy

Acciones en recursos fitogenéticos

Las diversas actividades que deben desarrollarse en una correcta gestión, manejo y desarrollo de los recursos fitogenéticos no apuntan a los mismos como una mera forma de conservar y potencializar la diversidad biológica, sino como una búsqueda de aquellas nuevas especies que pueden servir como base para el desarrollo diferencial de los países del Cono Sur (PCS), o como reservorio de genes en las especies ya utilizadas que pueden potenciar las obtenciones vegetales productos de los programas de mejoramiento.

La conservación de los recursos fitogenéticos carece de valor *per se* si no apuntan a una clara utilización sostenible de los mismos. El conocimiento del origen, atributos genéticos y productivos de dichos recursos son la base para el aprovechamiento de la diversidad genética que ellos poseen. El binomio conservación/utilización se constituye así en el cuerpo medular del trabajo en recursos fitogenéticos, debiendo atender a un equilibrio adecuado.

En el orden internacional

El otro gran desafío del trabajo en recursos fitogenéticos lo constituye el establecimiento de una distribución justa y equitativa de los beneficios derivados de su uso. En la actualidad, los beneficiarios y usuarios de los recursos fitogenéticos raramente coinciden con los proveedores de dichos recursos. Regular el acceso favoreciendo a la vez su uso es un reto al que hay que responder.

En este sentido, la Convención de Diversidad Biológica, ratificada por 173 países, colocó a los recursos genéticos en una nueva situación. El artículo 15 del Convenio de Diversidad Biológica reconoce los derechos soberanos de los estados para regular el acceso a los recursos fitogenéticos. La propuesta y aprobación de este artículo es el resultado de una polémica desatada hace varias décadas en el ámbito internacional como consecuencia del reconocimiento de los derechos de propiedad intelectual sobre las variedades y genes de plantas (derechos de obtentor y/o patentes), sin el correspondiente reconocimiento del valor de los recursos fitogenéticos de los cuales derivaban. A diferencia de lo que ocurre con otros recursos naturales como los minerales o recursos del mar, los individuos, comunidades o países que proveen los recursos fitogenéticos y/o el conocimiento sobre como utilizarlos no han recibido ningún beneficio, ya que han sido considerado históricamente como patrimonio de la humanidad. La Convención, de carácter vinculante, ha promovido la discusión y propuesta de legislaciones de acceso en los países, las cuales se encuentran en diferente estado de avance en la región. Progresar en paralelo de manera de compatibilizar las legislaciones propuestas, ayudaría al fortalecimiento del bloque en su conjunto.

Un exhaustivo diagnóstico sobre la situación de los Recursos Fitogenéticos en el mundo fue elaborado en el proceso preparatorio de la Cuarta Conferencia Técnica Internacional sobre los Recursos Fitogenéticos llevada a cabo en Leipzig, Alemania,

en 1996; y los diferentes aspectos que contribuyen a un integral desarrollo, gestión y manejo de dichos recursos a nivel mundial fueron propuestos en el Plan de Acción Mundial para la Conservación y Utilización Sostenible de los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura, aprobado en dicha conferencia. Este plan contempla las diferentes áreas en que cada país debe desarrollar acciones, y, aunque la implementación global de dicho plan está condicionada a la disponibilidad de recursos frescos y adicionales, los diferentes países, ya sea individualmente, o a través de organizaciones regionales como PROCISUR, han tomado dicho Plan como un indicador de las acciones a desarrollar, llevándolas a cabo de acuerdo a sus prioridades y posibilidades financieras.

En este sentido, se está impulsando en varios de los PCS el establecimiento, desarrollo y/o fortalecimiento de los Sistemas Nacionales de Recursos Fitogenéticos, elemento coordinador esencial en la gestión y manejo integral de dichos recursos.

Rol de los INIAs

Las instituciones de investigación pública integran este Sistema Nacional, cumpliendo los roles que le competen, aun en los cambiantes escenarios de los últimos años. Hasta tanto no se definan roles equitativos de responsabilidades de todas las partes, las instituciones públicas deberán seguir llevando a cabo la investigación en aquellas áreas en las que el sector privado no prevea beneficios directos y/o inmediatos y por lo tanto no invierta. En el caso concreto de los recursos fitogenéticos, no realizar la investigación básica que permita conocerlos y valorarlos acarreará en el futuro la pérdida del control de los recursos que hoy están aun en los países.

En un mundo en que la tendencia a globalizar es cada vez más clara, se tiende a unificar el criterio de que las instituciones públicas no son tan efectivas como las privadas, olvidando muchos ejemplos donde los logros han provenido de las primeras, u olvidando que sólo las primeras pueden afrontar la responsabilidad de tomar a su cargo la situación de millones de personas cuyos recursos no le permite acceder a las nuevas y caras tecnologías emergentes.

Otro aspecto que es necesario considerar son los cambios ocurrido en el plano de financiamiento de líneas de investigación. Actualmente no se concibe una institución que no establezca convenios con empresas privadas para co-desarrollo o financiamiento de líneas específicas. Cuando una institución de investigación pública de un país en desarrollo decide que necesita establecer un vínculo de cooperación con una empresa privada, tiene una inmensa cantidad de posibilidades concernientes al uso de los resultados derivados de esa colaboración. Seleccionar aquellas que coinciden con los objetivos institucionales es primordial. También le competen a dichas instituciones la responsabilidad de evaluar, tanto ex ante como posteriormente el impacto que los proyectos de investigación y desarrollo propuestos causan en los diferentes ámbitos productivos, sociales, ambientales. Los recursos fitogenéticos no son ajenos

a esta problemática. Si bien desde un punto de vista productivo una nueva tecnología generalmente lleva asociada cultivares más productivos, o de mejor calidad, ellos son normalmente más uniformes, y si no son acompañados de medidas complementarias o alternativas, en la mayoría de los casos causa erosión genética que debe ser evaluada y cuantificada.

Los países del Cono Sur

El Cono Sur de América es una región integrada por diversas regiones biogeográficas, con variadas condiciones edáficas y climáticas que ha resultado en una gran riqueza de diversidad biológica. Existen áreas particulares sumamente ricas en endemismos, así como centros de diversidad y domesticación de cultivos de amplia difusión mundial.

Muchos de ellos son hoy un importante aporte a la dieta regular de la especie humana, como maíz, papa, porotos, o a otros aspectos del desarrollo productivo e industrial, como el caucho o el algodón, lo que le confiere particular fortaleza al bloque regional.

En la mayoría de los PCS se ha dado una explotación intensiva de diversas especies forestales, medicinales, forrajeras, hortícolas y/o frutales, tanto nativos como naturalizados, que debe ser limitado o regulado en forma urgente. Si bien se han hecho importantes esfuerzos de colecta en la región, la existencia de infraestructuras incompletas o inadecuadas y la carencia de apoyo financiero a las actividades en recursos fitogenéticos ha provocado un deterioro considerable de las colecciones almacenadas ya sea tanto por pérdida de viabilidad de la semilla como por reducción de volumen de material almacenado e insuficiente multiplicación o regeneración de las mismas.

Se constata en los PCS un creciente problema de pérdida de diversidad -erosión genética- por avance de la frontera agrícola, ocupación de nuevas tierras o cambio de uso de las mismas, causando serios problemas ambientales como degradación y compactación de suelos y contaminación de acuíferos que deben ser contemplados en los planes de investigación y desarrollo. Ello ha llevado tanto a pérdida de poblaciones o especies silvestres como de razas locales de cultivos nativos y naturalizados desarrolladas y mantenidas por los agricultores. También cambios en los sistemas de producción o la introducción de formas modificadas de cultivos existentes han causado el desplazamiento de algunos cultivos y el reemplazo de razas locales por materiales mejorados. Estrategias integradas de conservación *in situ* y *ex situ* son fundamentales para amortizar el impacto de estas prácticas.

En lo referente a utilización de recursos fitogenéticos en los PCS, es incompleta y varía según el país y la especie considerada. Dicho bajo nivel de utilización del germoplasma disponible en la región es una consecuencia de varios factores, entre otros, de problemas relacionados a intercambio fluido de germoplasma entre los países, falta de documentación e información adecuada y estandarizada de las colecciones disponibles, insuficiente análisis de la información, ausencia de programas de mejoramiento para nuevos cultivos y premejoramiento para los exis-

tentes, insuficiente utilización de nuevas tecnologías, falta de recursos financieros y discontinuidad o insuficientes recursos humanos calificados.

Es entonces prioritario establecer políticas nacionales y regionales en cuanto a conservación, gestión, desarrollo y manejo de los recursos fitogenéticos. Disponer de dichas políticas es la base del desarrollo futuro, tanto de las especies hoy utilizadas como de aquellas especies de valor potencial para la región a mediano o largo plazo. Por otra parte, el disponer de elementos comunes para la toma de decisiones le conferirá al bloque regional una mayor solidez y fortaleza en los foros internacionales.

El Documento

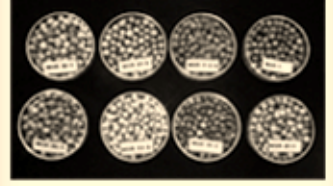
Este Documento tiene como objetivo realizar, en las áreas consideradas estratégicas para una correcta gestión de los recursos fitogenéticos, un sucinto diagnóstico de la situación, identificación de los principales problemas y una serie de propuestas estratégicas de trabajo y desarrollo en cada área.

Se abordan tópicos de carácter formal y de desarrollo institucional, así como los grandes temas técnicos que hacen a la gestión, manejo y desarrollo de los recursos fitogenéticos de la región. Dentro de los primeros se encaran aspectos de capacitación, la necesidad de desarrollo del marco legal que regule la gestión y manejo de los recursos fitogenéticos, así como el establecimiento de Sistemas Nacionales de Recursos Fitogenéticos, y las características que sería conveniente incluir en un marco referencial de este tipo.

Dentro de los segundos se contemplan los grandes temas técnicos, desde la ampliación de variabilidad hasta la necesidad de documentación de todas las actividades relacionadas con la gestión y manejo de los recursos fitogenéticos. Se incluyen las áreas consideradas tradicionales, como prospección y colecta, intercambio de germoplasma, cuarentena, conservación, caracterización, agregándose algunas de las nuevas áreas emergentes, tales como desarrollo de colecciones núcleo, premejoramiento, y aspectos referentes a transgénicos y su relación con los recursos fitogenéticos.

Si bien las propuestas estratégicas son planteadas en cada uno de los temas, con el documento en su conjunto se pretende dar una visión global de los problemas a nivel regional y cuales son ideas indicadoras de acción concreta para lograr el aprovechamiento de la riqueza en recursos fitogenéticos con que cuenta el Cono Sur de América. Acción concreta no con el mero fin de desarrollo del área disciplinaria en si sino con el objetivo final de una utilización efectiva de la riqueza con que la región cuenta que potencie el accionar de los programas de mejoramiento genético. Acción concreta que se constituya en un pilar fundamental en la construcción de un mundo más justo y más equitativo desde el punto de vista de distribución de riqueza, de seguridad alimentaria, y de equilibrio nutricional de la población, principalmente aquella de bajos recursos.

Aspectos
formales / instituciones



Sistemas nacionales de recursos fitogenéticos

por Ana Berretta *

Introducción

La ratificación del Convenio sobre Diversidad Biológica (CDB) por los gobiernos de los seis- países integrantes del PROCISUR (Argentina, 1994; Bolivia, 1993 ; Brasil, 1994 ; Chile, 1994; Paraguay,1993, Uruguay, 1993), la elaboración de las estrategias nacionales para el cumplimiento del mismo por parte de los Ministerios del Ambiente, la firma de la Agenda 21; así como la aprobación del Plan de Acción Mundial (PAM) para la conservación y la utilización sostenible de los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura (FAO, 1996), reafirman el papel estratégico de los recursos fitogenéticos para el desarrollo sostenible. El compromiso de nuestros países para la conservación, utilización sostenible y distribución justa y equitativa de los beneficios derivados de la utilización de los recursos fitogenéticos, son desafíos mayores que requieren de la formulación de políticas de Estado.

Los ámbitos gubernamentales, científico-técnicos y sociales requieren de vínculos fluídos de comunicación y coordinación dentro y entre sí, de modo que las políticas y acciones en recursos fitogenéticos se fortalezcan en cada país. En el nivel político es necesario que se resuelvan aspectos legales y se establezcan políticas nacionales e internacionales conducentes a la valorización de los recursos fitogenéticos. Las instituciones científico-técnicas que se ocupan de esta temática requieren de un mayor desarrollo y de la coordinación de sus acciones, lo que potenciaría su labor y daría un mejor aprovechamiento de los recursos humanos y financieros, permitiendo la realización de proyectos de mayor envergadura. El involucramiento de las organizaciones sociales es también un aspecto central para una efectiva participación de la sociedad en la conservación y utilización sostenible de los recursos fitogenéticos. En muchos temas centrales que hacen a una política de Estado en recursos fitogenéticos deben interactuar los diferentes actores para lograr propuestas y soluciones inteligentes a las necesidades de cada país (ejs: acceso a los recursos fitogenéticos, políticas de desarrollo sostenible, derechos de propiedad intelectual, políticas científicas, etc.).

En los países de la región aun no se han establecido Sistemas Nacionales que integren y coordinen las acciones de las instituciones involucradas en el desarrollo y la gestión de los recursos fitogenéticos nacionales. Existen en varios de ellos Sistemas de Recursos Fitogenéticos institucionales e intentos más o menos exitosos tendientes a coordinar y complementar actividades de investigación entre instituciones. Si bien en

* INIA Uruguay

Coordinador Internacional del Subprobrama
Recursos Genéticos. PROCISUR
ana@inia.org.uy

algunos de los países se han nombrado Comisiones/Comités Nacionales de recursos fitogenéticos, la acción de ellas es aún incipiente.

En estas circunstancias, resulta claro que cada país requiere crear algún mecanismo que permita el tratamiento de los recursos fitogenéticos de manera integral. Para llevar adelante la estrategia propuesta en los distintos capítulos de este documento, los países deben contar con un mecanismo interno que coordine e instrumente las políticas y estrategias en recursos fitogenéticos.

Antecedentes

Entre los artículos del Convenio sobre Diversidad Biológica, los artículos 6, 7, 8, 9, 10, 12, 13 y 15 - Medidas generales a los efectos de la conservación y utilización sostenible, Identificación y seguimiento, Conservación *in situ*, Conservación *ex situ*, Utilización sostenible de los componentes de la diversidad biológica, Investigación y capacitación, Educación y conciencia pública y Acceso a los recursos fitogenéticos - refieren a obligaciones de cada país firmante relativas a los recursos fitogenéticos, como componente de la diversidad biológica. Los Ministerios/Secretarías del Medio Ambiente han impulsado la formulación de estrategias nacionales para dar cumplimiento al CDB, en un proceso de amplia participación de los distintos actores sociales. En estas estrategias se plantean, según la realidad de cada país, distintas alternativas tendientes a la coordinación de políticas y acciones referentes a los recursos fitogenéticos, requiriéndose de acciones concretas para su puesta en funcionamiento.

En particular, el Convenio sobre Diversidad Biológica en el artículo 15 reconoce el derecho de los Estados sobre sus recursos naturales y que es de incumbencia de los gobiernos nacionales la facultad de regular el acceso a los recursos genéticos. Para hacer uso de este derecho los países deberán también resolver aspectos legales y establecer un mecanismo que permita llevar adelante la regulación del acceso (ver capítulo sobre Acceso a los recursos fitogenéticos).

Por otra parte, el Plan de Acción Mundial (PAM) de la FAO para la conservación y utilización sostenible de los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura contiene cuatro áreas prioritarias de trabajo: Conservación y mejoramiento *in situ*, Conservación *ex situ*, Utilización de los recursos fitogenéticos e Instituciones y creación de capacidad. Dentro de esta última área, se plantea la creación y/o fortalecimiento de Sistemas Nacionales en cada país. En la mayoría de los países de la región aun no se ha logrado avanzar en la puesta en marcha del PAM, requiriéndose también para su implementación de la coordinación y esfuerzo de distintos actores de la sociedad.

En los países de la región, la gestión y desarrollo de los recursos fitogenéticos no se encuentran específicamente incorporados en las Constituciones Nacionales ni en los planes nacionales de desarrollo. Esto indica que el tema recursos fitogenéticos no ha logrado tener el suficiente reconocimiento de los gobiernos y de la sociedad en general, provocando ausencias legales y una asignación limitada de recursos para el desarrollo de los recursos fitogenéticos nacionales.

El tratamiento en cada país de la temática de los recursos fitogenéticos debería ser multisectorial, interviniendo distintos grupos de actores: el gobierno, las instituciones académico-técnicas, las organizaciones sociales, productivas y empresariales. A nivel del gobierno típicamente los ministerios o secretarías de agricultura, medio ambiente y la cancillería son actores claves, así como el Parlamento Nacional y los gobiernos municipales. Las instituciones académico-técnicas son básicamente los institutos agropecuarios, las universidades y los jardines botánicos. Las organizaciones sociales, productivas y empresariales comprenden a las ONGs ambientalistas, las diferentes formas de asociación de los productores agropecuarios, los programas de mejoramiento, las empresas semilleras, biotecnológicas, farmacéuticas, etc. También es importante la participación de los actores de la sanidad vegetal y la bioseguridad, temas muy relacionados con los recursos fitogenéticos.

La carencia de canales fluidos de comunicación o la debilidad de los mismos reduce las oportunidades de colaboración entre instituciones y distintos sectores que trabajan con recursos fitogenéticos, con la consecuente duplicación de esfuerzos y recursos y la carencia de proyectos interdisciplinarios de mayor envergadura. Si bien existen algunas coordinaciones informales, la integración formal seguramente permitirá a los países desarrollar una capacidad nacional mucho más sólida al incorporar las experiencias y capacidades individuales de las diferentes instituciones que realizan gestión y desarrollo de los recursos fitogenéticos, en un tema que por su complejidad lleva implícita diversas disyuntivas de orden político, legal e institucional.

En el plano internacional los países participan de diferentes eventos, cuyas definiciones y posturas hacen directa o indirectamente a las políticas sobre recursos fitogenéticos (CDB, FAO, OMC, GATT, UPOV, etc.). Los países toman posiciones ante estas organizaciones, que no necesariamente presentan un grado de coordinación y coherencia entre sí. Los actores que participan en cada evento suelen ser diferentes y normalmente no son suficientes las instancias de coordinación entre los mismos. Estos aspectos de las relaciones internacionales son de suma importancia para los países, debiéndose analizar cuidadosamente para lograr posiciones nacionales integrales sobre los temas relacionados. En vistas a este propósito la coordinación e integración de los diversos

actores de un país resultan imprescindibles para posicionar favorablemente a los países en el plano internacional.

Estrategia propuesta

Se propone la creación de un Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos en cada uno de los países de la región, que cumpla con dos grandes objetivos relativos a la conservación, utilización sostenible y distribución justa y equitativa de los beneficios derivados de la utilización de los recursos fitogenéticos:

- Proponer políticas y estrategias nacionales e internacionales.
- Potenciar el desarrollo del conocimiento de los recursos fitogenéticos nacionales.

Estructura:

- a) el Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos deberá crearse por un marco legal que cada país propondrá, de modo que formalmente cuente con los respaldos necesarios para su accionar. Deberá tener la jerarquía suficiente como para tomar decisiones y lograr que las mismas se cumplan;
- b) el Sistema deberá integrar a los diversos actores involucrados en la conservación y utilización de los recursos fitogenéticos (ministerios, intendencias, instituciones de investigación, universidades, sectores productivos y empresariales, ONGs). La única forma de contar con una integración efectiva y representativa es a través de la participación coordinada de todos los actores nacionales relacionados o involucrados en la gestión de los recursos fitogenéticos del país;
- c) deberá basarse en las instituciones existentes en el país, contemplando los mecanismos necesarios para que dichas instituciones establezcan los acuerdos correspondientes con el sistema propuesto;
- d) deberá ser dirigido o coordinado por una comisión nacional interinstitucional o alguna otra figura similar. No se deberían crear estructuras pesadas, burocráticas, con poca agilidad para la discusión y definición de los temas que le competen. La estructura debe ser funcional de acuerdo a los objetivos planteados, poseer una composición permanente que le confiera continuidad, pero con un número limitado de integrantes que le permita poseer la ejecutividad necesaria para definir cada problema en tiempo y forma. Deberán implementarse mecanismos de consulta con aquellas instituciones integrantes del sistema que no forman parte de la comisión nacional;
- e) deberá también garantizarse un mínimo mecanismo financiero para su funcionamiento, dado que de otra forma

es muy difícil conferirle la continuidad y estabilidad necesaria a una estructura de este tipo.

Principales funciones:

En materia científico-técnica:

- a) coordinación de la definición y puesta en marcha de un Plan de Acción Nacional para la conservación y uso sostenible de los recursos fitogenéticos, el cuál debe ser revisado y actualizado periódicamente;
- b) actualización periódica del Informe Nacional sobre el estado de los recursos fitogenéticos;
- c) fortalecimiento de los programas y servicios integrantes del sistema, necesarios para asegurar la investigación, conservación y utilización de los recursos fitogenéticos (Bancos Base y Activos, Sistema de cuarentena, *Conservación in-situ*, Estudios biológicos, Caracterización, Evaluación, Sistema de documentación e información, entre otros);
- d) apoyo al desarrollo de metodologías de valoración integral de los recursos fitogenéticos;
- e) fomento de la realización de evaluaciones de impacto ambiental de los proyectos de investigación científico-técnico que afecten la conservación y utilización de los recursos fitogenéticos;
- f) promoción y desarrollo de programas de capacitación en recursos fitogenéticos;
- g) organización de redes de investigadores y especialistas por especies o temas, proyectándolos regional e internacionalmente;
- h) identificación de oportunidades de cooperación técnica y financiera adicionales a los que poseen las instituciones individualmente;
- i) mantener un Sistema de Información interinstitucional que facilite el intercambio de información y el aprovechamiento de las oportunidades de colaboración nacional e internacional;
- j) organizar y facilitar mecanismos de comunicación regular entre los diferentes actores del sistema (seminarios, conferencias, reuniones regionales, etc.);
- k) realización de campañas de información y sensibilización sobre la importancia de los recursos fitogenéticos, dirigidas a distintos sectores de la sociedad.

En materia legal y de políticas:

- a) asesoramiento en materia de políticas y estrategias nacionales para la conservación, utilización y distribución justa y equitativa de los beneficios derivados de los recursos fitogenéticos. Se destaca particularmente el desarrollo y armonización de las legislaciones nacionales relativas al acceso a los recursos fitogenéticos, el derechos de los agricultores y los derechos de propiedad intelectual;
- b) asesoramiento a las cancillerías y ministerios ante distintas instancias y foros internacionales, para que el país cuente con posiciones comunes en las temáticas relacionadas con los recursos fitogenéticos, facilitando el intercambio de informes y opiniones entre los distintos actores;
- c) establecimiento de vínculos formales de asesoramiento a los comités nacionales y organismos responsables de áreas de acción cuyas decisiones afectan la conservación y utilización de los recursos fitogenéticos (Ej: oficinas de evaluación de impacto ambiental, comités de bioseguridad, programas de mejoramiento, industria semillera, etc.);
- d) evaluación periódica del impacto de las políticas y acciones nacionales e internacionales sobre el estado y la gestión de los recursos fitogenéticos.

Bibliografía consultada

- ALARCÓN, E., GONZÁLEZ, L.; CARLS, J. 1998. Situación institucional de los recursos fitogenéticos en América Latina y el Caribe. Serie Documentos de discusión sobre agricultura sostenible y recursos naturales. IICA BMZ/ GTZ. San José. Costa Rica.
- BERRETTA, A. 1997. Hacia un Sistema Nacional de Recursos Genéticos. II Seminario nacional sobre recursos fitogenéticos y biodiversidad vegetal. Montevideo. Uruguay.
- BERRETTA, A.; RIVAS, M. 1997. Comisión Nacional de Recursos Fitogenéticos. II Seminario nacional sobre recursos fitogenéticos y biodiversidad vegetal. Montevideo. Uruguay.
- CHAPARRO, F. 1999. Research partnerships and learning networks: the case of agricultural research for development. Global Forum on Agricultural Research.
- CONDÓN, F., et al. 1998. Uruguay: estado de los recursos fitogenéticos. In: Avances de investigación en recursos genéticos en el Cono Sur. Diálogo LV, PROCISUR. Montevideo. Uruguay. pp. 35-42

- FAO. 1995. Documento Síntesis de la subregión América del Sur. Reunión preparatoria conferencia técnica internacional. Brasilia. Brasil.
- FAO. 1996. IV Conferencia Técnica internacional recursos genéticos para la agricultura y la alimentación. Leipzig. Alemania.
- FAO. 1998. Actas I Reunión regional seguimiento de implementación Plan de Acción Mundial. Cali. Colombia.
- FAO. 1999. Proyecto Fortalecimiento de sistemas nacionales para la conservación y el uso sostenible de recursos fitogenéticos. I Reunión Mecanismo Integración Regional. Colonia. Uruguay.
- INIA Chile. 1995. Documentos Seminario sobre sistemas nacionales de recursos genéticos. El caso de Chile. Maintencillo. Chile.
- MVOTMA. 1998. Formulación de la estrategia nacional sobre diversidad biológica. Plan de acción y reporte a la conferencia de la parte. Montevideo. Uruguay.
- ONU. 1992. Convenio sobre Diversidad Biológica. Río de Janeiro. Brasil.
- PROCISUR. 1995. Subprograma Recursos Genéticos. Documento marco. Montevideo. Uruguay.
- PROCISUR. 2000. Plan Anual de Trabajo. Subprograma Recursos Genéticos. Montevideo. Uruguay.
- SPILLANE, C. 1998. Strengthening the coordination and structural organization of national programmes for plant genetic resources for food and agriculture: issues and options. IPGRI. Roma. Italia.
- SPILLANE, C., et al. 1999. Strengthening national programmes for plant genetic resources for food and agriculture: planning and coordination. Issues in genetic resources, N° 8. Roma. Italia.

Acesso aos recursos genéticos

por Marcio de Miranda Santos*

Introdução

A Convenção sobre Diversidade Biológica - CDB, acordo de natureza legal vinculante, atualmente ratificado por 178 países mais a Comunidade Européia, constitui o principal marco legal internacional para definição de princípios para a conservação, utilização sustentável e para a repartição justa e equitativa dos benefícios derivados do uso comercial dos recursos genéticos de plantas, animais e microorganismos.

Países provedores de recursos biológicos, majoritariamente do mundo em desenvolvimento, há muito chamam atenção para a iniquidade entre, de um lado, o acesso livre ou facilitado aos recursos biológicos “não melhorados”, considerados patrimônio da humanidade até a entrada em vigor da CDB¹ e, de outro, sua posterior apropriação por direitos de propriedade intelectual, como os direitos dos obtentores de variedades vegetais e as patentes, principalmente por instituições com matrizes em países desenvolvidos².

Mudanças importantes nos cenários político-econômico regional e mundial, além do advento de novas tecnologias desenvolvidas para o isolamento e para a caracterização estrutural (genoma) e funcional (proteoma) do material genético, colocam o tema do acesso aos recursos genéticos em grande destaque nas negociações internacionais relacionadas ao uso sustentável dos componentes da diversidade biológica.

O processo de abertura das economias mundiais, tem provocado uma verdadeira revolução nos sistemas de propriedade intelectual, em grande parte derivada da conclusão das negociações da Rodada do Uruguai do GATT (General Agreement on Tariffs and Trade), acordo que impõe regras rígidas aos países signatários quanto à propriedade intelectual, contidas no TRIPS (Trade-related Aspects of Intellectual Property Rights). Os dispositivos do TRIPS obrigam aos países signatários a criar ou modificar as leis nacionais que regulam a matéria a nível interno.

De acordo com o TRIPS os microorganismos devem ser protegidos pelo regime de patentes, enquanto que para as novas variedades vegetais pode-se optar pelo sistema de patentes e/ou por um sistema *sui generis* efetivo de proteção. O regime mais utilizado para a proteção de variedades vegetais é o proposto pelo modelo da UPOV (União Internacional para a Proteção das Obtenções Vegetais), de cuja Convenção são signatários 45 países, dentre os quais os 6 países do Cone Sul. Este sistema protege, somente, o material propagativo das novas variedades, mas não os recursos biológicos de plantas em geral.

* Pesquisador da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia (Cenargen). Presidente do Conselho de Administração do International Plant Genetic Resources Institute-IPGRI. marcio@cenargen.embrapa.br

¹ A Convenção sobre Diversidade Biológica está em vigor desde 29 de dezembro de 1993.

² Estima-se que menos de 0,0001% dos lucros do setor farmacêutico tenha retornado para os usuários de plantas medicinais que assistiram a indústria farmacêutica nas suas descobertas. Cerca de 74 % de drogas derivadas de plantas medicinais são hoje utilizadas da mesma forma como eram empregadas por comunidades tradicionais. Rubin, S. M. & Fish, S.C. (1994) Biodiversity prospecting: using innovative contractual provisions to foster ethnobotanical knowledge, technology, and conservation. Colorado Journal of International Environmental Law and Policy. 5 (1):23-58.

Com a entrada em vigor da CDB, foram estabelecidos os parâmetros legais básicos para que Estados, soberanos sobre seus recursos biológicos, regulamentem a demanda por estes recursos³, com vistas ao uso sustentável dos mesmos em condições justas e equitativas de repartição dos benefícios derivados de seu uso comercial. Portanto, ao reafirmar o princípio da soberania nacional sobre os recursos genéticos e ao reconhecer o direito dos países regular o acesso a estes recursos, por meio de legislação nacional, a CDB estabelece novos padrões para o intercâmbio de materiais genéticos no âmbito internacional, que podem assumir a forma de acordos de natureza bilateral ou multilateral

Os recursos genéticos referidos no Artigo 15 da CDB são aqueles provenientes das Partes contratantes que são países de origem destes recursos (países que possuem estes recursos em condições *in situ*), ou das partes que adquiriram estes recursos de conformidade com esta Convenção. A maior parte dos materiais mantidos pelas coleções *ex situ* mundiais de recursos genéticos usados na alimentação e agricultura, cerca de 6.500 mil acessos, não estão compreendidos nos dispositivos da CDB.

Internacionalmente existe uma grande preocupação com eventuais regimes de acesso, nacionais ou multilaterais, que venham a ser desenvolvidos para regular o intercâmbio destes recursos, já que nenhum país pode se considerar autosuficiente em relação aos mesmos.

Qualquer restrição maior ao acesso a estes materiais pode ter efeitos negativos de médio e longo prazos na produção de alimentos básicos para a população mundial. Por este motivo, encontra-se em revisão, no âmbito da Comissão de recursos genéticos da FAO, o Compromisso Internacional sobre os recursos genéticos vegetais para a alimentação e agricultura, de forma a harmonizar o atual documento com os termos da CDB. Este processo visa a implementação de sistema multilateral de acesso facilitado aos recursos genéticos e de repartição de benefícios derivados da utilização comercial dos mesmos. É muito importante que o Compromisso Internacional permita incorporar ao regime de acesso a ser criado, os materiais mantidos pelos centros internacionais de pesquisa agrícola, desde que estes aceitem os termos acordados pelas partes.

O intercâmbio internacional de recursos genéticos usados na agricultura e alimentação está, portanto, dependendo das decisões finais a serem tomadas no processo de revisão do Compromisso Internacional da FAO. Espera-se que este acordo tenha caráter legal vinculante, o que implicaria na subsequente harmonização da legislação nacional dos países signatários aos seus termos.

Adicionalmente, o processo de revisão do Compromisso Internacional, visa resolver a questão da implementação do conceito de Direitos dos Agricultores⁴ e o financiamento sustentável do sistema a ser criado.

³ De acordo com Cughlin, M. D. (1993). Using the MERCK-INBio agreement to clarify the convention on biological diversity. *Columbia Journal of Transnational Law* 31:337, um quarto de todos produtos farmacêuticos comercializados nos EUA provém de plantas; substâncias naturais foram as fontes para o preparo de todos medicamentos usados até a metade deste século; cerca de somente 1 100 plantas, dentre as 250 000 até hoje catalogadas, foram pesquisadas com fins medicinais.

⁴ Direito reconhecido pela contribuição passada, presente e futura feita pelos agricultores à conservação e melhoramento dos recursos fitogenéticos, particularmente nos centros da origem/diversidade, consagrados pela Resolução 5/89 de FAO, mas ainda não resolvida sua efetiva implementação.

O acesso à ampla diversidade genética de cultivos associados a matriz de alimentação humana tem se constituído em fator chave para o sucesso das atividades de melhoramento genético e, por conseqüência, para o desenvolvimento das variedades que alimentam parte significativa da população mundial. Esta interdependência dos países por plantas e animais exóticos, significa que nenhum país é auto-suficiente em recursos genéticos para a agricultura e alimentação, por mais rico que seja em termos da sua própria biodiversidade. Esta situação é compartilhada pelos países do Cone Sul, na medida que vários dos produtos do agronegócio dos mesmos têm suas origens fora da região.

Antecedentes

Marcos legais nacionais

A República das Filipinas foi o primeiro país a legislar sobre o acesso aos recursos genéticos, por meio da *Presidential Executive Order* 247, de 1995, regulamentada pela *Department Administrative Order* 20/96. Anteriormente às Filipinas, os países signatários do Pacto Andino (Bolívia, Colômbia, Equador, Peru e Venezuela) aprovaram a Resolução 391, sobre o Regime Comum de Acesso aos Recursos Genéticos, estabelecendo procedimentos comuns a serem incorporados, futuramente, nas suas respectivas legislações nacionais de acesso.

Tomar medidas legislativas sobre o acesso aos recursos genéticos em âmbito nacional é, acima de tudo, um compromisso assumido pelos países membros do PROCISUR ao ratificarem a CDB. Atualmente, Austrália, Bolívia, Colômbia, Costa Rica, Equador, Índia, Malásia, Peru, Filipinas, Estados Unidos e Venezuela, já contam com leis nacionais de acesso aprovadas ou em fase de aprovação. Enquanto Camarões, Eritreia, Etiópia, Gana, Lesoto, México, Moçambique, Ilhas Seicheles, África do Sul, Tanzânia e Zimbábue encontram-se em fase de preparação de suas leis de acesso.

No caso do Brasil, encontra-se em vigor a Medida Provisória 2.052, de 29 de junho de 2000, que dispõe sobre o acesso ao patrimônio genético, a proteção e o acesso ao conhecimento tradicional associado, a repartição de benefícios e o acesso à tecnologia e a transferência de tecnologia para a conservação e utilização da diversidade biológica. Por tratar-se de medida provisória, depende ainda de aprovação pelo Congresso Nacional. Seu caráter polêmico indica que muitas alterações serão feitas até a aprovação de sua versão final.

As legislações de acesso editadas até o presente momento apresentam, com pequenas diferenças e adaptações locais, o seguinte esquema geral: 1) introdução, normalmente apresentando considerações sobre a necessidade e contexto da legislação; 2) uso dos termos ou definições empregadas no texto da lei; 3) objetivos e finalidades da lei; 4) alcance da lei; 5) procedimentos para o acesso; 6) atribuições institucionais; 7) infrações, sanções e penalidades; 8) mecanismos para

repartição de benefícios; e 9) mecanismos para a proteção de direitos tradicionais coletivos.

Assim, as legislações de acesso procuram definir, no âmbito de cada país, a titularidade dos recursos genéticos (a quem pertencem os recursos genéticos), a autoridade aplicadora da lei, as bases dos procedimentos formais implementadores do Consentimento Prévio Fundamentado e Termos Mutuamente Acordados (Art.15 da CDB), especificando de forma clara e precisa as condições gerais para o acesso aos recursos genéticos mantidos em condições *in-situ* e *ex-situ* e aos conhecimentos tradicionais a estes associados, mecanismos de repartição de benefícios, além de outros aspectos como penalidades e taxas administrativas.

Uma dificuldade adicional na preparação de legislações nacionais de acesso, se refere à definição legal de amostra de recurso genético e de seus derivados que, além do material genético, pode incluir os recursos biológicos derivados dos recursos genéticos como também a informação e/ou conhecimento tradicional a estes associados. Cada país deverá fazer uma opção soberana sobre o escopo de suas legislações de acesso que, no caso do Brasil, alcança os componentes do patrimônio genético em geral⁵.

O grande desafio reside na preparação de legislação de acesso que facilite o relacionamento institucional na formação de parcerias de pesquisa e desenvolvimento tecnológico, atraindo parceiros no país e no exterior para as atividades de conservação e uso sustentável dos recursos biológicos, e que maximize a supervisão do Estado sobre este processo.

Uma lei de acesso, muito mais do que um instrumento de punição ou de controle excessivo do Estado sobre o processo produtivo que envolve o todo ou parte de seres vivos, deve ser elaborada com vistas a se tornar um incentivo para novos empreendimentos, abrindo oportunidades para a negociação de termos equitativos na repartição dos benefícios derivados do uso da diversidade biológica. Esta posição encontra respaldo nos artigos 12-3 e 19-1 da CDB, que visam promover o desenvolvimento da capacidade de pesquisa científica nos países provedores dos recursos genéticos, mediante, entre outras possibilidades, da participação dos mesmos na pesquisa realizada pelas Partes desenvolvidas que utilizam estes materiais.

Outro desafio, não menos importante, reside na adequada proteção e no estabelecimento de mecanismos de acesso aos conhecimentos tradicionais coletivos detidos por populações tradicionais. Sua apropriação pela ciência ou pelo desenvolvimento tecnológico deve se dar em estrita observância aos objetivos da CDB, particularmente no que se refere à distribuição justa e equitativa dos benefícios comerciais derivados da utilização dos conhecimentos associados aos recursos genéticos gerados e mantidos pelas comunidades tradicionais.

⁵ Patrimônio genético, na MP 2.052 em vigor no Brasil, é definido como: "informação de origem genética, contida no todo ou em parte de espécime vegetal, fúngico, microbiano ou animal, na forma de moléculas e substâncias provenientes do metabolismo destes seres vivos e de extratos obtidos destes organismos vivos ou mortos, encontrados em condições *in situ*, inclusive domesticados, ou mantidos em coleções *ex situ*, desde que coletados em condições *in situ*, no território nacional, na plataforma continental ou na zona econômica exclusiva".

Ao legislar sobre o acesso aos recursos genéticos, é de fundamental importância que o país se coloque, simultaneamente, na posição de provedor e receptor de recursos genéticos exóticos, reconhecendo que reside no intercâmbio de materiais genéticos e na justa repartição de benefícios derivados da sua utilização a chave para uma frutífera cooperação institucional internacional, nos âmbitos bilateral e multilateral, e para o desenvolvimento de todos os setores da economia dependentes destes recursos.

Sistema Multilateral de Acesso aos recursos genéticos

Conforme mencionado anteriormente, a proposta de criação de um Sistema Multilateral de Acesso surge, principalmente, do reconhecimento da grande interdependência dos países em relação aos recursos genéticos das espécies alimentares e da importância que estes materiais têm para a produção de alimentos básicos para a população mundial. Além disto, parte importante destes materiais genéticos encontra-se mantida nos bancos de germoplasma dos centros internacionais de pesquisa agrícola do Consultative Group for International Agricultural Research-CGIAR, que firmaram acordos para colocar estes materiais sob os auspícios da FAO, visando garantir acesso facilitado a estes materiais usuários de toda a comunidade científica internacional. Deve-se destacar, também, que as coleções mantidas pelos centros do CGIAR foram, em grande medida, formadas nos anos 70 e 80, antes, portanto, da entrada em vigor da CDB.

Cerca de 6 milhões de amostras de recursos genéticos utilizados em agricultura e alimentação são conservadas em cerca de 1.300 bancos de germoplasma *ex-situ* existentes em âmbito mundial⁶. A distribuição regional destes materiais é apresentada no Quadro 1:

Quadro 1

Región	Acessos		Bancos de germoplasma	
	Número	%	Número	%
África	353.523	6	124	10
América Latina e Caribe	642.405	12	227	17
América do Norte	762.061	14	101	8
Ásia	1.533.979	28	293	22
Europa	1.934.574	35	496	38
Oriente próximo	327.963	6	67	5
Total (regiões)	5.554.505	100	1.308	100
CGIAR	593.191		12	
TOTAL	6.147.696		1.320	

⁶ FAO. 1996. The state of the world's plant genetic resources for food and agriculture. Rome. Italy. 336 p.

Como se pode depreender do Quadro 1, é de suma importância o estabelecimento de sistema para o intercâmbio facilitado destes materiais, fazendo com que estes cheguem de forma ágil e fluida aos seus usuários, de forma a assegurar a continuidade e aprimoramento dos programas de melhoramento genético e, por consequência, a sustentabilidade da produção de alimentos.

Assim a revisão do Compromisso Internacional da FAO passa a assumir caráter central e estratégico para o futuro do intercâmbio de germoplasma em âmbito internacional. O documento atual em negociação propõe no seu artigo 11.2 que "no exercício dos seus direitos soberanos, as partes acordam em estabelecer um sistema multilateral que seja eficaz, efetivo e transparente para facilitar o acesso aos recursos genéticos para a alimentação e a agricultura e repartir, de forma justa e equitativa, os benefícios derivados da utilização de tais recursos".

A cobertura do Sistema Multilateral (artigo 12) incluirá uma lista de cultivos que deverá ser estabelecida de acordo com os critérios de segurança alimentar e interdependência. Ademais, estariam também incluídos os materiais mantidos pelos centros internacionais, na forma a que vier a ser acordado entre as partes. A composição da lista de cultivos é um dos pontos mais controvertidos no processo de negociação, com propostas variando de 9 a 287 espécies.

Espera-se que após a conclusão deste processo, seja desenvolvido acordo de natureza legal vinculante, para a efetiva implementação de sistema multilateral com regras claras, em âmbito internacional, para o acesso facilitado aos recursos genéticos usados na agricultura e alimentação e a repartição justa e equitativa dos benefícios derivados da sua utilização econômica.

A situação dos recursos genéticos vegetais mantidos pelos Centros Internacionais do CGIAR (Future harvest centers of the CGIAR)

Na Mid-Term Meeting-MTM de 1998, realizada em Brasília no mês de maio de 1998, o Consultative Group on International Agricultural Research - CGIAR, discutiu e aprovou vários documentos preparados pelo Comitê dos Diretores Gerais e pelo Comitê dos Presidentes dos Conselhos de Administração dos 16 Centros Internacionais⁷, o que deu origem a um conjunto de declarações, princípios, procedimentos e modelos de documentos relacionados com o manejo dos recursos genéticos e da propriedade intelectual no âmbito do sistema internacional de pesquisa agrícola reunido pelo CGIAR. É importante destacar que o CGIAR, per se, não possui personalidade jurídica. Cada centro internacional de pesquisa agrícola do CGIAR é uma entidade jurídica autônoma. Qualquer decisão tomada no âmbito do CGIAR deverá, portanto, ser analisada, discutida e aprovada pelos Conselhos de Administração dos 16 centros internacionais para que possam tornar-se oficiais.

⁷ CGIAR Center Statements on Genetic Resources, Intellectual Property Rights and Biotechnology. Center Directors and Center Board Chairs of the Consultative Group on International Agricultural Research.

Dentre as principais decisões aprovadas pelo CGIAR, encontram-se a aprovação de:

- a) Princípios éticos do CGIAR relacionados com os recursos genéticos;
- b) modelos de Acordo para Transferência de Material e Acordo para Aquisição de Material;
- c) princípios norteadores do CGIAR sobre propriedade intelectual e recursos genéticos;
- d) declaração do CGIAR sobre recursos genéticos, propriedade intelectual e biotecnologia.

Estes importantes documentos orientam e procuram dar coerência à atuação individual e em parceria dos Centros Internacionais no manejo dos recursos genéticos utilizados na agricultura e alimentação que se encontram depositados nas suas coleções *ex-situ*, sob os auspícios da FAO.

Em linhas gerais, os documentos aprovados pelo CGIAR apresentam:

- a) modelo de acordo padrão a ser firmado entre cada Centro Internacional com a FAO, de forma a colocar as coleções *ex-situ* destes centros sob os auspícios da FAO;
- b) procedimento comum para a aquisição de recursos genéticos manejados no âmbito dos acordos dos Centros Internacionais do CGIAR com a FAO, indicando que: 1) a parte donante do material declara que é legalmente livre para enviar o material em questão; 2) o centro internacional manterá os materiais de acordo com os termos acordados com a FAO, devendo para tal, multiplicar, regenerar e conservar a longo prazo os materiais recebidos; os materiais recebidos serão tornados disponíveis livremente para as partes que aceitarem os termos do Acordo para Transferência de Material;
- c) modelo de Acordo para a Transferência de Material das coleções *ex-situ* dos Centros Internacionais indicando que: 1) os Centros Internacionais se comprometem a enviar os recursos genéticos sob seu poder sem restrição, para fins de pesquisa e melhoramento genético; 2) o recipiente destes recursos genéticos não poderão solicitar nenhuma forma de propriedade intelectual sobre os materiais recebidos, devendo repassar esta exigência para terceiros a quem vier enviar estes mesmos materiais;
- d) princípios orientadores sobre a proteção à propriedade intelectual sobre os materiais mantidos nas coleções *ex-situ*, indicando que: 1) os centros internacionais não solicitarão nenhuma forma de propriedade intelectual sobre os materiais mantidos em suas coleções; 2) os centros internacionais permitirão que as variedades desenvolvidas a partir dos materiais recebidos de suas coleções sejam protegidas de acordo com sistema compatível com a União

para a Proteção das Obtenções Vegetais (UPOV) ou outro sistema *sui-generis*, desde que a proteção não impeça a utilização do material de pesquisa para posterior uso em melhoramento genético como fonte inicial de variação; 3) os centros internacionais não utilizarão a propriedade intelectual como mecanismo para assegurar retornos econômicos aos centros e, só lançarão mão da proteção à propriedade intelectual para fortalecer a missão do CGIAR como provedor de bens públicos, particularmente se utilizando de estratégias defensivas.

Valoração da diversidade biológica e de seus componentes

As Partes da CDB estão conscientes do valor intrínseco da diversidade biológica e de seus componentes, desdobrado em valores ecológico, genético, social, econômico, científico, educacional, cultural, recreativo e estético. Esta consciência holística de valor é de fundamental importância no processo de tomada de decisão a respeito das diversas opções de uso e desuso que se abrem a partir da diversidade biológica presente em uma determinada região. Particularmente, determinar o valor econômico da diversidade biológica, ou de um dos seus componentes, é estimar o valor monetário desta em relação a outros bens e serviços disponíveis na economia.

Em linhas muito gerais, o valor econômico de um recursos ambiental pode ser dividido em valores de uso e de não-uso. Dentre os primeiros, encontram-se os valores de uso direto, de uso indireto e de opção. Já o valor de não-uso é referido como valor de existência. Exemplos de valores diretos são os alimentos, medicamentos, nutrientes, os recursos genéticos vegetais e o turismo, dentre outros. Como valores indiretos podem ser citados a proteção de mananciais de água, a estocagem e reciclagem de lixo, o controle da erosão e a preservação da diversidade genética, entre outros. O valor de opção se refere à preservação dos valores de uso direto e indireto, quais sejam, bens e serviços ambientais a serem apropriados e consumidos no futuro. Para finalizar, tem-se como exemplo de valor de existência o valor intrínseco de uma floresta. São também incluídos como valor de existência os valores culturais, religiosos e históricos.

No caso específico da valoração dos recursos genéticos, duas abordagens são normalmente utilizadas. A primeira trata da valoração de características incorporadas às variedades comerciais, como a resistência às pragas e às doenças. Estas características podem ser estudadas de modo a estabelecer a relação das mesmas com acessos em bancos de germoplasma. Estes estudos mostram que o tamanho e a diversidade das coleções *ex-situ* são importantes para determinar o seu valor dado que estes aspectos aumentam o número potencial de fontes de características de alto valor econômico. A outra abordagem visa estimar as relações estatísticas entre o tamanho da coleção e o número de variedades produzidas pelos programas de melhoramento que se utilizam de seus materiais. O valor do mercado ocupado por estas variedades é o fator

determinante da valoração da coleção de germoplasma em questão. Em quaisquer das duas abordagens, fica claro que o valor das coleções está fortemente impactado pelo uso que se dá as mesmas no desenvolvimento de novos materiais de uso direto.

Estimar o valor da diversidade biológica e de seus componentes, tais como os recursos genéticos vegetais, é estabelecer as bases para a negociação justa e equitativa dos benefícios advindos do seu uso comercial. A valoração dos recursos genéticos vegetais é um tema substantivo para a negociação de acordos bilaterais de acesso, para o que é necessário o desenvolvimento de metodologias apropriadas e a capacitação dos principais atores envolvidos neste processo.

Impacto das leis de propriedade intelectual sobre o intercâmbio e uso de germoplasma

Em tese, os produtos da diversidade biológica, na forma como ocorrem na natureza, são considerados descobertas, não atendendo ao requisito de 'inventividade' necessário para a obtenção de patentes. Na realidade, patentes vem sendo concedidas para 'inovações tecnológicas' relacionadas com o todo ou parte de seres vivos, sejam estes micro-organismos, plantas ou animais (transformados pela engenharia genética ou não), assim como para genes ou parte destes, desde que apresentem aplicação industrial definida, sejam considerados novos e tenham sido plenamente descritos, de acordo com os dispositivos legais sobre propriedade intelectual de um determinado país.

Particularmente, a propriedade intelectual sobre seres vivos e novos processos biológicos tem se constituído em um dos aspectos mais controvertidos do processo de constituição de mercados internacionais e da 'modernização' da economia. Trata-se de um tema extremamente polêmico, no qual muitas questões encontram-se sem solução e sujeitas a um acalorado debate envolvendo interesses conflitantes no âmbito econômico, político, social, cultural e técnico, para não falar nos igualmente importantes aspectos morais e religiosos envolvidos.

A questão básica, neste caso, refere-se ao potencial de restrição ao uso das inovações patenteadas (produtos biológicos, seus usos e processos de obtenção) por instituições de pesquisa e, mais importante, a repartição justa e equitativa dos benefícios oriundos da comercialização dos mesmos. Em outras palavras, teme-se que o sistema de patentes, especialmente no caso da proteção patentária para os seres vivos, se constitua em um processo de apropriação, ainda que indireta, de recursos genéticos de grande valor de mercado, restringindo o seu uso eventual em outras aplicações de grande interesse econômico ou social. O patenteamento de plantas é particularmente preocupante em função de que não se prevê o livre uso da planta patentada como fonte de variação para a criação de novos cultivares.

O melhoramento genético vegetal é essencialmente um processo que se desenvolve passo a passo e faz uso de variedades obsoletas ou em desuso para a criação de novas variedades. O cerceamento do uso destes materiais por interessados em desenvolverem novas variedades pode ter consequências negativas para o desenvolvimento tecnológico na agricultura e na matriz de segurança alimentar. Neste particular, a exceção para a pesquisa deveria ser dispositivo a ser cuidadosamente examinado em leis de patentes que contemplassem a proteção de plantas e suas variedades, quando for o caso.

Neste sentido, os 6 países do Cone Sul aderiram à versão da UPOV de 1978, documento que permite que as variedades protegidas sejam livremente utilizadas como fonte inicial de variação para outros programas de melhoramento (privilégio dos melhoristas). Além disso, os agricultores podem guardar as sementes de variedades protegidas para novos plantios, sem terem que negociar com os detentores deste direito (privilégio dos agricultores). No entanto, deve-se chamar a atenção que a versão de 1991 da UPOV, subscrita por vários países desenvolvidos, faculta à decisão de cada país a forma de tratamento do privilégio dos agricultores, bem como introduz o conceito de variedade essencialmente derivada, que precisa de autorização do obtentor da variedade original para que possa ser colocada em comercialização. Tratam-se de questões substantivas que precisam ser examinadas com muita cautela na edição de legislações nacionais de proteção de cultivares.

Adicionalmente, as posições dos negociadores dos países nos âmbitos OMC e UPOV devem estar, portanto, harmonizadas com as suas posições nos foros da CDB e FAO, de forma a que o acesso facilitado aos recursos genéticos usados na alimentação e agricultura seja promovido em todos os âmbitos de negociação.

Estratégia propuesta

- a) Promover a formulação e aprovação harmonizada de leis de acesso aos recursos genéticos vegetais nos países do Cone Sul;
- b) promover e facilitar a participação dos setores organizados da sociedade civil no processo de formulação e aprovação de propostas de lei de acesso aos recursos genéticos;
- c) realizar seminários e *workshops* que permitam informar e difundir na sociedade e na comunidade científica a problemática associada ao acesso aos recursos genéticos;
- d) apoiar o intercâmbio de técnicos da região no que se refere à formulação de propostas de leis de acesso;
- e) incentivar a formulação de projetos de pesquisa e capacitação de recursos humanos na área de valoração da biodiversidade e dos recursos genéticos;
- f) criar espaços para o intercâmbio entre os principais negociadores políticos e técnicos atuando na conservação

e uso dos recursos genéticos, dentro e entre os países do Cone Sul, de forma que os países possam formular políticas coerentes a este respeito;

- g) Promover, no âmbito da FAO:
- 1) a aprovação de um sistema multilateral de intercambio para uma lista limitada de espécies alimentares de alta interdependência global, mantendo o acesso aos demais recursos fitogenéticos de acordo com os termos da legislação nacional de cada país;
 - 2) a identificação e disponibilização de fontes de financiamento para a efetiva implementação do Plano Global de Ação e do próprio Compromisso Internacional;
 - 3) a distribuição justa e equitativa dos benefícios derivados do uso comercial dos recursos genéticos, no âmbito do Sistema Multilateral em criação;
 - 4) a inclusão das coleções internacionais no Sistema Multilateral proposto pela revisão do Compromisso Internacional.

Bibliografia consultada

- ARCANJO, F.E.M. 1996. Convenção sobre Diversidade Biológica e PLS 306/95: soberania, propriedade e acesso aos recursos genéticos. Trabalho apresentado no *Workshop* Acesso a recursos biológicos: subsídios para sua normalização. Brasília. Brasil. 18 p.
- BARBER, C.V. & LA VIÑA, A. 1995. Regulating access to genetic resources: The philippine experience. Paper presented at the Global Biodiversity Forum. Jakarta. Indonesia. 36 p.
- BORN, G.C.C. 1996. Compensação ou repartição de benefícios e outras questões técnicas, éticas e políticas do acesso e uso de conhecimento das comunidades tradicionais. Trabalho apresentado no *Workshop* Acesso a recursos biológicos: subsídios para sua normatização. Brasília. Brasil. 4 p.
- BRASIL, MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, DOS RECURSOS HÍDRICOS E DA AMAZÔNIA LEGAL. 1998. Primeiro relatório nacional para a Convenção sobre Diversidade Biológica. Brasília. Brasil. 283 p.
- CASTRO, L.A.B. 1996. Repartição dos benefícios decorrentes da conservação e uso sustentável da biodiversidade: mecanismos para sua viabilização no Brasil. Trabalho apresentado no *Workshop* Acesso a recursos biológicos: subsídios para sua normatização. Brasília. Brasil. 15 p.
- CUNHA, E.A.B.B. 1996. Acesso a recursos genéticos, conservação e proteção ao conhecimentos das comunidades locais: uma abordagem diferente. Trabalho

- apresentado no *Workshop* Acesso a recursos biológicos: subsídios para sua normatização. Brasília. 13 p.
- DA MOTTA, R. S. 1998. Manual para a valoração econômica dos recursos ambientais. Ministério de Meio Ambiente, dos recursos hídricos e da Amazônia Legal. Brasília. Brasil. 218 p.
- GLOWKA, L. 1995. Determining access to genetic resources and ensuring benefit-sharing: legal and institutional considerations for states providing genetic resources. Paper presented at the Global Biodiversity Forum, Jakarta. Indonesia. 15 p.
- GLOWKA, L. 1998. A guide to designing legal frameworks to determine access to genetic resources. IUCN. Gland. Switzerland Cambridge and Bonn. Xii 98 p.
- HATHAWAY, D. 1996. Biotecnologias, recursos genéticos e a justiça social na pauta das políticas nacionais. Trabalho apresentado no *Workshop* Acesso a recursos biológicos: subsídios para sua normatização. Brasília. Brasil. 9 p.
- HENDRICKX, F. ; KOESTER, V.; PRIP, C. 1993. Convention on Biological Diversity. Access to genetic resources: a legal analysis. Environmental policy and law, 2316: 250-258.
- IPGRI. 1994. Material transfer agreements in genetic resources exchange-the case of the International Agricultural Research Centres. Roma. Itália. Issues in Genetic Resources, 1. 61 p.
- IPGRI. 1996. Access to plant genetic resources and the equitable sharing of benefits: a contribution to the debate on systems for the exchange of germplasm. Roma. Itália. Issues in Genetic Resources, 4. 86 p.
- IPGRI. 1996 a. Opciones en relación com el acceso a los recursos fitogenéticos y la distribución equitativa de los beneficios derivados de su utilización. Roma. Itália. Issues in Genetic Resources, 5. 27 p.
- LAIRD, S.A. 1995. Access controls for genetic resources. WWF International Discussion Paper. 30 p.
- LESSER, W.; KRATTIGER, A.F. 1993. Negotiating terms for germplasm collection. International academy of the environment-Geneva. Biodiversity/Biotechnology Programme. Working Paper R8W. 14 p.
- LESSER, W. 1996. International treaties and other legal and economic issues relating to the ownership and use of genetic resources. Cornell University, Ithaca. New York. USA. Staff Paper 96-04. 20 p.
- ONU, 1992. Convenio sobre Diversidad Biológica. Rio de Janeiro. Brasil
- PALACIOS, X. F. 1998. Contribution to the estimation of countries interdependence in the area of plant genetic resources. In: Proceedings of the International Workshop on Interdependence and food Security: which list of PGRFA

- for the future Multilateral System? Editor M. Broggio, Instituto Agronômico per l' Oltremare. Florence. Italy. 18 p.
- RUBIN, S.M.; FISH, S.C. 1994. Biodiversity prospecting: using innovative contractual provisions to foster ethnobotanical knowledge, technology, and conservation. *Colo. J. Int'l Envtl. L. & Pol'y*, 5: 23.
- SANTILLI, J. 1996. Mecanismos de Compensação às comunidades indígenas. Trabalho apresentado no *Workshop Acesso a recursos biológicos: subsídios para sua normatização*. Brasília. Brasil. 11 p.
- SANTOS, L.G. 1996. Direitos coletivos de propriedade intelectual ou direitos intelectuais coletivos? trabalho apresentado no *Workshop Acesso a recursos biológicos: subsídios para sua normatização*. Brasília, Brasil. 6 p.
- SANTOS, M. de M. 1996. Direitos de propriedade intelectual na área biológica: alguns pontos a serem considerados na preparação de legislações nacionais. HYPERLINK <http://www.bdt.org.br/publicações/padct/bio/cap4>
- SANTOS, M. de M. 1996 a. The conservation and use of plant genetic resources of domesticated plant species. Introductory paper presented at the *Workshop Biodiversity and sustainable agriculture*. Ekenas, Sweden. 8p.
- SANTOS, M. de M. 1996 b. Condições de acesso aos recursos biológicos, componentes da diversidade biológica. *Workshop Acesso aos recursos genéticos: subsídios para a sua regulamentação*. Brasília. Brasil. 17p.
- SANTOS, M. de M. 1996 c. Access to genetic resources and benefit sharing: relevant points to consider in negotiating international agreements. Presented to the Symposium on Agrobiodiversity and Sustainable Agriculture Development. Sponsored by the International Crop Science Association. New Delhi, India. November, 1996.
- SANTOS, M. de M. 1997. Legislação de acesso aos recursos genéticos e aos produtos e conhecimentos a estes associados. HYPERLINK <http://www.bdt.org.br/oea/sib.marcio>.
- SANTOS, M. de M.; LEWONTIN, R. C. 1997. Genetics, plant breeding and patents: conceptual contradictions and practical problems in protecting biological innovations. *Plant Genetic Resources News Letter* 112:1-8.
- SANTOS, M. de M. 1998. A list of food crop genera to compose the annex to the international undertaking. In: *Proceedings of the International Workshop on interdependence and food security: which list of PGRFA for the future multilateral system?* Editor M. Broggio, Instituto Agronômico per l' Oltremare. Florence. Italy. 3 p.
- SANTOS, M. de M. 1998. The Convention on Biological Diversity and the conservation and use of genetic resources: a brief overview focusing on plant genetic resources for food and agriculture. In: *Annals of the workshop on access to genetic*

resources: technical, legal and ethical aspects. Secretaria Estadual de Meio Ambiente do Estado de São Paulo. Documentos Ambientais. Série PROBIO-SP. São Paulo. Brazil. 4p.

SANTOS, M. de M. 1999. Direitos de propriedade intelectual, fluxo de germoplasma e as novas tecnologias. **In:** Anais da XVIII Reunião Latinoamericana del Maiz. Sete Lagoas, MG, Brasil. 7 p.

SANTOS, M. de M. 1999 a. Factors affecting the access to basic genetic materials: the challenge facing those willing to keep plant variety diversity and responsiveness to future demands. **In:** UPOV-WIPO-WTO Joint Regional Workshop. The protection of plant varieties under article 27.3 (b) of the TRIPS agreement. Nairobi. Kenya. 2 p.

TEN KATE, K. 1995. Access to *ex situ* collections: resolving the dilemma? Paper presentend at the Global Biodiversity Forum. Jakarta. Indonesia. 25 p.



Capacitación en recursos fitogenéticos

*por Mercedes Rivas **

Introducción

La capacitación de personal científico y técnico es clave en el diseño de cualquier estrategia sobre recursos fitogenéticos. Cada país debería contar con un mínimo de masa crítica que le permitiera avanzar en el conocimiento de sus recursos fitogenéticos y llevar adelante las acciones relativas a su conservación y utilización. El incremento del número y de la capacitación de científicos y técnicos es un factor necesario para lograr un desarrollo científico autónomo y continuo en el tiempo. La capacitación profesional y de los actores sociales es también un objetivo estratégico, dado que son los agentes de decisión e implementación de aspectos fundamentales de una estrategia en recursos fitogenéticos, cuyo objetivo principal debería ser: “Aprovechar las oportunidades que genes, especies y ecosistemas nos brindan para un desarrollo sostenible”.

En el Convenio sobre Diversidad Biológica (CDB), el artículo 12 sobre Investigación y capacitación plantea que los países contratantes establecerán programas de educación y capacitación científica y técnica en medidas de identificación, conservación y utilización sostenible de la diversidad biológica y sus componentes, promoviendo y fomentando la investigación en estas áreas. El artículo 13 sobre Educación y conciencia pública plantea la promoción y el fomento de la comprensión de la importancia de la diversidad biológica a través de los programas de educación y de los medios de información (ONU, 1992). Estos dos artículos del Convenio afirman la importancia de la capacitación y educación como elementos primordiales de una estrategia sobre los recursos fitogenéticos, en tanto componente de la diversidad biológica.

Uno de los cuatro capítulos del Plan de Acción Mundial (PAM) de la FAO para la conservación y utilización sostenible de los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura trata sobre Instituciones y creación de capacidad. Las dos actividades aprobadas en este capítulo que se relacionan directamente con la capacitación son: Incremento y mejoramiento de la enseñanza y la capacitación (actividad 19) y Fomento de la sensibilización de la opinión pública (actividad 20) (FAO, 1996).

* Prof. Adj. recursos fitogenéticos.
Facultad de Agronomía. Universidad
de la República Oriental del
Uruguay. mrivas@fagro.edu.uy

Antecedentes

Capacitación académica

Una de las principales limitantes de los países de la región es la reducida masa crítica de investigadores especializados en recursos genéticos, aunque la situación entre los distintos países es diversa. La falta de un diagnóstico sobre el estado de los recursos humanos para la región, tanto en número como en calidad, permite sólo aventurar una serie de hipótesis sobre el mismo, que deberá complementarse en el corto plazo para poder avanzar en el desarrollo de una propuesta regional ajustada.

El escaso número de personal capacitado no es sólo para las actividades de investigación, sino también para otras acciones como: inventario, evaluación de impacto ambiental, bioprospección, colecta, conservación y utilización de los recursos genéticos y bioseguridad. También existe limitante de recursos humanos capacitados en el área de formulación de políticas (regulación del acceso, propiedad intelectual, bioseguridad), gerencia de bancos de germoplasma y programas nacionales, negociación y transacción de recursos genéticos.

En términos generales la conformación de los equipos de investigación en recursos fitogenéticos en los países de la región, mayoritariamente desde la década de los 80 a la fecha, se ha realizado mediante la derivación/reconversión de personal desde otras áreas de actividad, particularmente fitomejoradores y especialistas en semillas. Esta situación se ha asociado con un énfasis del trabajo en la conservación *ex situ* de las principales especies cultivadas en que se realiza mejoramiento genético.

Otro dato interesante de la realidad es que en ciertos sectores universitarios se han conformado grupos de investigación en taxonomía, biología, genética, etc.; que generalmente no suman al desarrollo de los recursos fitogenéticos de los países. Esta situación es multicausal, destacándose como problemáticas la ausencia de coordinación entre investigadores y la falta de sensibilización hacia la temática entre los científicos. La dispersión de la investigación y la inexistencia de una planificación en la formación de recursos humanos es fruto también de una mal considerada 'inespecificidad' de la temática de los recursos fitogenéticos.

Desde el punto de vista académico, la interdisciplinariedad de la temática implica la necesidad de contar con un desarrollo científico importante en el nivel disciplinario y paralela o conjuntamente el desarrollo de formaciones interdisciplinarias, sumamente necesarias para favorecer la conformación de equipos de investigación que puedan abordar y proponer soluciones a distintas situaciones y especies. Estratégicamente es muy importante para los países que la investigación que se desarrolle tenga objetivos explícitos dirigidos a proponer acciones específicas para la conservación y utilización de los recursos fitogenéticos.

Un listado de disciplinas y áreas temáticas a tener en cuenta en la planificación de la formación de recursos humanos en recursos

genéticos es el siguiente: taxonomía, biología reproductiva, genética de poblaciones, genética cuantitativa, genética molecular, estadística, ecología, ecogeografía, diversidad genética, colecta, conservación *in situ*, conservación *ex situ*, biología de la conservación, documentación, regeneración, caracterización, evaluación, valoración, domesticación, premejoramiento, introducción e intercambio de germoplasma, acceso a los recursos genéticos, evaluación de impacto ambiental. Esta lista podría considerarse una lista de palabras claves para la cuál cada país debería poder tener sus propias capacidades.

En los últimos tiempos se han realizado esfuerzos para capacitar personal mediante cursos cortos, seminarios, talleres, etc. Algunas organizaciones internacionales como IPGRI, FAO e IICA han colaborado con estas actividades en los países y en la región. Por su parte, en Brasil se dictan cursos de corta duración para los países de América Latina (CENARGEN/EMBRAPA), mientras que en Chile se realizaron cinco cursos internacionales de corta duración durante el período 1995-99 (INIA – Chile /JICA) (FAO 1995, 1995 a, 1995b, 1995 c, 1995 d, 1995 e). Todas estas acciones son muy valiosas para mejorar la cantidad y calidad de los recursos humanos, sin embargo generalmente no presentan la continuidad y periodicidad necesarias para asegurar un flujo permanente de estudiantes. También estos cursos, por su propia naturaleza, tratan sobre algunos temas específicos, no permitiendo un acercamiento práctico a las metodologías científico-técnicas de trabajo.

Recientemente han comenzado a funcionar algunos programas de posgrados en recursos fitogenéticos, como los de la Universidad Nacional de Rosario – INTA (Argentina), la Universidad de Santa Catarina (Brasil) y la Universidad Católica de Brasilia – CENARGEN (Brasil) (Informe Argentina, 1995; Nodari et al., 1999; Dias, S., Acosta Hoyos, 1999). En la Universidad Nacional de Mar del Plata, en Argentina, se dicta una maestría en Manejo y Conservación de Recursos Naturales para la Agricultura con una opción en recursos genéticos. En todos estos casos se destaca la cooperación entre instituciones, lo que permite un mejor aprovechamiento de los recursos humanos y materiales.

En el caso del CENARGEN – Universidad Católica de Brasilia existe una propuesta de creación de un Centro Regional de Capacitación, aprovechando las capacidades regionales e incluyendo la participación de otras instituciones nacionales y regionales. Los tres objetivos propuestos son: el diseño de curriculums estandarizados, el ofrecimiento de programas formales de maestrías, doctorados y posdoctorados y el ofrecimiento de programas de capacitación continua a través de cursos cortos y entrenamiento en servicio (Dias; Acosta Hoyos, 1999).

También en la mayoría de los países de la región existen posgrados en genética, botánica, ecología, estadística, fitomejoramiento, semillas, etc.; que en pocas situaciones están

relacionados con la temática de los recursos genéticos, faltando cursos específicos y realizándose pocas tesis relacionadas directamente al tema. (FAO 1995, 1995 a, 1995b, 1995 c, 1995 d, 1995 e).

A pesar de las actividades de formación de recursos humanos que se realizan y de las iniciativas existentes, el diagnóstico inicial acerca de las fallas en cantidad y calidad de recursos humanos necesarios para llevar adelante las actividades en recursos fitogenéticos es válido (Mecanismo Regional, 1999).

Capacitación profesional

La capacitación de ingenieros agrónomos, biólogos, geógrafos, veterinarios, economistas y abogados especializados en áreas ambientales, etc., con un perfil más adecuado para la gestión de los recursos naturales y la producción sostenible son imprescindibles a la hora de aplicar las propuestas de conservación y utilización sostenible de los recursos fitogenéticos. La capacitación de distintos profesionales, que si bien no se dedican al trabajo específico en recursos fitogenéticos, sí actúan en diferentes ámbitos productivos, comerciales, legales y políticos, tomando decisiones que - directa o indirectamente - tienen que ver con la conservación, utilización y generación de beneficios de los recursos fitogenéticos, es de importancia fundamental para llevar adelante una estrategia tendiente a ello.

En algunas de las maestrías en fitomejoramiento, semillas, recursos naturales o producción vegetal en la región se comienzan a incluir cursos de recursos genéticos. También en los posgrados en las áreas de las ciencias sociales el tema comienza a tener un lugar en la formación de recursos humanos. Sin embargo, aun se está muy lejos de lograr que en las formaciones universitarias de grado y posgrado la temática de los recursos genéticos sea un componente natural de las mismas.

Capacitación técnica

La capacitación de técnicos comprende formaciones diversas, entre las cuales se pueden incluir: técnicos para bancos de germoplasma, ayudantes de taxonomía, técnicos en informática, técnicos en semillas, documentalistas, administradores de áreas protegidas, personal de campos experimentales, técnicos de laboratorio, etc. Estas formaciones cumplen un papel muy importante en el funcionamiento de los proyectos, programas e instituciones que trabajan en recursos fitogenéticos.

El incremento en número de técnicos capacitados y la especialización de los ya existentes es un objetivo clave en el desarrollo de la conservación y utilización de los recursos fitogenéticos, no existiendo básicamente programas formales con este destino (cursos y entrenamientos). Esta situación conduce en muchos casos a que proyectos, programas o servicios fallen porque no existe personal específico o calificado para desarrollar las tareas de carácter técnico.

Capacitación de administradores y dirigentes

La conservación y utilización sustentable de los recursos naturales, en particular de los recursos fitogenéticos, tienen una proyección de mediano o largo plazo, que por su lento retorno no son priorizados por institutos o empresas con fines de lucro. Sin embargo, dado el valor estratégico de los recursos fitogenéticos, la investigación, gestión y desarrollo de los mismos deben ser necesariamente llevadas adelante por cada país.

Esta situación indica la necesidad de establecer programas especiales de capacitación dirigidos a administradores y dirigentes políticos, desde los pertenecientes a instituciones directamente relacionadas con los recursos genéticos, hasta los legisladores y ejecutores de las políticas de gobiernos de la región. Estos programas especiales de capacitación deberían contener en forma muy ejecutiva tanto componentes de índole técnica como de índole política que orienten adecuadamente a los administradores y decisores sobre los puntos estratégicos que se manejan a nivel nacional, regional y mundial.

Capacitación de actores sociales

También bajo el gran objetivo de la capacitación en recursos fitogenéticos se deben considerar a los distintos actores sociales, que no actuando en un plano técnico, sí son partícipes de la conciencia y accionar colectivo de la sociedad

en la conservación y uso sostenible de la diversidad biológica, actitud de la que depende en gran parte el futuro de los recursos fitogenéticos de cada país. Los programas educativos escolares y de nivel medio, los programas de educación no formal e informal, así como los medios de comunicación juegan un papel fundamental en el cumplimiento de este objetivo educativo. Sin embargo, es mucho lo que resta por hacer en este sentido.

Estrategia propuesta

La propuesta de capacitación en recursos fitogenéticos debe pensarse de forma integral, considerando los diferentes niveles de capacitación y educación requeridos.

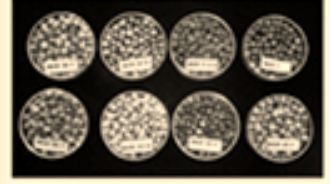
Los principales puntos a considerar en la estrategia son los siguientes:

- a) Necesidad de realizar un diagnóstico regional de capacidades que incluya:
 - 1) la nómina de personal académico y sus especialidades;
 - 2) el listado de los cursos y programas de posgrados que directa o indirectamente se relacionen con los recursos fitogenéticos;
 - 3) el relevamiento de los recursos materiales existentes;
 - 4) la identificación de la demanda potencial de posgrados existente;

- b) generar en base al diagnóstico regional de capacidades una propuesta global de posgrados para la región, que considere las potencialidades de cada país y la cooperación entre instituciones;
- c) necesidad de contar con fondos en el corto plazo para el otorgamiento de becas para la realización de posgrados dentro de la región, mientras no se resuelva el plan regional de posgrados mencionado;
- d) propiciar el intercambio de científicos y técnicos, dentro y entre los países, para el apoyo a los programas de posgrado actuales y para la realización de cursos para técnicos, incluyendo tanto las áreas específicas como aquellas que afectan la conservación y uso de los recursos fitogenéticos;
- e) para la formación de grado, las instituciones, organismos o comisiones nacionales deben solicitar a las universidades la inclusión de cursos específicos sobre recursos fitogenéticos o la inclusión de la temática en otros cursos, acorde a la carrera universitaria en cuestión. También debería impulsarse que los propios docentes universitarios que trabajan en recursos fitogenéticos realicen propuestas. PROCISUR podría facilitar, si es necesario, las colaboraciones docentes entre países;
- f) para la capacitación de técnicos en recursos fitogenéticos se plantea la necesidad de generar regionalmente una serie de cursos cortos específicos y entrenamientos en servicio, que permita que rápidamente se cubran un número importante de formaciones;
- g) es necesario el acercamiento y colaboración de las instituciones nacionales o de las comisiones nacionales de recursos fitogenéticos con las autoridades de educación primaria y media de cada país para la formulación y puesta en funcionamiento de programas que incluyan la temática de la conservación y utilización sostenible de los recursos fitogenéticos;
- h) elaboración de una propuesta conjunta con los periodistas ambientales y agropecuarios para la difusión de la temática de recursos fitogenéticos en los medios de comunicación, pudiendo incluirse cursos de capacitación para los periodistas y la elaboración conjunta de materiales;
- i) proponer a los directivos de las instituciones de investigación, planificadores gubernamentales y legisladores, la realización de cursos y talleres de corta duración, que permitan lograr un lenguaje común entre técnicos, administradores y políticos.

Bibliografía consultada

- FAO. 1996. Plan de Acción Mundial para la Conservación y Utilización sostenible de los recursos fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura.
- FAO. 1995. Informe sobre el estado de los recursos fitogenéticos de Argentina. Roma. Italia.
- FAO. 1995 a. Informe sobre el estado de los recursos fitogenéticos de Bolivia. Roma. Italia.
- FAO. 1995 b. Informe sobre el estado de los recursos fitogenéticos de Brasil. Roma. Italia.
- FAO. 1995 c. Informe sobre el estado de los recursos fitogenéticos de Chile. Roma. Italia.
- FAO. 1995 d. Informe sobre el estado de los recursos fitogenéticos de Paraguay. Roma. Italia.
- FAO. 1995 e. Informe sobre el estado de los recursos fitogenéticos de Uruguay. Roma. Italia.
- MIR. Mecanismo Regional del Plan de Acción Mundial de la FAO. Perfil para un proyecto sobre capacitación en recursos fitogenéticos para la región de América Latina y el Caribe. 1999. INIA, Colonia, Uruguay.
- ONU. 1992. Convenio sobre Diversidad Biológica. Río de Janeiro. Brasil.
- NODARI, R.O. et al. 1999. Treinamento e capacitação em recursos genéticos: abrangência acadêmica.
- S. DIAS, J.M.C. de, ACOSTA-HOYOS, L.E. 1999. Acoes, programas e propostas de treinamento de recursos humanos na Embrapa recursos geneticos e biotecnologia (CENARGEN). SIRGEALC. Brasília. Brasil.



Aspectos de
orden técnico

Variabilidad genética en los recursos vegetales de importancia para la agricultura del Cono Sur

por Marcelo E. Ferrer * y Andrea M. Clausen **

Introducción

Las colecciones de germoplasma de diversas fuentes son la materia prima que se requiere para los programas de mejoramiento genético, de domesticación de nuevas especies, así como para evitar o disminuir la vulnerabilidad que resulta de la utilización de bases genéticas estrechas. Esto implica disponer de colecciones de un amplio espectro de especies, tanto cultivadas como silvestres, pertenecientes o no al mismo acervo genético, ya que el advenimiento de tecnologías de genética molecular posibilitan una manipulación del genoma de las especies hasta hace pocos años insospechada. Generalmente es necesario explorar nuevas fuentes de variabilidad, ya sea para encontrar características específicas de interés (como resistencia a enfermedades, plagas o estrés ambientales) o para poder avanzar o innovar en el proceso de mejoramiento genético frente a las nuevas exigencias del mercado.

A fin de acceder a fuentes de variabilidad genética, se recurre a introducciones desde otras regiones o países, a través de intercambios y/o mediante colectas realizadas en centros primarios o secundarios de diversidad de la/s especie/s de interés. La introducción se realiza en base a acuerdos de intercambio de germoplasma entre organismos públicos, privados o internacionales de investigación.

El acceso a los recursos genéticos a partir de la sanción del Convenio sobre Diversidad Biológica, está sometido a un intenso debate, estrechamente relacionado con los derechos de propiedad intelectual y su relación con el acceso a la tecnología y los beneficios comerciales derivados del uso de los recursos. En este contexto es crucial fortalecer e incrementar las colecciones de germoplasma en la región a fin de asegurar a la comunidad científica, variabilidad para los programas de mejoramiento y domesticación en el mediano y largo plazo.

* Recursos Genéticos. EEA INTA Pergamino.
Coordinador Nacional del Subprograma
Recursos Genéticos (Argentina) del PROCISUR
mferrer@pergamino.inta.gov.ar

** Recursos Genéticos. EEA INTA Balcarce
aclausen@balcarce.inta.gov.ar

Antecedentes

Estado de la diversidad biológica en el Cono Sur

En los países del Cono Sur, ocurren diversas regiones biogeográficas (Cabrera; Willink, 1980), con variadas condiciones edáficas y climáticas, dando como resultado una gran riqueza en la diversidad biológica de la región con áreas ricas en endemismos, así como con centros de diversidad y domesticación de cultivos de amplia difusión mundial. Para América del Sur, se citan tres importantes centros de diversidad, a saber: América del Sur, la región del Chiloé y el centro brasiliano-paraguayo con un número variable de especies en cada uno de los mismos (Zohary, 1970). Según Hawkes (1991), el centro de origen brasileño es probablemente mucho más importante de lo que se consideró inicialmente, ya que en esta área extensa probablemente se originaron cuatro especies de gran importancia para la agricultura, así como un número considerable de cultivos menores. Por otra parte, en términos de especies silvestres con valor real o potencial para la agricultura, los seis países del Cono Sur poseen un número muy importante de especies nativas de interés (frutales, forrajeras, medicinales, aromáticas, etc.).

En la Argentina se encuentran representados alrededor de 1.749 géneros de plantas superiores (Hunziker, 1984), citándose por ejemplo para la región patagónica un total de 738 géneros y 2.400 especies (Correa, 1998). Se destaca que una considerable diversidad florística se encuentra representada en el Noroeste del país, con la presencia de endemismos en las distintas regiones biogeográficas. Existen evidencias de una agricultura aborigen precolombina, lo que se tradujo en la presencia de numerosas variedades locales en muchos cultivos (Parodi, 1966). Se encuentran variedades locales y cultivares de raíces y tubérculos andinos tales como papa (*Solanum tuberosum* spp. *andigena*), oca (*Oxalis tuberosa*), ulluco o papa lisa (*Ullucus tuberosus*), yacón (*Polymnia sonchifolia*, etc.), algunas especies frutales, cereales como maíz (*Zea mays*), porotos (*Phaseolus vulgaris*), ajíes y pimientos (*Capsicum* spp.) y seudocereales como amaranto (*Amaranthus* spp. y quinoa (*Chenopodium quinoa*).

En la región Noreste se destacan mandioca (*Manihot esculenta*), maní (*Arachis hypogaea*), batata (*Ipomoea batatas*), maíz. A lo largo del país se encuentran especies nativas o naturalizadas con valor forrajero tales como *Bromus*, *Agropyrum*, *Festuca*, *Hordeum*, *Digitaria*, *Poa*, *Lotus*, *Panicum*, *Paspalum*, *Stipa*, *Medicago*, *Trifolium*, *Vigna*, *Elymus*, entre otras. Existen numerosas especies nativas aromáticas, medicinales, tintóreas y edulcorantes, con valor potencial aunque muchas no se emplean comercialmente. Se estima que se utilizan alrededor de 900 especies sólo en medicina popular; entre las más difundidas se encuentran las peperinas (*Hedeoma* spp., *Minthostachys* spp., poleos (*Lippia* spp.) y cedrones (*Aloysia* spp) (FAO, 1995).

Brasil es el país con mayor diversidad biológica del mundo, cuenta con 56.000 especies nativas (22%) del total mundial de plantas vasculares calculado en 270.000. La diversidad de condiciones edafoclimáticas permitieron la existencia de formaciones vegetales que se encuadran en seis dominios ecológicos (Floresta Amazónica, Cerrado, Caatinga, Mata Atlántica, Florestas y Campos Meridionales y Pantanal). En la flora brasileña se destacan los centros de diversidad de importantes cultivos como algodón (*Gossypium hirtum* L.), maní, mandioca, guaraná (*Paullinia cupana*), ananá (*Ananas comosus*), caucho (*Hevea brasiliensis*), cacao (*Theobroma cacao*), entre otras.

Se destaca, además, una gran riqueza de especies con potencial para uso directo en agricultura, mejoramiento genético y domesticación, incluyendo forestales, frutales, palmeras, forrajeras, medicinales, industriales y ornamentales. En la Floresta Amazónica se determinaron cerca de 800 especies con potencial para explotación económica, que incluyen frutales, oleaginosas y medicinales, constituyendo el mayor patrimonio forestal del planeta. La región de Cerrado presenta condiciones climáticas especiales muy variables que favorecieron el desarrollo de una gran diversidad de recursos genéticos potencialmente importantes como frutales, medicinales y ornamentales, estimándose que existen en la región, cerca de 10.000 especies de plantas superiores.

En la región de la Mata Atlántica se calculan cerca de 10.000 especies de plantas superiores además de una gran riqueza de animales. La región del Pantanal se caracteriza por presentar una flora de alto potencial económico constituido por pasturas nativas, plantas melíferas, comestibles, taníferas y medicinales; identificándose alrededor de 200 útiles para la alimentación humana, animal e industria en general (FAO, 1995 b, Veiga, 1999).

En Bolivia se estima que se encuentran alrededor de 20.000 especies vegetales. Se destaca por la existencia de numerosas variedades tradicionales de especies que se domesticaron en la región, tales como papa y otros tubérculos andinos, seudocereales y leguminosas, algunas Cucurbitáceas y maíz. La domesticación de estas especies se llevó a cabo en dos regiones diferenciadas: la región andina y la de tierras bajas.

En la región andina, con diversidad de condiciones ecológicas en espacios muy reducidos y condiciones muy limitantes, el poblador andino logró manejar más 40 especies alimenticias, muchas de las cuales están adaptadas a las condiciones extremas de frío y sequía características de la zona. La papa, papa lisa, quinoa y tarwi (*Lupinus mutabilis*) son algunas de los cultivos representativos de la región del altiplano mientras que en los valles se domesticó el maíz, ajíes, batata y diversas frutas.

En la región de tierras bajas se domesticó al maní, yuca, maíz, algodón, tabaco, calabazas y frutas. Además, se citan otras especies utilizadas a nivel local y regional, que pertenecen a ecosistemas naturales que no sufrieron procesos de transforma-

ción ni mejoramiento y que en su estado natural presentan características de rusticidad ya sea por resistencia o tolerancia a condiciones adversas de clima, suelo, enfermedades y plagas. Se citan frutales nativos pertenecientes a las familias de las Leguminosas (*Inga*), Sapotáceas, Gutíferáceas (*Rheedia*), Passifloráceas, Rubiáceas, Caricáceas, Sapindáceas (*Paulinia*), Palmáceas y Bromeliáceas. (FAO, 1995 a; Gabriel *et al*, 1999).

En Chile se reconocen 5.972 especies, de las cuales el 46% son endémicas, 1.238 especies presentan algún uso reconocido, 157 son de uso alimenticio, 201 de importancia forrajera, 417 con principios químicos diversos, 277 medicinales, entre otros. En recursos fitogenéticos de especies cultivadas se destaca la frutilla silvestre (*Fragaria chiloensis*) que es progenitora de la frutilla cultivada, el género *Bromus* de uso como especie forrajera, y especies y variedades de los géneros *Lycopersicum* y *Solanum*. Varias especies fueron utilizadas en programas de mejoramiento genético con fines ornamentales, en otros países, como *Calceolaria*, *Hippeastrum*, *Schizanthus*, etc. Numerosas Cactáceas son utilizadas como ornamentales, y las mismas son extraídas directamente de su hábitat natural (FAO, 1995 c).

La riqueza florística nativa del Paraguay se calcula en 13.000 especies de plantas vasculares que habitan en formaciones vegetales que van desde bosques alto húmedos hasta matorrales xeromórficos. Numerosas especies de su flora han sido valoradas por sus propiedades y utilizadas por los nativos mucho antes de la llegada de los conquistadores a América. A la fecha se reportan para uso popular e indígena 271 especies nativas, a las que deben sumarse otras 184 nativas arbóreas. De las especies señaladas 150 son de uso popular tanto para consumo como de uso industrial, artesanal, melíferas, forrajeras u ornamental. Alrededor de 162 especies son usadas por indígenas de distintas etnias. En relación a las especies cultivadas, existe diversidad en maíz, mandioca, batata, leguminosas alimenticias y para abonos verdes (FAO, 1995 d).

Uruguay presenta una flora predominante herbácea que alcanza 2.457 especies. Las pasturas naturales cubren el 88% de la superficie útil del país, mientras que los bosques nativos incluyendo los palmares ocupan el 3,8% del territorio nacional. Se destacan las gramíneas forrajeras nativas de los géneros *Paspalum*, *Bromus*, *Poa*, *Axonopus*, *Coelorhanchis*, *Stipa*, *Setaria*, *Bothriochloa*, *Ischemum*, *Calamagrostis*, etc. Entre las leguminosas se encuentran los géneros *Adesmia*, *Desmanthus*, *Desmodium*, *Luoinus*, *Mimosa* y *Rhynchosia*). También se destaca un grupo de especies de uso no convencional (medicinales, frutales, aromáticas, tintóreas, ornamentales, etc.). Si bien Uruguay no es centro de diversidad primario de especies cultivadas, si tiene variedades criollas de algunas especies como maíz, maní, cebolla, etc. (FAO, 1995 e, Condón *et al*, 1999).

En resumen, el Cono Sur de América es una región rica en diversidad biológica, ya sea en especies silvestres como en variedades locales de especies nativas o naturalizadas.

Especies silvestres

El número y la diversidad de especies silvestres de la región constituyen un patrimonio genético valioso, en gran parte aún desconocido e ignorado como fuente de posibles desarrollos productivos. Los recursos genéticos de estas especies, pertenecientes a diferentes familias y con usos reales o potenciales que van desde la alimentación hasta la cosmética, son fuente de variación para el mejoramiento genético, la domesticación de nuevas especies y la obtención de nuevos productos.

Las especies silvestres afines a las cultivadas merecen una especial atención como materiales a ser conservados e incorporados en los programas de mejoramiento, siendo necesario desarrollar programas de colecta y estudios biológicos sobre las mismas que faciliten su utilización en programas de premejoramiento.

Otro conjunto importante de recursos fitogenéticos son aquellas especies factibles de ser domesticadas y/o utilizadas *in situ*, tal es el caso de forrajeras, frutales, aromáticas, medicinales, etc. Si bien en la región se investiga en torno a algunas especies, es necesario darle un mayor impulso a esta actividad. Algunas de estas especies, de las que la región es el centro de diversidad primario, como por ejemplo la *Feijoa sellowiana*, han sido domesticadas en otras regiones del mundo, basándose en material genético colectado en el Cono Sur.

El desarrollo de nuevos productos, con la consecuente creación de nuevas industrias y nuevas fuentes laborales, es un desafío mayor para los países del Cono Sur. Hoy día las actividades de bioprospección para identificar nuevas sustancias medicinales, aromáticas, fungicidas, insecticidas, etc.; se ha constituido en una actividad económica primordial. Nuestros países necesitan invertir en este tipo de proyectos de investigación que permitan utilizar la enorme riqueza de recursos fitogenéticos que la región posee.

Variedades y/o razas locales

En los países del Cono Sur, al igual que en muchas otras regiones del mundo, los agricultores conservan la diversidad genética manteniendo las variedades locales tradicionales mediante el uso, conservación y el mejoramiento del recurso. Las variedades locales existentes, dependiendo de los países y las regiones, son del centro de diversidad primario (nativas) o se desarrollaron luego de su introducción.

Se destaca una importante riqueza en variedades locales de especies nativas, siendo muchas de estas especies de importancia mundial. Otras especies, de importancia local en la actualidad, poseen un importante potencial en el desarrollo de nuevos productos, para las cuales se ha contado con insuficiente recursos en la investigación de sus posibilidades.

La introducción de especies y/o cultivos en la región ha sido considerable y ha resultado en un número importante de variedades y razas locales que constituyen la base genética de muchos programas de mejoramiento genético. Ejemplos de utilización de razas locales en programas de mejoramiento genético en América Latina y el Caribe han demostrado que es posible ampliar la variabilidad genética e incrementar el rendimiento, (Cuevas-Perez *et al.*, 1992). Representan también una interesante herramienta potencial en los procesos de intercambio de germoplasma, ya que son materiales introducidos en algunos casos por los primeros colonizadores, y que han sido seleccionados durante muchas décadas; en otros casos pasaron a integrar las comunidades vegetales de la región, incrementando la biodiversidad vegetal.

Los materiales introducidos evolucionaron en la región, desarrollando características que posibilitaron su adaptación a condiciones específicas tanto bióticas como abióticas, de acuerdo con las necesidades y preferencias de los agricultores que lo utilizaron a lo largo del tiempo. Las variedades o razas locales son las poblaciones vegetales que han acumulado mayor variabilidad (Frankel; Brown, 1984), ya que esta variabilidad se manifiesta en caracteres fenológicos, agronómicos, morfológicos y fisiológicos. Estos materiales genéticos dieron origen a variedades comerciales con el advenimiento del mejoramiento genético aplicando el método científico y representan una continua fuente de diversidad genética.

El uso y conservación de las variedades tradicionales o razas locales es realizada principalmente por agricultores, en algunos casos integrantes de comunidades nativas que, frecuentemente, practican una agricultura de subsistencia con métodos tradicionales de producción. En diversas regiones del Cono Sur se han desarrollado un importante número de razas locales de cultivos nativos y naturalizados como papa, maíz, oca, frijol, maní, batata, tarwi, amaranto, quinoa, cañahua, ajíes, cebollas, ajo, zapallos (Cucurbitáceas), lenteja, garbanzo, trigo, forrajeras, así como de especies de importancia regional como ananá, papaya, mandioca, etc.

Como consecuencia de cambios en los sistemas de producción, el desplazamiento de algunos cultivos y la introducción de nuevos así como la introducción de formas modificadas de cultivos existentes, se está produciendo en algunas áreas un rápido reemplazo de las razas locales por materiales mejorados y/o distintos, con la consiguiente erosión genética. Actualmente, se reconoce la necesidad de conservar los recursos fitogenéticos cultivados tradicionales a través de una adecuada valoración y uso de los mismos. No obstante ello, esto no se ha generalizado en los países de la región para las variedades tradicionales (aunque hay algunas iniciativas), ni se han tipificado mercados para su comercialización. Por otra parte, también se constata, en muchos casos, un desconocimiento importante en cuanto a las variedades locales.

Erosión genética

La erosión genética es la pérdida de diversidad e incluye tanto la pérdida de genes individuales como la de combinaciones particulares de genes. Se considera que en las especies cultivadas, el factor de mayor importancia en la pérdida de variabilidad es el reemplazo de las variedades tradicionales de los agricultores con amplia variabilidad genética, por materiales mejorados de mayor rendimiento pero con gran uniformidad genética o por otros cultivos más productivos y/o más rentables.

Según la FAO (1998), las principales causas de erosión genética mencionadas en los informes de los países son: 1) la sustitución de variedades locales, 2) el desmonte, 3) la presión demográfica y 4) la explotación excesiva de especies. En varias regiones del Cono Sur, el avance de la frontera agrícola, mediante la ocupación de nuevas tierras o debido al cambio de uso de la tierra, está causando serios problemas ambientales (como ser degradación y compactación de suelo, contaminación de acuíferos) lo que pone en riesgo la integridad de diversos ecosistemas, incluyendo la erosión genética por pérdida de poblaciones e incluso de especies silvestres. También pueden citarse como causa de la degradación e inclusive pérdida de áreas naturales y bosques, al sobrepastoreo, las diversas obras de infraestructura como la construcción de presas hidroeléctricas y caminos. No se ha cuantificado en forma clara y precisa la erosión genética que ha ocurrido y que ocurre en la región, pero existen evidencias de disminución o pérdida tanto de especies como de poblaciones, por lo que los países han comenzado a aplicar diversas estrategias para disminuir y/o revertir esa situación.

La erosión genética también ocurre en las colecciones *ex situ*, en los bancos de germoplasma, debido a deficiencias metodológicas en la colecta, conservación, regeneración o multiplicación de material genético. También inciden en esta situación las insuficiencias en infraestructura, así como la escasez de recursos financieros para enfrentar diversas etapas inherentes a la conservación de germoplasma en el mediano y largo plazo.

Prospección y colecta

Las colectas de germoplasma se realizan por varias razones: 1) disponer de materiales para los programas de mejoramiento de acuerdo a las necesidades de los usuarios, 2) obtener materiales de especies de interés actual o potencial en peligro de extinción o sometidas a procesos erosivos y 3) para obtener muestras representativas de la diversidad genética que se encuentre insuficientemente representada en las colecciones *ex situ*. Las actividades de prospección son previas a las colectas sistemáticas, teniendo por objetivos el conocimiento de las distribuciones geográfica y ecológica de los recursos fitogenéticos, la diversidad genética y en aquellas especies con valor potencial realizar un primer acercamiento a su valor real. En relación a este tema, en los últimos años la bioprospección

se ha incrementado enormemente en el mundo, en la búsqueda de nuevos productos, especialmente para la industria farmacéutica y cosmética.

También es crucial la realización de prospecciones previas para que las colectas realizadas sean efectivamente representativas de la diversidad genética, necesitando también una planificación acorde a la distribución geográfica, ecológica y de sistemas productivos en que la especie se desarrolla. La biología, genética y ecología son fundamentales a la hora de establecer las metodologías correctas de colecta: número de sitios, número de individuos/sitio y número de propágulos/individuo (Guarino; Ramanatha; Reid, 1995). Algunas colectas que se han realizado no cumplen los requisitos planteados, por lo que se hace necesario realizar un monitoreo de la diversidad genética existente y proceder eventualmente a realizar nuevas colectas, considerando áreas y ambientes escasamente cubiertos.

A mediados de la década de los 70 se comenzó a considerar el peligro que se cernía sobre muchos recursos fitogenéticos y es así que, con la colaboración del entonces IBPGR, organismos extranjeros, internacionales, y el apoyo financiero de los propios países, se efectuaron colectas de germoplasma nativo y naturalizado.

Posteriormente, programas regionales como el PROCISUR, apoyaron también estas actividades lo que permitió incorporar variabilidad adicional a los bancos, principalmente de las especies de mayor importancia para su conservación *ex situ*, en todos los países de la región. Como ejemplo reciente, se cita la colecta binacional argentino-chilena, que se llevó a cabo con recursos del PROCISUR en los ecosistemas frágiles de los Bosques Andino-patagónicos, área sometida a un acelerado proceso de erosión genética por sobrepastoreo (Zappe *et al*, 1999). A pesar de que muchas de estas iniciativas resultaron en colecciones que están actualmente incluidas en las colecciones *ex situ* de la región, aun faltan completar las colecciones para varias especies tanto silvestres como cultivadas.

La actividad de colecta no concluye con el ingreso de una colección a un banco de germoplasma, en primer lugar porque desde el punto de vista de la conservación se requieren de actividades de mantenimiento y, en segundo lugar, porque el trabajo en recursos fitogenéticos implica necesariamente el conocimiento y utilización de esos recursos. De estas consideraciones es que resulta clave establecer prioridades para la realización de colectas tanto en especies como en áreas geográficas.

La falta de infraestructura adecuada de conservación y de apoyo financiero a las actividades de recursos genéticos en varios de los países de la región, ha producido un importante deterioro de las colecciones almacenadas ya sea por pérdida de viabilidad de la semilla y/o por una drástica reducción del material almacenado por falta de incremento (regeneración/multiplicación) de las colecciones.

Un ejemplo de la situación planteada se puso en evidencia al implementarse el Proyecto Latinoamericano de Maíz (LAMP), para evaluar las variedades locales de maíz disponible en los bancos de germoplasma, (Salhuana; Jones; Sevilla, 1991) donde se determinó que alrededor de 3.000 entradas se habían perdido y al menos un número similar se encontraba en estado crítico por baja viabilidad y o cantidad de semilla (CIMMYT, 1988; Goodman; Hernández, 1991). Situación similar puede estar ocurriendo con otros cultivos.

Introducción e intercambio

Muchos de los cultivos originarios o domesticados en la región tienen importancia mundial. No obstante, se destaca la interdependencia con otras regiones en cuanto a recursos genéticos. Numerosos cultivos de importancia económica tanto para el consumo interno como para la exportación, son exóticos. Tal es el caso del arroz, girasol, soja, caña de azúcar, café, trigo, cítricos, manzana, pera, durazno, banana, uva, entre otros, que provienen de otros centros de origen.

Como ejemplo se puede citar que cerca del 76% del germoplasma utilizado en Brasil para la producción agropecuaria es de origen exótico y fue introducido en el siglo XX. El mejoramiento de los cultivos con mayor impacto en las exportaciones brasileñas como café, caña de azúcar, soja y cítricos, se efectúa con material introducido. En otros cultivos como arroz y cebada, su base genética exótica es ampliada con razas locales y/o especies nativas emparentadas, (FAO. 1995 b). Situación similar se presenta en Argentina con los cultivos con mayor saldo exportable para el país como soja, trigo, girasol y frutales entre otros. La introducción de germoplasma ha sido y continuará siendo una actividad principal en la ampliación de variabilidad para muchas de las especies que actualmente se cultivan en la región. En muchas situaciones, la relación entre instituciones de diferentes países es manejada directamente por los programas de mejoramiento genético, en otras, es de particular interés el apoyo que los bancos de germoplasma institucionales o nacionales pueden prestar a dichos programas de mejoramiento en el intercambio de material genético.

Estudiando las diferentes regiones del mundo y su interdependencia respecto a germoplasma, Kloppenburg y Kleinman (1988) señalan que la dependencia total de la región latinoamericana analizada comparativamente con otras regiones del mundo, presenta una dependencia del 55,6%. Sólo dos regiones presentan niveles inferiores a esta región (indostana y asiática centrooccidental) mientras que la región norteamericana y Australiana arrojan cifras del 100% (FAO, 1998), lo que evidencia el aporte de la región de recursos genéticos de importancia mundial. (Si se analiza la situación de los países del Cono Sur individualmente, la dependencia oscila en un rango de 89% - 95% en Argentina, 81% - 93% en Bolivia, 81% - 94% en Brasil, 86% - 94% en Chile, 67% - 81% en Paraguay y 90% - 100% en Uruguay (Flores Palacios, 1997)).

Es también en este marco de interdependencia que los países de la región, deberían disponer de colecciones de recursos fitogenéticos en óptimas condiciones, sea en términos de cobertura de especies, representatividad genética, condiciones de conservación y documentación de sus características productivas y adaptativas. Esta valorización de los recursos fitogenéticos se constituye en una herramienta estratégica primordial para las negociaciones de intercambio.

Utilización de los recursos genéticos

Los países del Cono Sur presentan gran riqueza de especies de uso actual y potencial, habiendo aportado cultivos de gran importancia global y regional para la alimentación y subsistencia de la humanidad. Los recursos fitogenéticos ya incluidos en los bancos de germoplasma deben ser caracterizados y evaluados a fin de promover el uso de los mismos. En los Informes Nacionales de los Países (FAO, 1995 ; 1995 a; 1995 b; 1995 c; 1995 d; 1995 e), se destaca el uso que se hace de las colecciones de germoplasma, y se citan valores variables según las especies y/o cultivos considerados.

Según la FAO (1998) son muchas las causas que atentan contra una mayor utilización de los recursos fitogenéticos. Entre ellos se destacan: la falta de información sobre el material ya existente conservado *ex situ* así como el mantenido *in situ*, la ausencia de datos de caracterización y evaluación, las carencias de documentación e información, así como una escasa coordinación entre bancos de germoplasma y usuarios del germoplasma.

Según el Documento Síntesis de la subregión de América del Sur (FAO, 1995 f), en los países del Cono Sur, la utilización de los recursos fitogenéticos es incompleta y varía según el país y la especie considerada. El nivel de utilización del germoplasma es bajo como consecuencia de la falta de documentación e información, preferencia por el germoplasma conocido de las colecciones de trabajo, falta de programas nacionales, ausencia de programas de mejoramiento en algunos cultivos, carencia de conocimientos básicos de biología y falta de recursos humanos y financieros. Por otro lado en los cultivos principales (maíz, arroz, trigo, papa, frijol, soja, maní, caña de azúcar, cítricos, café, etc.) existen programas de mejoramiento que mantienen un importante intercambio de germoplasma con otros países y con los Centros Internacionales. Se destaca la importancia de mantener programas de mejoramiento para producir semilla para pequeños productores y de esa manera fomentar el uso de los recursos fitogenéticos nativos o naturalizados.

Propuesta estratégica

Diversidad biológica en la región

- a) Impulsar acciones orientadas hacia el mantenimiento de la diversidad biológica existente en la región, con especial énfasis en especies silvestres y/o endémicas, protegiendo aquellas áreas donde se encuentren centros de diversidad y/o domesticación;

- b) incrementar la variabilidad genética de las especies y/o cultivos de interés actual o potencial, lo que posibilitará asegurar resultados continuos de los programas de mejoramiento genético de los países de la región;
- c) promover el sinergismo de todos los actores involucrados en actividades conservacionistas propiciando la creación de los Sistemas Nacionales de Recursos Genéticos (SNRG) en los países de la región, donde se coordinen y complementen los roles de las diferentes instituciones;
- d) desarrollar proyectos destinados a valorar la diversidad agrícola, siendo ésta una vía fundamental para promover la conservación y utilización de los recursos fitogenéticos;
- e) fomentar que en los proyectos de investigación y desarrollo de los países se incluya la conservación de los recursos fitogenéticos como un elemento esencial del desarrollo sostenible;
- f) promover la cooperación inter-institucional entre y dentro de la región del Cono Sur, a fin de fortalecer las acciones orientadas hacia la conservación y el uso sostenible de los recursos fitogenéticos, lo cual permitirá disponer de materiales genéticos en el mediano y en el largo plazo.

Especies silvestres y variedades y/o razas locales

- a) Propiciar proyectos de conservación in situ para especies silvestres con valor real o potencial, que vayan acompañados de proyectos de utilización sostenible de la diversidad genética;
- b) favorecer el desarrollo e implementación de programas de bioprospección, que permitan en el corto y mediano plazo establecer programas de domesticación y de obtención de nuevos productos;
- c) realizar relevamiento de variedades o razas locales, su número, características y localización a través de la interacción con los pobladores locales y/o agricultores de la región, observando cuidadosamente el código ético de conducta en cuanto al reconocimiento de la información asociada a cada uno de los materiales;
- d) propiciar proyectos de conservación in situ de razas o variedades locales, en campos de productores, huertas familiares, etc., a fin de asegurar la representatividad y mantenimiento de la población original que continuará evolucionando naturalmente;
- e) incentivar el uso de razas y variedades locales con características diferenciales a través de la exploración o creación de nuevos nichos de mercado, o la tipificación de un determinado producto;
- f) implementar métodos participativos de mejoramiento conjuntamente con los pobladores locales, complementando así la conservación de los materiales en fincas.

Erosión genética

- a) Desarrollar estrategias de conservación de ecosistemas, e identificación de aquellas especies que se están perdiendo por el avance de la frontera agrícola, la ocupación de nuevas tierras, cambio de uso de la tierra, sobrepastoreo, o realización de obras de infraestructura, etc., previo a que el problema se agudice u ocurra;
- b) impulsar la implementación de áreas de conservación *in situ* que permitan la conservación de los recursos fitogenéticos en áreas convenientemente identificadas, asegurando la máxima representatividad de las poblaciones naturales;
- c) asegurar la colecta y conservación adecuada de variedades locales que son sustituidas por cultivares modernos;
- d) implementar la evaluación de los riesgos de erosión genética en las evaluaciones de impacto ambiental, dándole valor a este criterio en la toma de decisiones, e impulsar o proponer que en las evaluaciones de impacto de los proyectos de investigación y desarrollo se incluya la evaluación del riesgo de erosión genética como tal;
- e) la conservación *ex situ* deberá garantizar la integridad genética de las entradas mantenidas en los bancos. Por ello es imprescindible minimizar los factores que contribuyan a erosionar genéticamente al material como consecuencia de la aplicación de estrategias inadecuadas de muestreo y colecta, o por el uso de metodologías no apropiadas de conservación/regeneración/multiplicación del material genético y/o por insuficiencias de infraestructura.

Prospección y Colecta

- a) Elaborar planes nacionales de manejo y gestión de los recursos fitogenéticos que permitan regular la extracción o explotación intensiva de los mismos;
- b) identificar las especies nativas o naturalizadas de interés potencial aún no incluidas en los Bancos o escasamente representadas así como aquellas consideradas con riesgo de erosión genética o extinción, a los efectos de priorizar nuevas colectas o recolectas;
- c) capacitar al personal técnico en las estrategias de muestreo, desarrollando protocolos adecuados a la especie, para que las muestras sean genéticamente representativas de las poblaciones originales;
- d) implementar las técnicas adecuadas de conservación para cada especie utilizando tecnologías de última generación, asegurar la infraestructura para conservación e implementar las acciones de regeneración/multiplicación necesarias.

Introducción e intercambio

- a) Propiciar el intercambio de germoplasma, diseñando una estrategia nacional y regional, con la adopción de un código de conducta común;

- b) profundizar en las metodologías de valoración de los recursos fitogenéticos a los efectos de conocer el valor relativo de los mismos, propendiendo a fijar términos justos y equitativos de intercambio.

Utilización de los recursos fitogenéticos

- a) Promover la utilización de la variabilidad disponible a través de una adecuada caracterización y evaluación agronómica, bioquímica y molecular de los recursos, así como identificar su comportamiento frente a diversos factores bióticos y abióticos;
- b) priorizar las actividades destinadas a valorizar las colecciones (caracterización, evaluación, documentación, técnicas de valoración, colecciones núcleo, etc.) con el propósito de mejorar la utilización de las mismas y favorecer las condiciones de intercambio;
- c) impulsar programas de premejoramiento que permitan la incorporación de mayor diversidad genética en los materiales;
- d) fomentar el establecimiento y consecución de programas de mejoramiento y domesticación, que permitan a los países de la región obtener sus propios materiales, facilitando una mayor diversificación de especies y cultivares como estrategia para evitar los riesgos de vulnerabilidad genética;
- e) establecer programas educativos destinados a la comprensión del valor estratégico de los recursos fitogenéticos, los riesgos de erosión genética y las ventajas de su conservación y utilización en las actividades productivas.

Bibliografía

- EMBRAPA/CENARGEN. 1995. Relatório Dos Países Da América Do Sul. Conferência Internacional e Programa sobre Recursos Fitogenéticos. Brasília. 61, p.
- CABRERA, A.L.; WILLINK, A. 1980. Biogeografía de América Latina. Organización de los Estados Americanos, Washington, D.C., 122p
- CIMMYT, 1988. Recent Advances in the Conservation and Utilization of Genetic Resources: Proceedings of the Global Maize Germplasm Workshop. México City, March 1988. 184 p.
- CONDÓN, F. et al. 1999. Uruguay: estado de los recursos fitogenéticos. In: Diálogo LV. Avances de Investigación en Recursos Genéticos en el Cono Sur, 35-42.
- CORREA, M. N. 1998. Flora Patagónica. Colección Científica, Tomo VIII, Parte I, INTA, 391p.

- CUEVAS-PÉREZ, F. E. et al. 1992. Genetic base of irrigated rice in Latin America and the Caribbean, 1971 to 1989. *Crop Science*, 32:1054-1059.
- FAO, 1995. Informe de la República Argentina. A. Clausen; M. Ferrer; S. Gómez; J. Tillería, (eds.). Conferencia Internacional y Programa sobre los Recursos Genéticos. Buenos Aires. 59 p.
- FAO, 1995 a. Informe Nacional de recursos genéticos. 1995. Cuarta Conferencia Internacional y Programa sobre los Recursos Fitogenéticos. La Paz, Bolivia. 54 p.
- FAO, 1995 b. Informe sobre el estado de los recursos fitogenéticos de Brasil. Roma. Italia
- FAO, 1995 c. Informe Nacional de recursos genéticos, 1995. Conferencia Internacional y Programa sobre los Recursos Fitogenéticos. Santiago, Chile. 58 p.
- FAO, 1995 d. Informe Nacional de recursos genéticos, 1995. Schvartzman, J. y Santander, V. (eds.). Recursos Fitogenéticos del Paraguay. Cuarta Conferencia PNUD/FAO. MAG. 40 p.
- FAO, 1995 e. Informe Nacional de recursos genéticos. Conferencia Internacional y Programa sobre los Recursos Fitogenéticos. Uruguay. 37 p.
- FAO, 1995 f. Documento síntesis de la subregión América del Sur. Conferencia Internacional y Programa sobre los Recursos Fitogenéticos. Brasilia.
- FAO, 1998. The state of the world's plant genetic resources for food and agriculture. 510 pp.
- FLORES PALACIOS, X., 1997. Contribución a la Estimación de la Interdependencia de los Países en Materia de Recursos Fitogenéticos. Documento Informativos N° 7. Comisión de Recursos Genéticos para la Alimentación y la Agricultura. FAO. 32p.
- FRANKEL, O.H.; BROWN, A.H.D., 1984. Plant genetic resources today: a critical appraisal. En: *Crop Genetic Resources: Conservation and Evaluation* (eds) J.H.W. Holden and J. T. Williams, , George Allen and and Unwin, pp 249-257.
- GABRIEL, J. L., et al. 1999. Los recursos fitogenéticos de Bolivia. Diálogo LV. Avances de Investigación en Recursos Genéticos en el Cono Sur. IICA, Montevideo, Uruguay.
- GOODMAN, M.; HERNÁNDEZ, J. M. 1991, El maíz de Latinoamérica: Una Herencia Crítica que debe ser Preservada. *Diversity* Vol 7, nos 1&2, 1991, p:95 y 96.
- GUARINO, L, V.; RAMANATHA RAO; REID R. 1995. Collecting Plant Genetic Diversity . Technical Guidelines. CAB-

- HAWKES, J.G. 1991. Centros de diversidad genética vegetal en Latinoamérica. *Diversity* 7(1-2):7-9.
- HUNZIKER, A.T. 1984. Los géneros de fanerógamas de Argentina. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*. Volumen 23 (1-4) 384p.
- KLOPPENBURG, J.R.; KLEINMAN, D.L. 1988. Seeds of Controversy: National Property versus Common Heritage. En: *Seeds and Sovereignty*, Kloppenburg, J. R. (ed), Duke University Press, Durham y Londres, pp 182-183.
- PARODI, L., 1966. La agricultura aborigen Argentina. EUDEBA, 47p.
- SALHUANA, W.; JONES, Q.; SEVILLA, R. 1991. Evaluación del Maíz en Latinoamérica. *Diversity*. Vol 7, Nos 1&2, pp: 42 – 45.
- VEIGA, R., 1999. Situação dos recursos fitogenéticos no Brasil. *Diálogo LV. Avances de Investigación en Recursos Genéticos en el Cono Sur*. IICA, Montevideo, Uruguay.
- ZAPPE, A. et al. 1999. Colecta de germoplasma en los Andes Patagónicos. *Diálogo LV. Avances de Investigación en Recursos Genéticos en el Cono Sur*. IICA, Montevideo, Uruguay.
- ZOHARY, D., 1970. Centers of diversity and centers of origin. 33-42. En: *Genetic Resources in plants- Their Exploration and Conservation*, Frankel, O.H. y Bennet, E. (eds), Blackwell Scientific Publications, Oxford and Edimburg.

Intercâmbio e quarentena de recursos fitogenéticos

por Renato Ferraz de Arruda Veiga *

Introdução

Contrapondo-se à necessidade de se introduzir o máximo possível de variabilidade genética vegetal, vêm as obrigações moral e profissional de se evitar a introdução simultânea de pragas exóticas (Veiga et al, 1992). Segundo León (1990) qualquer tipo de intercâmbio de recursos genéticos requer: 1) informações sobre as características do germoplasma e do local onde se encontra; 2) mecanismos que possibilitem obtê-lo e mantê-lo em adaptação experimental, seguindo a legislação fitossanitária.

A necessidade de se preocupar com a sanidade das plantas introduzidas é clara, pois, além do risco de se introduzir um patógeno que ao se espalhar se torne uma praga exótica para a própria cultura, ainda há o perigo de que esse venha a se alastrar como praga para outras culturas do país e região. Em muitos casos, não tão raros quanto se imagina, vêm ocorrendo algumas introduções de insetos e microorganismos exóticos, tanto por ação de agricultores como por viajantes curiosos. Introduções errôneas são, as vezes, também efetuadas por pesquisadores de áreas diversas, os quais desconhecem ou simplesmente menosprezam os procedimentos fitossanitários recomendados internacionalmente, provocando assim malefícios aos seus países e até mesmo aos países vizinhos. Portanto, o germoplasma introduzido de regiões onde haja restrições de trânsito, do próprio país e do exterior, deve necessariamente passar por um rígido controle sanitário, o qual refere-se ao fiel cumprimento da legislação vigente para o país ou, como no caso presente, para o Cone Sul, através de ações que permitam até a inclusão de quarentena doméstica.

O termo quarentena originou-se do latim *quarantum* o qual, a princípio, era aplicado somente por um período de 40 dias, para os casos de peste bubônica, cólera e febre amarela, ocasião em que se determinava a detenção de navios oriundos de países com epidemias (Ferrari, 1989). Hoje, o tempo de quarentena varia conforme o ciclo da planta e/ou do patógeno (Veiga, 1997). As liberações, de qualquer germoplasma introduzido em quarentena, somente são efetuadas quando já está comprovada sua isenção de doenças e pragas (Fonseca, 1982).

Além de serem inúmeras as pragas ainda não detectadas nos países do Cone Sul, como mostrado para o Brasil por Branco; Reifschneider (1989), o risco se agrava quando as precauções

* Pesquisador Científico, Diretor do Centro de Recursos Genéticos Vegetais e Jardim Botânico do Instituto Agrônomo de Campinas/SP/Brasil e Coordenador Nacional (Brasil) do Sub-programa de Recursos Genéticos do PROCISUR.
Homepage: <http://www.iac.br/~crgvjb>
veiga@barao.iac.br

de quarentena são pouco efetivas (Wetzel, 1989). Fica muito clara a questão de que a legislação fitossanitária e as normas de intercâmbio devam ser uniformizadas para os países do Cone Sul, e até mesmo da América-Latina e Caribe, pela sua proximidade geográfica e ausência de grandes barreiras edafo-climáticas.

Antecedentes

Sugere-se recorrer às introduções de espécies exóticas quando o centro de origem, dispersão ou de transdomesticação se encontra no exterior e, também, no caso de material de interesse ser mantido em bancos de germoplasma e jardins botânicos internacionais. É importante lembrar que é justamente nestas regiões que vivem também os insetos e fitopatógenos adaptados àquelas espécies e que portanto, podem ser introduzidos juntamente com o material importado (Veiga et al., 1992).

O acesso de um novo germoplasma de outra região do próprio país pode ser extremamente recomendável, porém, principalmente nos países de maior extensão geográfica da região, também pode ser uma atividade disseminadora de pragas, como consequência da diversidade ecológica do local de onde procedem as amostras. Nesses casos, a coleta e introdução de novos cultivos ou espécies silvestres, podem implicar em problemas fitossanitários desconhecidos. Torna-se conveniente então, levar em consideração a quarentena doméstica. Segundo Morales (1994), em qualquer situação de introdução de recursos fitogenéticos, torna-se imprescindível ter em mente o tamanho e a composição genética dos acessos, de forma que durante a quarentena não ocorra uma perda da sua representatividade genética.

Regulamentação

A legislação vigente na região, sobre os princípios de quarentena, consta da Resolução da V Reunião do Conselho de Ministros do Comitê de Sanidade Vegetal do Cone Sul - COSAVE, de 12 de junho de 1995. Nessa oportunidade, também se elaborou uma lista de pragas quarentenárias de plantas (microorganismos e nematóides) para a Argentina, Brasil, Chile, Paraguai e Uruguai. Tal legislação harmonizou as medidas fitossanitárias por via de ingresso e bem como listou as categorias de risco fitossanitário, classes e medidas fitossanitárias por categoria de risco, classificando da seguinte maneira: a) Praga quarentenária A1 - que é uma praga de importância econômica potencial para a área colocada em perigo pela mesma e onde ainda não está presente; b) Praga quarentenária A2 - praga de importância econômica potencial para a área posta em perigo pela mesma e onde ainda não se encontra amplamente disseminada por estar sendo oficialmente controlada; c) Praga Quarentenária A2 Regional - aquela que apresenta disseminação localizada e está submetida a controle oficial por um ou mais países da região. Ressalte-se que o COSAVE define praga, como toda e qualquer espécie, raça ou biótipo de vegetais, animais ou agentes patogênicos, nocivos para os vegetais ou produtos vegetais.

Estas regras contemplam a introdução de todo tipo de grão, semente ou material propagativo de espécies vegetais, não distinguindo categorias ou tipos diferentes de amostras vegetais. Torna-se necessário diferenciar a introdução para fins comerciais, que em geral implica no trânsito de grande volume de material, daquela que objetiva a pesquisa científica e que representa um trânsito de reduzida quantidade de acessos. O relacionamento fluído entre as autoridades e técnicos, responsáveis pela sanidade vegetal, com as instituições e pesquisadores que realizam freqüentes introduções de germoplasma, é de fundamental importância para facilitar o trâmite de recursos genéticos na região.

Laudo de 'análise de risco'

O laudo de análise de risco é um artifício que pode ser muito útil, pois, coloca todas as plantas como sendo de importação permitida até que se constate o seu risco fitossanitário. É através desse laudo, assinado por especialistas cadastrados, que se dá autorização de importação e se recomenda os procedimentos necessários como a quarentena. Esse mecanismo pode ser muito útil quando se desconhece cientificamente os riscos fitossanitários da cultura, como é comum no caso de espécies silvestres.

Infra-estrutura de quarentena e pessoal técnico

O quarentenário é um instrumento essencial para o controle fitossanitário de recursos genéticos, sem o qual pode-se comprometer todo um banco de germoplasma, além de propiciar riscos desnecessários para a cultura e suas espécies relacionadas.

Alguns fatores limitantes são de ordem econômica e/ou técnica, devido ao próprio estágio de desenvolvimento dos países envolvidos, com por exemplo o atual desnivelamento em infra-estrutura de intercâmbio e quarentena. Do ponto de vista técnico, existem também outros fatores limitantes nos aspectos de controle fitossanitário para espécies silvestres, especialmente daquelas cujos estudos são insuficientes ou inexistentes. Além disso, a capacitação de pessoal é um aspecto muito importante para qualquer esquema de introdução e quarentena, pois, não são incomuns os erros técnicos decorrentes da inspeção e manuseio dos acessos.

Cuidados posteriores à quarentena

Os cuidados posteriores à quarentena nunca devem ser minimizados. Recomenda-se ao introdutor o plantio de pós-quarentena em área protegida ou distante dos cultivos comerciais, com acompanhamento fitossanitário constante. Caso detecte-se qualquer anormalidade, deve-se avisar imediatamente a autoridade fitossanitária responsável pela região.

Estratégia proposta

- a) Realizar todos os esforços necessários para que a Bolívia integre o COSAVE;
- b) introduzir mecanismos regulamentáveis na legislação dos países integrantes do Cone Sul, permitindo um tratamento diferencial entre as introduções de recursos fitogenéticos destinadas à pesquisa e as de cunho comercial;
- c) trabalhar em estreita colaboração com os departamentos de defesa sanitária vegetal de cada país, de forma que se harmonizem os critérios quarentenários para os bancos de germoplasma;
- d) insistir nas atividades educativas dirigidas a técnicos e pesquisadores que trabalham com recursos fitogenéticos, de modo de aumentar a consciencia em relação aos perigos fitossanitários derivados de uma introdução de germoplasma ilegal;
- e) para as instituições de investigação que desejem introduzir plantas do exterior, sugere-se ter em consideração as seguintes atitudes: 1) estar certo da inexistência do germoplasma no país; 2) não efetuar a introdução sem o consentimento das autoridades fitossanitárias; 3) somente introduzir a quantidade essencial para a pesquisa ou início de uma nova cultura; 4) somente realizar introduções de coleções numerosas paulatinamente, afim de facilitar a inspeção de quarentena; 5) escolher germoplasma, preferencialmente de regiões isentas de pragas exóticas, selecionando o acesso de países e instituições que se preocupem com a questão fitossanitária; 6) realizar preliminarmente uma pesquisa bibliográfica; 7) preferir a introdução na forma de cultura *in vitro* ou sementes, as quais apresentam menor grau de risco de portarem pragas, do que estacas, rizomas e outros propágulos; 8) dar atenção fitossanitária especial ao germoplasma oriundo de expedições científicas de coleta, mesmo nas realizadas no próprio país; 9) quarentenar os acessos em local isolado de outras espécies do mesmo gênero; 10) estabelecer regras quarentenárias a serem contempladas pela introdução de recursos fitogenéticos, entre diferentes áreas ecogeográficas de um país, para refletir na redução do risco da introdução de pragas exóticas; 11) propor e pesquisar o manejo sob o conceito de risco mínimo, ao invés de risco zero;
- f) sugere-se que todos países busquem implementar uma infraestrutura mínima de quarentena. Cada país do Cone Sul poderia construir um quarentenário idealizado, com apoio internacional. As instituições governamentais, universidades, jardins botânicos, empresas e agricultores, que trabalham com pesquisa científica, têm a obrigação de zelar pela segurança fitossanitária do germoplasma introduzido. Tal zelo refere-se a efetuarem as introduções via quarentenários, quer sejam federais, estaduais ou particulares, desde que devidamente autorizados. Um quarentenário deve ser de fácil intervenção ou assistência,

portanto, deve ser construído próximo aos especialistas em fitossanidade (bactéria, fungo, genética molecular, inseto, nematóide, patologia de semente, plantas daninhas, vírus e viróides, e microscopia eletrônica), e em fitotecnia. Deve-se lembrar que o auxílio dos pesquisadores fitotecnistas, especialistas na cultura, são essenciais no auxílio à condução das plantas em quarentena. Além disso, o quarentenário deve estar localizado próximo a aeroportos, portos ou correios e possuir meios de comunicação adequados. Como conciliar tudo isto é uma tarefa muito difícil, infraestrutura e equipe de apoio, sugere-se o uso de bom senso, em busca de uma solução que seja aceita pela comunidade científica local;

- g) melhorar a capacitação dos técnicos responsáveis pelos serviços quarentenários de cada país, assim como o do pessoal de apoio que realiza as diferentes tarefas no processo de quarentena;
- h) levar aos serviços de sanidade vegetal a preocupação de que a quarentena requer uma série de cuidados especiais, diferentes dos tomados com o germoplasma comercial:
 - 1) a dimensão da amostra deve ser adequada para representar a variabilidade genética que caracteriza o acesso;
 - 2) os procedimentos de inspeção sanitária devem ser organizados para preservar a estrutura genética da amostra;
 - 3) os procedimentos de quarentena devem permitir a eliminação de amostras, somente em situações extremas;
- i) após o período de quarentena, recomenda-se que sejam tomados os seguintes cuidados com o material original:
 - 1) em material clonado, com exigência pra isenção de vírus, deve-se liberar somente o indexado;
 - 2) liberar, quando possível, somente o germoplasma inspecionado na quarentena, eliminando-se o material original;
 - 3) procurar plantar, no mínimo, em uma área onde não se compartilhe de uma mesma espécie ou gênero e, de preferência, em uma casa-de-vegetação;
 - 4) dar continuidade às observações na pós-quarentena, jamais se esquecendo de que sempre existirá a possibilidade de ocorrência de erros durante a quarentena e, portanto ainda poderá ocorrer o escape de uma praga exótica.

Conclusões

Seria desejável observar as seguintes conclusões e recomendações efetuadas por Giacometti (1995): 1) a introdução ordenada e sistemática, de germoplasma vegetal, constitui estratégia segura e efetiva de se enriquecer a variabilidade genética das plantas cultivadas, sendo indispensável aos programas de melhoramento e pesquisas correlatas; 2) para se garantir o êxito na doação de germoplasma de fontes externas, deve-se considerar que ocorrem restrições e que solicitações criteriosas envolvendo intercâmbio constituem importante estratégia para o êxito; 3) inspeções cuidadosas, tratamento e quarentena de pós-entrada constituem medidas para minimizar os riscos da introdução de pragas exóticas e para garantir o máximo de segurança.

Bibliografia

- BRANCO, M.C.; REIFSCHNEIDER, F.J.B. 1989. Índice de patógenos de sementes de hortaliças não detectados no Brasil.. Documento 3. , EMBRAPA-CNP Hortaliças. Brasília. 19p.
- FERRARI, W.A. 1989. Quarentena: inspeção e controle. s.n.t. 3p. Palestra apresentada no I Curso Internacional sobre Tecnologia de Sementes para Bancos de Germoplasma., CENARGEN. Brasília.
- FONSECA, J.N.L. 1982. Sistema de introdução e quarentena e aspectos da legislação fitossanitária. s.n.t. 10p. Palestra proferida no CENARGEN. Brasília.
- GIACOMETTI, D.C. 1995. Intercâmbio de germoplasma de hortícolas: regulamentação e procedimentos. Rev. Bras. Hort. Orn., 1:(1) 40-47.
- LEÓN, J. 1990. Utilização e intercâmbio de recursos genéticos na América Latina. **In:** Passos, F.A. Anais do I - Simpósio latino-americano sobre recursos genéticos de espécies hortícolas., Fundação Cargill. Campinas. 170-177p..
- MORALES, E.A.V. 1994. Princípios de documentação para recursos genéticos vegetais. **In:** Workshop para líderes de projetos que envolvem bancos de germoplasma vegetal. CENARGEN. Brasília. 12p.
- VEIGA, R.F.A. et al. 1992. O sistema de introdução e quarentena de plantas do Instituto Agrônomo e os procedimentos necessários ao intercâmbio de germoplasma. Documentos IAC, 23. Instituto Agrônomo. Campinas. 20p.
- VEIGA, R.F.A. 1997. Importância da Sanidade Vegetal na Introdução de Plantas Ornamentais. **In:** Almeida, I.M.G., Malavolta JR., V.A. & Imenes, S.DE L. Problemas Fitossanitários em Plantas Ornamentais., Instituto Biológico. Campinas. (1-11) 1997.
- WETZEL, M.M.V.S. 1989. Patologia de sementes. s.n.t. 27p. Palestra apresentada no I Curso Internacional sobre Tecnologia de Sementes para Bancos de Germoplasma. CENARGEN. Brasília.

Conservación *in situ* de los recursos fitogenéticos

por Mercedes Rivas *

Introducción

La conservación *in situ* de la diversidad biológica se realiza en las áreas en que ésta ocurre naturalmente, procurando mantener la diversidad de los organismos vivos, sus hábitats y las interrelaciones entre los organismos y su ambiente (Spellerberg; Hargis, 1992).

La conservación *in situ* de los ecosistemas, las comunidades vegetales o las áreas agrícolas es imprescindible para la conservación de los recursos fitogenéticos. Sin embargo, la primera no necesariamente garantiza la segunda. (Frankel, Brown, Burdon, 1995). La conservación de los recursos fitogenéticos tiene por objetivo conservar la variación genética entre y dentro de poblaciones de especies particulares. Las estrategias de conservación *in situ* comprenden la del ambiente y la de los recursos fitogenéticos, las cuales son complementarias, no idénticas y requieren de abordajes metodológicos diferentes. La conservación de ejemplares de una especie es diferente de la conservación de la diversidad de esa especie, sin embargo ambos objetivos requieren que se conserve el ambiente. También son necesarios planes de monitoreo y de manejo específicos, que permitan el mantenimiento de la diversidad genética a través del tiempo, obviamente en el marco de la conservación del ambiente físico, biótico y cultural que le ha dado lugar.

El concepto de conservación *in situ* es equivalente al de conservación dinámica, dado que la evolución de las especies vegetales, incluyendo los pools génicos secundarios y terciarios, continúa en el ambiente en que se han desarrollado. También es parte integral de este concepto de conservación dinámica, la continuidad de los procesos de coevolución (planta – herbívoro, planta – patógeno, planta – plaga, planta – microorganismo, etc.).

La conservación *in situ* de la biodiversidad y de los recursos fitogenéticos son parte fundamental de una estrategia destinada a mantener y mejorar la calidad de vida en el planeta. Desde el punto de vista del desarrollo de la agricultura, la conservación *in situ* es un pilar fundamental en que se basa cualquier propuesta de desarrollo sostenible, cobrando aún mayor relevancia ante la perspectiva del Cambio Climático Global, en que se requerirán nuevas adaptaciones de las plantas (Parry, 1992; Prance, 1997). La preocupación e implementación de programas o proyectos de conservación *in situ* de los recursos fitogenéticos en el mundo es relativamente reciente, básicamente a partir de los años 90; acompañando los cambios de paradigmas impulsados desde los ámbitos dedicados a la conservación y

* Ing. Agr. MsC. Prof. Adj.
Recursos Fitogenéticos.
Facultad de Agronomía.
Universidad de la República
Oriental del Uruguay.
e-mail: mrivas@fagro.edu.uy

utilización sostenible de la diversidad biológica. El Convenio sobre Diversidad Biológica (1992) plantea claramente el papel estratégico de la conservación *in situ*, estableciendo que las medidas de conservación *ex situ*, deberán adoptarse a los efectos de complementar las medidas *in situ*.

En el Informe sobre el estado de los recursos fitogenéticos en el mundo (FAO, 1998), se señala la necesidad de establecer:

- a) medidas específicas de conservación para las plantas silvestres afines de las cultivadas y productoras de alimentos en sus ambientes naturales;
- b) el ordenamiento sostenible de pastizales, bosques y otras zonas sometidas a la explotación de recursos;
- c) y la conservación de variedades locales en fincas y huertos domésticos.

Concomitantemente, el Plan de Acción Mundial de FAO (1996b) recoge las nuevas propuestas y desafíos para la conservación y la utilización sostenible de los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura, estableciendo como una de sus cuatro grandes prioridades, la conservación y mejoramiento *in situ*. Las cuatro áreas de interés son las siguientes:

- a) estudio e inventario de los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura;
- b) apoyo a la ordenación y mejoramiento en fincas de los recursos fitogenéticos;
- c) asistencia a los agricultores en casos de catástrofe para restablecer los sistemas agrícolas;
- d) promoción de la conservación *in situ* de las especies silvestres afines de las cultivadas y las plantas silvestres para la producción de alimentos.

El ámbito de las actividades de conservación *in situ* de recursos fitogenéticos es el de la conservación de variedades locales o criollas en el caso de las especies cultivadas y de la conservación de especies silvestres que se consideren recursos fitogenéticos. La utilización sostenible es un componente importante de los programas de conservación dinámica, pudiendo integrarse en la mayoría de los casos usos agrícolas, de ecoturismo, de desarrollo de nuevos productos, etc. El desarrollo de estrategias que apuesten a la conservación – utilización de los recursos fitogenéticos es un objetivo mayor propuesto desde los ámbitos de FAO, del CDB y la Agenda 21.

Antecedentes

En la década de los 60, las actividades mundiales en recursos fitogenéticos se iniciaron en torno a la ocurrencia de fenómenos importantes de erosión genética de las principales especies alimenticias, dadas principalmente por la sustitución de variedades locales por cultivares modernos. Esta etapa, surgida como consecuencia de la llamada Revolución Verde en la agricultura, tenía como premisa la necesidad de coleccionar y conservar *ex situ* los recursos fitogenéticos que inevitablemente se iban a perder y que debían conservarse para las generaciones

venideras. Es bajo esta concepción que se constituyeron las grandes colecciones de germoplasma de los Centros Internacionales y que se crea el IBPGR.

Desde el punto de vista de la conservación, es indudable que la conservación de los recursos fitogenéticos en el lugar en que éstos han evolucionado y/o han sido seleccionados por generaciones de agricultores, es el mecanismo que permite que la evolución de las plantas continúe y que favorece la diversidad de ecosistemas, especies, poblaciones y genes en la naturaleza. En cambio, la conservación *ex situ*, sea mediante la conservación de semillas, *in vitro* o en jardines de introducción, 'congela' la diversidad genética y la retira de su ambiente natural. Sin embargo, la óptica de la conservación *in situ* no es antagónica, sino complementaria a la de la conservación *ex situ*. La conservación *ex situ* cumple un papel indiscutible en el mejoramiento genético tradicional y la investigación en biología vegetal, dado que es imprescindible que los científicos dispongan de las colecciones de recursos fitogenéticos para su trabajo. El nuevo enfoque acentúa el hecho de que la conservación *ex situ* debe considerarse prioritaria para aquellos casos en que no existen posibilidades de mantener efectivamente los recursos fitogenéticos en la naturaleza.

En el pasado reciente, los fitomejoradores no estaban interesados en la conservación de los ecosistemas, las especies y las poblaciones. Paralelamente, los ambientalistas no tenían ningún interés en los recursos fitogenéticos. Esta situación ha cambiado, existiendo en los últimos años una concientización creciente en torno a que ambos aspectos son interdependientes y forman un todo (Lleras, 1991).

Si bien los seis países del Cono Sur cuentan con sistemas nacionales de áreas protegidas, éstas mayoritariamente no están destinadas específicamente a la conservación de los recursos fitogenéticos (PROCISUR, 1999). Muchas de las áreas protegidas son elegidas por criterios paisajísticos y ecológicos, no incluyendo necesariamente las especies que son recursos fitogenéticos ni utilizando criterios genéticos de las especies. A modo de ejemplo, alcanza con ver que determinados ecosistemas, como el de la pradera natural – de gran importancia ecológica y con valiosos recursos fitogenéticos forrajeros en la región, no suelen estar incluidos en las áreas protegidas de nuestros países. Esta problemática ha sido detectada específicamente en el *Workshop Bases para Conservacao da Biodiversidade do Estado de Sao Paulo*, en que se planteó la necesidad de realizar un relevamiento del grado de representatividad ecológica de las unidades de conservación (Wey De Brito et al., 1999). Por otra parte, en aquellos casos en que la especie de interés está en un área protegida, no se cumple necesariamente que sean las poblaciones que demográfica y genéticamente presenten mayor interés para su conservación, ni se llevan adelante planes de manejo específicos para la conservación de la diversidad genética.

Acorde a Maxted; Ford-Lloyd; Hawkes (1997 a), se distinguen tres tipos de conservación *in situ* de los recursos fitogenéticos:

- a) la conservación en granjas o fincas (*on – farm conservation*), dirigida al mantenimiento de las variedades locales o criollas en los sistemas agrícolas tradicionales. Esta técnica de conservación, sólo recientemente reconocida por los científicos, ha sido practicada por los agricultores desde hace milenios. La misma permite también la conservación de especies ruderales y de malezas asociadas a los cultivos;
- b) la conservación en quintas (*home garden*) también propone la conservación *in situ* en zonas agrícolas, pero se refiere a áreas menores, involucrando la conservación de ornamentales, frutales, medicinales, aromáticas, que típicamente se plantan para el uso doméstico y que es llevada adelante mayoritariamente por mujeres;
- c) la conservación de especies silvestres en sitio/s representativos de la diversidad genética, sea en bosques, praderas, etc. Las especies silvestres que se consideran para la conservación *in situ* son básicamente las arbóreas, las forrajeras, las medicinales, las emparentadas a las cultivadas, las especies en peligro y aquellas *keystone* o emblemáticas para los ecosistemas (Frankel, Brown, Burdon, 1995).

El nombre 'Reservas Genéticas' se utiliza normalmente para las áreas de conservación *in situ* de especies silvestres, aunque también es empleado como nombre común para designar cualquier método de conservación *in situ* de recursos fitogenéticos. El término GRMU - *Genetic Resources Management Units* (Unidades de conservación de recursos genéticos), desarrollado especialmente para la designación y descripción de las unidades espaciales en que se conservan recursos fitogenéticos forestales (Williams, 1997), también es actualmente utilizado como sinónimo de reservas genéticas.

Las Reservas Genéticas, ya sean de especies silvestres o cultivadas o como categoría específica de Área Protegida para la conservación de los recursos fitogenéticos, no han sido básicamente planificadas ni puestas en funcionamiento en la región. Los vínculos entre la conservación del ambiente, comúnmente a cargo de los ministerios del ambiente, y la conservación de los recursos fitogenéticos, a cargo de los ministerios de agricultura u otro tipo de instituciones agrícolas, no están aún claramente establecidos.

Esta situación ha llevado a que algunos autores planteen la necesidad de contar con un sistema independiente de conservación para los recursos fitogenéticos (Frankel; Brown; Burdon, 1995); mientras que otros plantean enfáticamente que sería un absurdo, especialmente financiero, sostener dos sistemas independientes (Lleras, 1991). El camino más lógico parece ser el de incluir a las Reservas Genéticas como categoría específica de Área Protegida, como se ha logrado establecer en Brasil mediante un acuerdo entre EMBRAPA y el IBAMA, con financiación del GEF.

Las Reservas Genéticas, dependiendo de los recursos fitogenéticos a conservar, podrían establecerse en Áreas Protegidas ya existentes o en áreas nuevas establecidas para tales fines. Esta última opción se plantea especialmente para las áreas de diversidad agrícola, las cuales en general no están representadas en las Áreas Protegidas actuales. Sin embargo, debe destacarse que en las zonas buffer y de transición de las Reservas de Biosfera, comúnmente se encuentran sectores agrícolas. Ello permitiría conjugar las estrategias de conservación del ambiente y de los recursos fitogenéticos, favoreciendo la promoción de prácticas de desarrollo agrícola sostenible (Bridgewater, 1992).

Reservas genéticas de especies silvestres

La planificación y puesta en funcionamiento de las Reservas Genéticas de especies silvestres implica la definición de las especies a conservar, la localización, tamaño, forma, corredores y manejo de la o las áreas a establecer. El desarrollo de la biología de la conservación, como disciplina de síntesis que aplica principios de Ecología, Biogeografía, Genética de Poblaciones, Economía, Sociología, Antropología y otras disciplinas, es la respuesta de la comunidad científica ante la crisis de la biodiversidad desde la década de los 80 (Meffe; Carrol, 1997). El enfoque de la Biología de la Conservación cumple con el abordaje interdisciplinario necesario para resolver adecuadamente el tema, aspecto señalado como prioritario por Hawkes; Maxted; Zohary, 1997.

Dependiendo de que la especie tenga una distribución geográfica amplia o restringida, de la fragmentación de hábitats, de la densidad de individuos por unidad de superficie, de la heterogeneidad ambiental en que la especie se desarrolla y de la diversidad genética de la especie, se podrán plantear una o varias reservas con mayor o menor tamaño. La prioridad es capturar la variabilidad central de la especie a conservar, dependiendo el número de estos núcleos de la variación de los patrones regionales y de la dinámica de metapoblaciones. Para definir el emplazamiento de las Reservas también es muy importante la información sobre la salud de la comunidad o ecosistema que permitan la conservación, siendo indicadores de la misma la presencia de polinizadores, dispersores de semillas, micorrizas, etc.

La unidad de conservación es la mínima población viable, definida como la población de menor tamaño que permite su sobrevivencia por 100 años con un 99% de probabilidad (Shaffer, 1981). El tamaño efectivo de una población que asegura la conservación de la diversidad genética por un período indefinido de tiempo puede estimarse entre 500 y 5000 individuos (Hawkes; Maxted; Zohary, 1997). Dicho tamaño permitiría enfrentar un riesgo mínimo de extinción o extirpación por fluctuaciones demográficas, variaciones ambientales y catástrofes potenciales. Este concepto fue tomado en el artículo 8(d) del Convenio sobre Diversidad Biológica, planteando que las partes promoverán la

protección de ecosistemas y hábitats naturales y el mantenimiento de poblaciones viables de especies en entornos naturales.

La conservación *in situ* incluye las actividades de reintroducción. Cuando la viabilidad de las poblaciones está en riesgo, la propagación artificial de plantas contemplando la diversidad genética y su posterior reintroducción en los ambientes naturales, ha sido planteada (artículo 8(f) del CDB), existiendo experiencias incipientes en ese sentido. También la restauración del ambiente puede ser necesaria en algunas situaciones, como por ejemplo la reintroducción de insectos polinizadores y dispersores de frutos y semillas.

Es indudable que el desarrollo de una estrategia de conservación *in situ* requiere de un impulso fuerte a la generación de conocimientos. En el Informe de FAO sobre el estado de los recursos fitogenéticos en el mundo se plantean como prioridad los estudios e inventarios de especies, distribución geográfica y ecológica y monitoreo del estado de conservación, siendo áreas básicas en que se debe apoyar cualquier propuesta. Otras tres áreas temáticas fundamentales a incluir son la ecología de ecosistemas, la biología de poblaciones y el funcionamiento y manejo de las Reservas Genéticas. En el Encuentro sobre Pesquisa em Unidades de Conservacao, realizado en San Pablo en 1997, se concluyó sobre la importancia de definir prioridades de investigación científica que permitan obtener información en el corto plazo para apoyar el manejo de las unidades (Wey De Brito et al., 1999), debiendo ser éste uno de los aspectos centrales de los programas de investigación, la resolución de los aspectos prácticos de la conservación *in situ*.

Desde la óptica de la gestión de las reservas también son necesarias la generación de conocimientos y formación de recursos humanos en las ciencias sociales y el manejo integrado de las áreas, dado que indudablemente ninguna reserva puede funcionar ajena al entorno socio-económico-productivo en que se encuentre, considerando especialmente el hecho que la tenencia de la tierra es mayormente privada. La búsqueda de alternativas productivas que se deriven de la utilización de los recursos fitogenéticos de especies silvestres es un camino promisorio para lograr la conservación y desarrollo sostenible.

Los planes de manejo de las Reservas Genéticas podrán incluir, entre otros, los siguientes aspectos: niveles de exclusión de gente, quema o protección contra el fuego, exclusión o inclusión de herbívoros, remoción de especies exóticas, propagación asistida, reintroducciones, etc. (Maxted; Guarino; Dulloo, 1997b).

Lleras (1991) distingue cuatro categorías de manejo para las Reservas Genéticas:

- a) poco o ningún manejo: para especies silvestres con escasa utilización humana;
- b) manejo moderado: para especies silvestres usadas por las comunidades con un mínimo de disturbio (reservas extractivistas);
- c) manejo intermedio: por ejemplo para pasturas;
- d) manejo intensivo: para especies domesticadas.

Existen algunos ejemplos internacionales de conservación *in situ* de recursos fitogenéticos, mencionándose la conservación de árboles frutales silvestres en Alemania, Sri Lanka y la Comunidad de Estados Independientes. También Israel viene desarrollando un proyecto para la conservación del trigo silvestre y Turquía recientemente inició un proyecto en plantas silvestres afines a trigo, cebada y otras especies de interés agrícola (FAO, 1996). Por otra parte, acuerdos como el surgido del proceso de Montreal (1995) sobre criterios e indicadores para la conservación y manejo sustentable de los bosques templados y boreales, han permitido en Canadá y otros países el desarrollo de programas, que basados en criterios demográficos, genéticos y de dinámica de metapoblaciones, permiten la explotación de los bosques manteniendo poblaciones viables.

En la región, Brasil ha iniciado varios proyectos destinados a la conservación *in situ* (Clement, 1997; dos Reis et al., 1997; Gomes et al., 1999; Scariot, 1999; Ferreira y Udry, 1999), principalmente de árboles frutales, palmeras, ornamentales, etc. En Uruguay existen dos proyectos propuestos, el de Conservación Dinámica del Ecosistema Pastoril (Millot, 1987) y el de Conservación *in situ* de la diversidad genética de *Butia capitata* y *Butia yatay* (Rivas, 1997).

Conservación *in situ* de especies cultivadas

En la conservación de especies cultivadas, la unidad de conservación es la granja o quinta, la comunidad local o una región agrícola. Se considera al agroecosistema en su totalidad, siendo el agricultor una parte vital del mismo y sin el cual es imposible la realización de cualquier propuesta de conservación *in situ*, dado que es el responsable de generar y mantener la diversidad agrícola (Qualset et al., 1997).

El papel de la mujer en la selección y conservación de las variedades locales y de los huertos ha sido y es relevante en las comunidades indígenas y campesinas de la región, convirtiéndose también en un elemento importante a tomar en cuenta en cualquier proyecto de esta naturaleza. Dadas estas particularidades, el desarrollo de propuestas debe estar basado en un fuerte componente socio – económico que permita su viabilidad.

Las principales justificaciones para la creación de unidades de conservación son la diversidad alimentaria, la optimización del uso de los recursos, la generación y mantenimiento del trabajo rural y para evitar la migración hacia las ciudades.

El emplazamiento de las áreas de conservación depende de la localización de los cultivos de interés a conservar, de la distribución y diversidad de variedades locales y de factores socio-culturales que permitan la implementación de las unidades de conservación. Para una adecuada planificación de dichas unidades se requiere de dos factores básicos:

- a) conocer que se quiere conservar, su localización, abundancia y distribución de la diversidad genética. La investigación en la biología y ecología de las variedades locales es un requisito para el éxito de las estrategias de conservación, conjuntamente con la investigación en aspectos económicos, socio – culturales y políticos y
- b) establecer un compromiso entre la conservación ideal y las demandas de los agricultores. Los proyectos que se elaboren, para que puedan ser llevados adelante, deben ser aceptados por las comunidades locales y deben ser fáciles de implementar para el agricultor. El control debe estar mayoritariamente en manos de la comunidad y los agricultores y no en manos del gobierno o de las instituciones. Jana (1993) plantea que “Debemos olvidarnos que la conservación *in situ* de las variedades locales es para salvaguardar los materiales genéticos, debe practicarse para el beneficio del agricultor, para mejorar la calidad de vida y asegurar la continuidad de los agroecosistemas”.

Desde el punto de vista genético, la mayoría de las consideraciones son comunes a las planteadas para las especies silvestres, debiéndose considerar particularmente los siguientes elementos en la toma de decisiones: el peligro de empobrecimiento genético de las variedades locales por constituir pequeñas islas en áreas agrícolas sembradas con cultivares modernos, el flujo de intercambio de variedades y el tamaño de las poblaciones (mínima población viable). También es posible la realización de reintroducciones de variedades locales, utilizando los materiales conservados *ex situ*. Los programas de esta naturaleza pueden redundar en beneficios a los agricultores, que por diferentes causas perdieron sus materiales.

La valorización de las variedades locales es uno de los caminos más interesantes para dar sustentabilidad a la conservación en granjas, pudiendo desarrollarse paralelamente bancos genéticos comunitarios, proyectos de mejoramiento genético *in situ* y un apoyo fuerte a las actividades de marketing de los productos de la biodiversidad. También la convivencia de sistemas agrícolas tradicionales y modernos, que permiten la conservación de las variedades locales, ha sido investigada y propuesta como alternativa por Brush (1995).

La conservación de las variedades locales en las granjas es un tema polémico, dado que no se le puede exigir al agricultor que se haga responsable de ello para beneficio de la humanidad sin obtener compensaciones económicas para sí. Esta situación ha llevado a plantear la necesidad de que estos agricultores sean subsidiados u obtengan algún otro tipo de beneficios por prestar ese servicio a la comunidad. Este concepto se relaciona directamente con los Derechos del Agricultor, figura reconocida pero no implementada internacionalmente. El desarrollo de programas de conservación *in situ* de la agrobiodiversidad puede ser utilizado justamente como base para ponerlos en práctica (Brush, 1994).

Un aspecto a revisar en el marco de una política global de conservación de la biodiversidad y de desarrollo sustentable, es la existencia de incentivos, que los gobiernos muchas veces promueven y que atentan contra la agrobiodiversidad, como por ejemplo dar crédito sólo a aquellos agricultores que siembren cultivos modernos. Por otra parte, la creación de incentivos directos o indirectos a los agricultores debe formar parte de una estrategia para establecer áreas de conservación de variedades locales. El establecimiento de programas de mejoramiento con la participación de las comunidades locales es un incentivo indirecto que permite que los agricultores se beneficien rápidamente con los materiales genéticos producto del programa. La selección que realiza normalmente el agricultor es estabilizadora, con un muy escaso progreso genético. Los programas de fitomejoramiento pueden proponer nuevos criterios de selección y técnicas de selección, crear poblaciones segregantes o producir mezclas de variedades locales, mejorando los materiales y manteniendo la diversidad genética y la adaptación.

La conservación en quintas y huertos, que involucra a especies hortícolas, frutales, medicinales, condimentos, etc., presenta en términos generales las mismas características biológicas y sociales que la conservación en granjas o fincas; sin embargo en esta área no existe prácticamente experiencia generada.

En el nivel internacional existen programas importantes en Perú para papa, en México para maíz, en Tailandia para arroz y en Italia para *Triticum monococcum* y *T. dicoccum*. Los antecedentes de conservación *on farm* en la región son escasos, destacándose el caso de Bolivia que ha realizado experiencia en cuatro proyectos con la participación de las comunidades locales (FAO, 1996). En Brasil existen algunas experiencias con la participación de EMBRAPA, comunidades indígenas y ONGs. En Argentina recientemente se comenzó un proyecto que complementa la conservación *in situ* con conservación *ex situ* de variedades locales de papa del noroeste argentino, del que participan el INTA, universidades y varias cooperativas que nuclea a las comunidades locales de agricultores.

Estrategia propuesta

En primer término, se proponen puntos estratégicos globales para el desarrollo e implementación de la conservación *in situ* en los países de la región y en segundo término puntos particulares para especies cultivadas y silvestres.

- a) Incluir y promover en los programas nacionales de recursos fitogenéticos a la conservación *in situ* como un elemento estratégico clave para la conservación y la utilización sostenible;
- b) fomentar la comunicación y las interacciones entre los actores de la conservación del medio ambiente y la conservación de los recursos fitogenéticos;
- c) establecer contactos formales con las autoridades de los Sistemas Nacionales de Áreas Protegidas para que las Reservas Genéticas sean incluidas como una categoría

- específica dentro del Sistema Nacional, proponiendo la revisión de la representatividad de ecosistemas y comunidades vegetales de las Áreas Protegidas existentes, y estableciendo indicadores de diversidad genética;
- d) proponer la inclusión de áreas de conservación *in situ* de recursos fitogenéticos en el marco de las Reservas de Biosfera;
 - e) promover y realizar actividades educativas conjuntas con los actores de las áreas protegidas, en particular sobre la conservación de los recursos fitogenéticos y los riesgos de erosión genética;
 - f) establecer vínculos con las oficinas y técnicos responsables del ordenamiento territorial y la planificación agropecuaria en el país y los departamentos, provincias, etc.; de modo que las áreas de conservación se integren en los planes respectivos;
 - g) trabajar en la formulación de incentivos y propuestas de desarrollo de la agricultura, que permitan la realización de acuerdos con empresarios privados que poseen las tierras en que se encuentran los recursos fitogenéticos que se planea conservar *in situ*;
 - h) analizar y proponer la derogación de incentivos que atenten contra la conservación de la diversidad genética;
 - i) estudiar y promover incentivos directos e indirectos para la conservación *in situ* de los recursos fitogenéticos, como forma de implementar los Derechos del Agricultor;
 - j) incluir en las evaluaciones de impacto ambiental de los proyectos de investigación y desarrollo, los efectos de las pérdidas de la diversidad genética de especies cultivadas y silvestres;
 - k) realizar estudios sobre la biología y ecología de las variedades locales y recursos fitogenéticos de especies silvestres, los conocimientos locales o tradicionales (etnobotánica) y la contribución de la diversidad a la seguridad alimentaria y conservación del medio ambiente;
 - l) dar especial importancia a la capacitación científico – técnica en biología de la conservación, valoración de los recursos fitogenéticos y manejo de las Reservas Genéticas.

Conservación en granjas o fincas de variedades locales y conservación en huertas

- a) Realizar y actualizar inventarios que permitan identificar las variedades locales, distribución geográfica, diversidad genética, riesgos de erosión, sistema productivo y situación económica, social y cultural de la región o comunidad en que éstas se encuentran;
- b) definir prioridades para el establecimiento de áreas de conservación *in situ*, de modo que en el corto plazo los países cuenten con alguna/s experiencias piloto;

- c) desarrollar programas de conservación *in situ* que en su planificación, puesta en marcha y gestión, integren a los distintos actores académicos, sociales y gubernamentales; con un particular énfasis en la participación de los agricultores;
- d) los proyectos deben tener una fuerte componente destinada a la valoración de las variedades locales, como el desarrollo y marketing de mercados específicos, el apoyo a la producción de semillas y la creación de programas de mejoramiento *in situ* que faciliten la conservación y permitan mejorar la calidad de vida de los agricultores;
- e) desarrollar estrategias complementarias de conservación, que faciliten la reintroducción de variedades locales;
- f) promover la realización de programas de conservación en huertos o quintas, conjuntamente a alternativas productivas familiares o locales.

Conservación de especies silvestres

- a) Definir las especies silvestres en las cuáles es necesario establecer reservas genéticas, acorde a criterios de diversidad genética, distribución, riesgos de erosión, valor real y potencial de las mismas y utilización por comunidades y población en general;
- b) colaborar con los organismos responsables en la elaboración de listas rojas, que permitan un mejor conocimiento del estado de conservación de las especies silvestres, facilitando la toma de decisiones;
- c) establecer prioridades para implementar en el corto plazo algunas reservas genéticas, de ser posible en diferentes tipos de especies (ej: frutales, forrajeras, medicinales, especies emparentadas a las cultivadas), de forma de iniciar la generación de conocimientos y experiencias en el diseño y manejo de las mismas;
- d) integrar desde el inicio de la planificación y puesta en marcha de las reservas genéticas, a los sectores productivos y a los sectores sociales en general;
- e) desarrollar programas integrales que incluyan estudios de biología de la conservación, manejo de las reservas, valoración y utilización sostenible;
- f) atender las necesidades de conservación y utilización de los recursos fitogenéticos, enfatizando el desarrollo paralelo de programas de valoración que puede incluir el desarrollo de mercados de la biodiversidad, el desarrollo de nuevos productos, la domesticación y mejoramiento genético, el ecoturismo, etc.;
- g) analizar y proponer si fuera necesario la realización de proyectos de reintroducción de recursos fitogenéticos y de restauración/rehabilitación de hábitats de las especies.

Bibliografía

- BRIDGEWATER, P. 1992. Strengthening Protected Areas. **In:** WRI, IUCN, UNEP. Global Biodiversity Strategy. pp. 117 - 132
- BRUSH, S. B. 1994. Providing farmers' rights through *in situ* conservation of crop genetic resources. Commission on plant genetic resources, background study paper Nº 3. 46 p.
- BRUSH, S. B. 1995. *In situ* conservation of landraces in centers of crop diversity. Crop. Sci. 35: 346 – 354.
- CLEMENT, C. R. 1997. A conservação *in situ* das fruteiras da Amazonia. **In:** I Simposio Latino – Americano de Recursos Geneticos vegetais. Programas y Resumos. Brasil.
- DOS REIS, M.S, et al. 1997. Manejo de recursos geneticos no dominio da floresta Atlantica. **In:** I Simposio Latino – Americano de Recursos Geneticos vegetais. Programas y Resumos. Brasil.
- FAO, 1996. Plan de Acción Mundial para la conservación y la utilización sostenible de los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura. Roma. Italia.
- FAO, 1998. Informe sobre el estado de los recursos fitogenéticos en el mundo. Roma. Italia.
- FERREIRA, W.F., UDRY, M.C.F.V. 1999. Criterios para estabelecer uma Reserva Genetica. **In:** II Simposio de Recursos Genéticos para América Latina e Caribe. SIRGEALC. Brasil.
- FRANKEL, O.H.; BROWN, A.H.D.; BURDON, J.J. 1995. The conservation of plant biodiversity. Cambridge University Press. 299 p.
- GOMES, G.S., SANTOS, D.S., AULER, N.M.F., PUCHALSKI, A., REIS, M.S., NODARI, R.O. 1999. Estrategias de conservação e manejo da floresta ombrofila mista. **In:** II Simposio de Recursos Genéticos para América Latina e Caribe. SIRGEALC. Brasil.
- HAWKES, J.G., MAXTED, N.; ZOHARY, D.. 1997. Reserve design. **In:** Maxted, N.; Ford-Lloyd, B.V. and J. G. Hawkes. Plant Genetic Conservation. The *in situ* approach. Chapman & Hall. pp. 132 – 143.
- JANA, S. 1993. Utilization of biodiversity from *in situ* reservesk with special reference to wild wheat and barley. **In:** A. B. Damania. Biodiversity and wheat improvement. John Wiley, Chichester.
- LLERAS, E. 1991. Conservación de Recursos Genéticos *in situ*. Diversity 7(1-2): 78-81
- MAXTED, N.; FORD-LLOYD, B.V.; HAWKES, J. G. 1997. Complementary conservation strategies. **In:** Maxted, N.;

- Ford-Lloyd, B.V. and J. G. Hawkes. Plant Genetic Conservation. The in situ approach. Chapman & Hall. pp. 15 – 39.
- MAXTED, N.; GUARINO, L.; DULLOO, M. E.. 1997. Management and monitoring. **In:** Maxted, N.; Ford-Lloyd, B.V. and J. G. Hawkes. Plant Genetic Conservation. The in situ approach. Chapman & Hall. pp. 144 – 159.
- MEFFE, G.K., CARROLL, C.R. 1997. What is Conservation Biology? **In:** Meffe, G.K., Carroll, C.R. and contributors. Principles of Conservation Biology. Sinauer Associates, Inc. Publishers. pp. 3 - 27.
- MILLOT, J. C. 1987. Conservación dinámica del ecosistema pastoril.
- ONU. 1992. Convenio sobre Diversidad Biológica. Río de Janeiro. Brasil.
- ONU. 1992. Agenda 21. Rio de Janeiro. Brasil
- PARRY, M. 1992. The potential effect of climate change on agriculture and land use. Advances in Ecological Research Vol. 22: 63 – 91.
- PRANCE, G.T. 1997. The conservation of botanical diversity. **In:** Maxted, N.; Ford-Lloyd, B.V. and J. G. Hawkes. Plant Genetic Conservation. The *in situ* approach. Chapman & Hall. pp. 3 – 14.
- PROCESO DE MONTREAL. 1995. <http://www.iisd.ca/linkages/forestry/mont.html>
- PROCISUR, 1999. Avances de investigación en Recursos Genéticos en el Cono Sur. Diálogo LV. 162 p. Montevideo. Uruguay.
- QUALSET, C. O., DAMANIA, A. B., ZANATTA, A.C.A.; BRUSH, S. B. 1997. Locally based crop plant conservation. **In:** Maxted, N.; Ford-Lloyd, B.V. and J. G. Hawkes. Plant Genetic Conservation. The *in situ* approach. Chapman & Hall. pp 160 – 175.
- RIVAS, M. 1997. Diversidad genética en *Butia capitata* y *Butia yatay*. **In:** II Seminario Nacional sobre Recursos Fitogenéticos. I Seminario Nacional sobre Biodiversidad vegetal. Uruguay.
- SCARIOT, A.O. 1999. Conservacao in situ de recursos geneticos em florestas decíduais. **In:** II Simposio de Recursos Genéticos para América Latina e Caribe. SIRGEALC. Brasil.
- SHAFFER, M. L. 1981. Minimum population sizes for species conservation. Bioscience 31: 131 – 134.
- SPELLERBERG, I.F.; HARDES, S.R. 1992. Biological Conservation. Cambridge University Press.

WEY DE BRITO, M. C. et al. 1999. Unidades de conservacao. **In:** Joly, C.A. & Bicudo, C. E. de M. (orgs.). Biodiversidade do Estado de Sao Paulo. FAPESP. Brasil. 3-46.

WILLIAMS, J.T. 1997. Technical and political factors constraining reserve placement. **In:** Maxted, N.; Ford-Lloyd, B.V.; Hawkes, J. G.. Plant Genetic Conservation. The *in situ* approach. Chapman & Hall. pp. 88 – 98.



Conservación de recursos fitogenéticos *ex situ*

por Ivette Seguel Benítez *

Introducción

Los sistemas de conservación *ex situ* surgen como una medida complementaria a los mecanismos de conservación *in situ*, orientados principalmente a resguardar el material genético de las especies de importancia para el mejoramiento genético, la industria alimenticia, farmacéutica, maderera, etc, permitiendo la conservación de especies vulnerables a procesos de erosión genética. La conservación *ex situ* se refiere al mantenimiento de los organismos fuera de su hábitat natural, conservando las especies amenazadas y los recursos genéticos en bancos de semillas, bancos genéticos *in vitro*, bancos de genes, colecciones de campo y jardines botánicos.

En el artículo 9 del Convenio de Diversidad Biológica (CDB) se establece la necesidad de adoptar medidas para la conservación *ex situ* de los componentes de la diversidad biológica, estableciendo y manteniendo las instalaciones adecuadas para su conservación, así como la investigación requerida para su correcto desarrollo y el suministro de apoyo financiero o de otra naturaleza que la misma requiera (ONU, 1992).

En su segundo capítulo, el Plan de Acción Mundial (PAM) para la conservación y la utilización sostenible de los recursos fitogenéticos para la alimentación y la Agricultura, establece la conveniencia de conceder la máxima prioridad a la salvaguarda de la mayor cantidad posible de la valiosa diversidad de características únicas existentes en las colecciones *ex situ* de recursos fitogenéticos, fomentando y consolidando la cooperación entre los programas nacionales y las instituciones internacionales para el mantenimiento de dichas colecciones (FAO, 1996).

Antecedentes

Métodos y técnicas de conservación

Existen variadas estrategias de conservación de recursos fitogenéticos, las cuales dependerán básicamente, del tipo de germoplasma y de los objetivos de la conservación. La conservación en si, no se limita a la consecución y posesión física de los materiales (recolección y almacenamiento) sino que requiere asegurar la existencia de éstos en el tiempo en condiciones viables y con sus características genéticas originales (Jaramillo; Baena 2000).

Antes de definir el método de conservación es importante recordar que existe una gran cantidad de especies vegetales y, por lo mismo, distintos sistemas de reproducción que estarían

* Coordinadora Nacional Programa Recursos Genéticos, Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) Chile y Coordinadora Nacional (Chile) del Subprograma Recursos Genéticos del PROCISUR
lseguel@carillanca.inia.cl

indicando cual sería el método más eficiente de conservación. Con respecto a los sistemas de conservación, es posible mantener el germoplasma en forma de semillas, en campo o *in vitro*. Al respecto, Harrington (1972), señala que en el caso de las especies que se reproducen por semillas es posible obtener un aumento de la longevidad de los materiales conservados, disminuyendo la temperatura y humedad relativa en el almacenaje. A las semillas que responden adecuadamente a este tratamiento, Robert (1973), las denominó 'ortodoxas', y se identifican en cereales, leguminosas, oleaginosas, forrajeras, entre otras; en cambio, a aquellas semillas que no toleran estas condiciones, las denominó 'recalcitrantes', siendo el caso de especies como el caucho, cacao, palma, especies forestales tropicales, frutos tropicales y algunos frutales de climas templados (Whithers, 1980).

Las semillas se pueden conservar durante diferentes períodos, largo, mediano y corto plazo. La conservación a largo plazo en los bancos base es posible si las condiciones de mantención en las cámaras aseguran una temperatura entre -10°C y -20°C, la semilla presenta un contenido de humedad entre 3 y 7% y un porcentaje de germinación no inferior a 85%. Bajo las condiciones señaladas, es posible asegurar una adecuada mantención de los materiales por un periodo que puede fluctuar entre 70 y 100 años.

Si el objetivo de conservación es de mediano plazo en los bancos activos (10 a 20 años), los requerimientos de temperatura de las cámaras fluctúan entre 0 y 15°C, los contenidos de humedad de semilla varían entre 3 y 7%, y el porcentaje de germinación requerido no debe ser inferior a 65% (Cromarty, Hellis y Robert, 1985; Towill y Roos 1989; Engle 1992).

Por otro lado, es importante señalar que existen además, un número no menos importante de plantas que se caracterizan por no producir semilla botánica, teniendo como alternativa de reproducción órganos vegetativos, como tubérculos, rizomas, bulbos, etc. A este grupo pertenecen la papa, el camote, la batata y la yuca, entre otras, todas de propagación agámica. Para estas especies, la alternativa de conservación antes descrita se torna inviable, y por lo tanto son conservadas como colecciones de campo, o por medio de otras técnicas. La conservación en campo, si bien ofrece como ventaja la facilidad de acceso al germoplasma por parte de los fitomejoradores, presenta varias desventajas, como, por ejemplo, requerimiento de espacio, necesidad constante de mano de obra, riesgo de infestación con plagas y enfermedades, daño provocado por catástrofes naturales y pérdida de la integridad genética de las accesiones (Whithers, 1995). Los sistemas de mantención de campo, dificultan además, el intercambio de germoplasma e incrementan la necesidad de procedimientos cuarentenarios. Sin embargo, para especies perennes, especies arbóreas, frutales y forestales, especies heterocigotas y para aquellas de reproducción vegetativa, sigue siendo, la conservación en campo, una buena alternativa, principalmente, según Kosaki et al (1988), por la facilidad de acceso a los materiales.

Las dificultades derivadas de las colecciones de campo y la necesidad de conservar a las especies recalcitrantes, han llevado al desarrollo de metodologías de conservación *in vitro* mediante las cuales un explante, es decir, una parte de la planta (órgano, tejido, célula o protoplasto) se cultiva asépticamente en un medio nutritivo bajo condiciones de luz y temperatura controlada. Entre las ventajas que presenta la mantención *in vitro* destacan la conservación de un gran número de plantas en espacios reducidos, un mayor control sobre el estado fitosanitario de las colecciones, la reducción de los tiempos de multiplicación, la facilidad de intercambio de material genético, e incremento de la tasa de multiplicación clonal de germoplasma valioso.

La desventaja de esta técnica es que requiere de subcultivos periódicos ('repiques'), actividad que dificulta en muchos casos su aplicación (Engelmann, 1997; FAO/IPGRI, 1997). Al respecto se han desarrollado alternativas para prolongar el período de conservación *in vitro*, aumentando de esta forma los tiempos requeridos entre los sucesivos 'repiques'. Entre estas técnicas se maneja la conservación a bajas temperaturas ($\pm 5^{\circ}\text{C}$), el uso de inhibidores de crecimiento, la reducción de tensión de oxígeno, la defoliación de brotes y manipulación de la presión osmótica de los medios de cultivo, entre otros (Lundergan y Janick, 1979; Oka y Niino, 1997).

Otro aspecto importante de considerar con respecto al uso del cultivo *in vitro* como técnica de conservación, es la posibilidad de que se genere variación somaclonal, es decir, alteraciones genéticas de los materiales conservados *in vitro* con respecto a la planta madre, situación no deseada desde el punto de vista de la conservación de germoplasma. Algunas de estas variaciones son hereditables mientras que otras son epigenéticas, del tipo reversible y no hereditarias. La variación somaclonal puede ser atribuida a diversos factores como los medios de cultivo, los reguladores de crecimiento, el tipo de explante y el número de 'repiques' requeridos entre subcultivos. Por lo tanto, es importante manejar los factores que inducen variación somaclonal y evaluar posibles alteraciones, utilizando análisis citológicos y/o moleculares en los materiales conservados *in vitro* (Pierik, 1987; Ashmore, 1997).

Protocolos que permiten la efectiva conservación de germoplasma *in vitro* han sido desarrollados para aproximadamente 37.600 accesiones en el mundo (Ashmore, 1997). Si bien el cultivo *in vitro* elimina los problemas asociados con la conservación en campo, su éxito es función de la eficiencia de la micropropagación y de la mantención de la integridad genética de las colecciones evitando la variación somaclonal (Godwin *et al.*, 1997).

Actualmente, debido a los inconvenientes, tanto técnicos como económicos, de los métodos antes descritos, es que se han derivado crecientes recursos a la búsqueda de otros métodos de conservación, como la criopreservación. En este sentido, se han intensificado los esfuerzos para definir protocolos de criopreservación de germoplasma para diversas especies. La

técnica se basa en la reducción y subsecuente detención de las funciones metabólicas de los materiales biológicos a temperatura del nitrógeno líquido, es decir, a -196°C , manteniendo por períodos indefinidos, la viabilidad de los materiales conservados. Los métodos a utilizar dependerán de la capacidad tecnológica, de la infraestructura disponible, de los objetivos de conservación y de la naturaleza de las especies a conservar (Bajaj, 1995). Según Niino (1993), los tejidos más apropiados para criopreservar son granos de polen, semillas, yemas invernales, meristemas, embriones y callos. La criopreservación ha sido utilizada hasta ahora en aproximadamente 100 especies en el ámbito mundial, lo que permite suponer que en un futuro cercano se convertirá en la metodología de conservación más eficaz, segura y de bajo costo (Bajaj, 1995).

Finalmente, y como objetivo último de la conservación de recursos fitogenéticos, corresponde la preservación de genes a través de segmentos de ADN que codifican la síntesis de una determinada proteína y sus secuencias regulatorias o promotoras. Mediante ADN recombinante es posible conservar directamente el material genético, es decir, secuencias de ADN de interés ya sea como ADN genómico o como fragmentos discretos de ADN clonados y almacenados en *E. Coli*, en lugar de semillas, propágulos vegetativos o material *in vitro* (Adams; Adams, 1992). De este modo se pretende facilitar el uso directo de los genes y las secuencias regulatorias existentes en los recursos genéticos, acelerar la identificación y clonación de genes valiosos existentes y a la vez hacer más directa su transferencia a especies cultivadas mediante transgénesis. Es importante señalar sin embargo que esta iniciativa aún se encuentra a nivel experimental debido a los costos implicados. Además, considerando que la amplia mayoría de los procesos y características de interés para el mejoramiento vegetal se regulan por una gran cantidad de genes actuando en forma compleja entre sí, su utilidad se limita a genes de herencia simple, entre los cuales destacan genes de resistencia a enfermedades, genes regulando enzimas involucradas del metabolismo secundario y proteínas de importancia nutricional (Campos; Seguel, 2000).

Otros aspectos relacionados a la conservación *ex situ*

A medida que disminuye la viabilidad de las muestras conservadas *ex situ*, se pierden tanto genes como genotipos. Incluso en condiciones óptimas de almacenamiento, todas las muestras llegan a necesitar una regeneración (FAO, 1996). Para ello es necesario realizar periódicamente el monitoreo de las colecciones conservadas, a los efectos de determinar la necesidad de realizar una regeneración de las accesiones que no accedan a los porcentajes mínimos de germinación recomendados o aceptados para cada especie. Sin esta actividad de regeneración, se corre el riesgo de perder para siempre gran parte de la diversidad genética almacenada en los recursos fitogenéticos conservados. También puede suceder que las

accesiones no cuenten con el peso o número de semillas recomendados para la especie. En este caso se necesita multiplicar la accesión.

El pequeño tamaño y la escasa viabilidad inicial de las muestras, así como la demanda frecuente de accesiones de los bancos de germoplasma, pueden acortar el ciclo de regeneración; pero se considera que utilizando tamaños iniciales adecuados y condiciones apropiadas de almacenamiento, cabría prever que las necesidades medias de regeneración anual habitual no sobrepasen el 10% de las accesiones conservadas.

Otro problema identificado, se relaciona con la insuficiencia o deficiencia de datos de pasaporte que acompañan la accesión al ingresar a las facilidades de conservación. Se entiende por datos de pasaporte, aquella información registrada cuando se recolectó originalmente la accesión, nombres, o números asignados después de la recolección, y aquellos datos referentes al registro de las accesiones en el propio banco de germoplasma. (Painting et al, 1993). No contar con dicha información *in extenso*, provoca un uso ineficiente de los recursos así como disminuye la posibilidad de utilizar inmediatamente el potencial de la accesión en cuestión.

Estado de la conservación de germoplasma *ex situ* en los países del Cono Sur

Los antecedentes que a continuación se señalan describen el estado actual de la conservación de los recursos genéticos *ex situ* de los países de la Región, según documento marco del Procisur (Goedert, 1995).

Argentina

Argentina inició la conservación *ex situ* de los recursos fitogenéticos mediante la implementación de bancos de germoplasma en el marco del Programa Nacional de Recursos Genéticos del INTA. También cuenta con actividades de conservación organizadas en Universidades Nacionales, Institutos del CONICET y Estaciones Experimentales Provinciales. Los bancos activos del INTA se localizan en distintas áreas ecológicas del país, en las Estaciones Experimentales: EEA Salta, EEA Sáenz Peña, EEA Manfredi, EEA Alto Valle, EEA Marco Juárez, EEA Pergaminio, EEA Balcarce, EEA Anguil y EEA La Consulta.

El Banco Base tiene su sede en el Instituto de Recursos Biológicos del INTA Castelar. Las especies que se conservan, producto de intercambio y colectas son: poroto, algodón, trigo, soja, maní, girasol, lino, forrajeras, maíz, papa, mandioca, batata y especies frutales y hortícolas, totalizando alrededor de 20.000 entradas.

Bolivia

La conservación del germoplasma depende de varias instituciones que en conjunto conservan alrededor de 10.000 entradas pertenecientes a 50 especies. La Estación Experimental de Patacamaya conserva unas 2.800 accesiones (Chenopodiáceas y forrajeras de altura), la Estación Experimental Toralapa mantiene 1.200 (tubérculos y raíces andinas); 3.000 accesiones son conservadas en el Centro Fitotécnico de Pairumani (maíz, leguminosas de altura, amaranto, trigos y cucurbitáceas) y 800 accesiones en el CIAT/Santa Cruz (granos oleaginosas, frutos y pastos tropicales y especies agroforestales).

Brasil

Las actividades de recursos genéticos se iniciaron en la década de los treinta con acciones del Instituto Agronómico del Estado de Sao Paulo (IAP), pero sólo en 1974 con la creación del Centro Nacional de Recursos Genéticos (CENARGEN /EMBRAPA) se inician las actividades a nivel nacional, tanto en recursos genéticos como en biotecnología. El CENARGEN tiene como responsabilidad la coordinación nacional del programa y la conservación de germoplasma a largo plazo de todas las colecciones existentes en el país.

En la conservación participa también el Sistema Cooperativo de Pesquisa Agropecuaria (SNPA) que incluye universidades y otras instituciones federales y estatales relacionadas con la investigación agrícola.

En Brasil se conservan alrededor de 100 colecciones activas de productos o cultivos de interés socioeconómico, distribuidas a través del país en 74 bancos de germoplasma. Como colección activa se conservan aproximadamente 110.000 accesiones y en la colección base se cuenta con aproximadamente 60.000 entradas.

Chile

La conservación de germoplasma en Chile ha sido hasta ahora responsabilidad del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), institución que cuenta desde al año 1989 con un Programa Nacional de Conservación de Recursos Fitogenéticos. Para la puesta en marcha del programa se creó una red de bancos de germoplasma ubicados en distintas zonas agroecológicas del país, un banco base, ubicado en la IV Región y tres bancos activos, ubicados en la Región Metropolitana, en la VIII Región y en la IX Región.

El banco base tiene una capacidad para conservar 50.000 accesiones en tanto que los bancos activos tienen una capacidad de 30.000 muestras. Las especies conservadas son maíz, trigo, avena, cebada, arroz, porotos, lentejas, garbanzos, arvejas, chícharo, raps, maravilla, especies forrajeras y en algunos casos especies nativas y/o endémicas como bromo, murtilla, algunas geófitas nativas, *Lycopersicon* y *Solanum sp.*. Paralelamente,

se mantienen colecciones en cultivo *in vitro*, principalmente en especies de reproducción vegetativa, tales como papas, frutillas y ajos, entre otras. Bajo las condiciones antes señaladas en el INIA existen alrededor de 20.000 accesos. Actualmente, y con el propósito de optimizar los sistemas de conservación y reducir los costos involucrados en la mantención de los bancos de semilla es que INIA ha iniciado investigación para incluir en el sistema protocolos de criopreservación de especies, para lo cual ya está disponible la criopreservación de ajos.

Por su parte, la Universidad Austral de Chile, específicamente la Facultad de Ciencias Agrarias, mantiene aproximadamente 1.500 accesiones que conforman varias colecciones, siendo la más importante la colección chilena de germoplasma de papa que cuenta con aproximadamente 600 accesos, más otros cultivos andinos originarios de la zona Norte de Chile. La colección de papa se encuentra actualmente conservada en campo e *in vitro*.

Paraguay

La conservación de las colecciones depende de los fitomejoradores que en la mayoría de los casos no tiene un responsable único. Se mantienen colecciones de cultivos agrícolas en las diferentes unidades experimentales del Ministerio de Agricultura y Ganadería y en las parcelas demostrativas de las Facultades de Agronomía de las universidades del país. En cuanto a la disponibilidad de infraestructura, el Instituto Agronómico de Caacupé cuenta con una cámara fría a 10°C con serias deficiencias en su funcionamiento en la que se conserva maíz y trigo. En el Centro Regional de Investigación Agrícola de Capitán Miranda se encuentran colecciones de cereales y soja en las mismas condiciones de almacenamiento.

En el caso de las colecciones de maíz Paraguay mantiene un convenio internacional con el CIMMYT, mediante el cual se han realizado actividades de regeneración de las colecciones. Se han caracterizado las colecciones nacionales de mandioca y batata las cuales son mantenidas *in vitro* en el AIN de Caacupé.

Uruguay

Las instituciones que realizan conservación *ex situ* son el Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA) y la Facultad de Agronomía de la Universidad de la República Oriental del Uruguay. Ambas instituciones cuentan con colecciones de semillas conservadas a mediano y largo plazo.

En la Unidad de Recursos Genéticos de INIA La Estanzuela, se conservan unas 7.000 accesiones de 130 especies, en cámara a -18° C, complementándose con una red de bancos activos localizados en las estaciones experimentales sede de los respectivos programas de mejoramiento. Se disponen de colecciones *ex situ* de especies forrajeras, maíz, cebada, trigo, arroz, girasol, soja, especies forestales, hortícolas y frutícolas.

Algunas de dichas colecciones, como la de maíz o cebada son colecciones nacionales. También se cuenta con colecciones conservadas *in vitro* de especies frutales y hortícolas en INIA Las Brujas, y de especies forestales en INIA Tacuarembó.

En la Facultad de Agronomía se mantienen en condiciones de mediano plazo un número importante de accesiones de especies de gramíneas y leguminosas nativas, principalmente de los géneros *Bromus*, *Paspalum*, *Stipa*, *Briza*, *Poa*, *Panicum*, *Adesmia*, etc.. También se cuenta con colecciones de variedades criollas de cebolla, poroto y maní, totalizando unas 2.000 entradas. En las estaciones experimentales de la facultad, se cuenta con importantes colecciones de campo de forrajeras nativas.

Principales problemas

En la mayoría de los países existe la infraestructura mínima adecuada para la conservación *ex situ* de los recursos fitogenéticos, es decir, bancos de germoplasma de semilla y, en algunos, la infraestructura para la mantención de colecciones *in vitro*. Sin embargo, el problema común es la falta de recursos para desarrollar actividades propias de mantención de las colecciones, situación que conduce a que:

- a) muchas veces los bancos de germoplasma sean solamente depósitos de semillas;
- b) las facilidades disponibles de conservación *ex situ* de cada país no son utilizadas de forma coordinada por las distintas instituciones, incrementándose innecesariamente los costos de infraestructura y mantenimiento;
- c) se carece de listas de especies o grupos de especies prioritarias para la conservación *ex situ*, conservándose especies no prioritarias, dejando en muchos casos de lado las más importantes para el mejoramiento o por su susceptibilidad a sufrir erosión genética;
- d) las muestras genéticas (diversidad entre y dentro de poblaciones) y los tamaños de las accesiones no son en muchos casos los más recomendados, dándose en muchas especies un efecto fundacional importante, debido a que la variabilidad ingresada a los bancos de germoplasma no es representativa de las frecuencias de genotipos originales;
- e) se constata una alta proporción de accesiones conservadas en bancos de germoplasma de la región que no cuentan con datos suficientes, faltando inclusive los datos de pasaporte;
- f) se detectan importantes problemas de erosión genética, muchas veces porque las muestras no son suficientemente grandes, o porque existen problemas metodológicos en la multiplicación y/o regeneración;

- g) para muchas especies no existen los conocimientos biológicos necesarios para la conservación *ex situ*, particularmente en especies silvestres en que no se dispone de protocolos previamente desarrollados;
- h) el monitoreo de las colecciones no es realizado con la frecuencia y métodos adecuados. No existen o son insuficientes las facilidades para la regeneración de las especies conservadas, siendo particularmente grave en las especies alógamas;
- i) el número y capacitación del personal técnico es en general escaso, situación que afecta el conjunto de actividades en torno a la conservación *ex situ*.

En definitiva, la carencia de infraestructura y/o la falta de recursos para mantención, así como el número limitado de técnicos especializados, han llevado a que los países de la región no cuenten con posibilidades de conservar el patrimonio fitogenético de sus países, los cuales en muchos casos, están siendo colectados y conservados en bancos de germoplasma de países desarrollados, quienes ven en muchos de éstos, un producto estratégico potencial.

Estrategia propuesta

A continuación se señalan los principales puntos a llevar adelante para la resolución de las limitantes planteadas para la conservación *ex situ* de los recursos fitogenéticos de la región:

- a) realizar un mejor aprovechamiento de las facilidades disponibles de conservación *ex situ* en los países, las cuales podrían canalizarse a través de un Sistema Nacional de Recursos Genéticos en el que participen todas las instituciones involucradas en la conservación *ex situ* e *in situ*;
- b) establecer listas en cada país con las especies o grupos de especies prioritarias que requieran conservación *ex situ*;
- c) apoyar la consolidación de la infraestructura de conservación *ex situ* en los países de la región, incluyendo facilidades para la regeneración o multiplicación de las accesiones conservadas, contemplando en particular el caso de las alógamas;
- d) incluir actividades rutinarias de monitoreo, multiplicación y regeneración antes de que los niveles de viabilidad lleguen a límites que causen erosión genética irreversible;
- e) promover la investigación científica en nuevos métodos y técnicas de conservación *ex situ*, así como en aquellas especies en que no existen protocolos mínimos. Se deben generar líneas de investigación que aseguren los conocimientos necesarios para que las especies conservadas sean adecuadamente multiplicadas o regeneradas, manteniendo la representatividad de la variabilidad existente en las poblaciones naturales;

- f) apoyar actividades y proyectos de investigación que fomenten la complementariedad entre métodos *in situ* y *ex situ* de conservación;
- g) facilitar el uso del germoplasma vegetal a través de la documentación adecuada de la información disponible en las colecciones nacionales, haciendo particular énfasis en la información inicial que acompaña la accesión. Integrar dicha información a una base de datos nacional disponible en Internet; analizar efectivamente la información con el propósito de proponer colecciones nucleares y, finalmente, estandarizar la información a nivel de la región (por ejemplo, información de pasaporte y fichas de colecta unificadas);
- h) procurar los mecanismos necesarios para el intercambio de conocimientos ligados a la conservación *ex situ* de recursos fitogenéticos entre los países del Cono Sur. Esta iniciativa debería propender permanentemente a la coordinación y complementación en el uso de tecnologías, espacios de formación y capacitación, ejecución de talleres internacionales, cursos y pasantías;
- i) capacitar personal responsable de las diferentes etapas en el manejo de los bancos de germoplasma, especialmente a nivel semitécnico;
- j) propender a que los países de la región dispongan de un protocolo común de acceso al germoplasma conservado en los bancos activos, así como un código de conducta que regule la recolección y/o intercambio de muestras de especies y recursos genéticos por parte de los investigadores;
- k) concientizar a los niveles técnico - políticos sobre el papel de la conservación *ex situ* para la efectiva utilización de los recursos fitogenéticos, desterrando el concepto de servicio o depósito de accesiones.

Literatura consultada

- ADAMS, R.; ADAMS, J. 1992. Conservation of plant genes: DNA banking and *in vitro* biotechnology. Academic Press, New York (USA). 345 pp.
- ASHMORE, E. 1997. Status report: development and applications of *in vitro* techniques for the conservation and use of plant genetic resources. International Plant Genetic Resources Institute. 67 p.
- BAJAJ, Y. 1995. Cryopreservation of plant cell, tissue, and organ culture for the conservation of germplasm and biodiversity. **In** : Biotechnology in Agriculture and Forestry 32 (Y. Bajaj, Ed.). Springer-Verlag. New York. P 3-28.
- CAMPOS, H.; SEGUEL, I. 2000. Biotecnología y recursos genéticos vegetales. Agro Sur 28 (1) 13-24.

- CROMARTY, A.S.; HELLIS, R.H.; ROBERT, E.H.. 1985. The design of seed storage facilities for genetic conservation. Handbook for Genebanks N° 1. International Board for Plant Genetic Resources, Italia.100p.
- ENGLE, L.M.. 1992. Introduction to concepts of germplasm conservation. **In:** Germplasm collection, evaluation, documentation and conservation (M.L. Chadna, A.M.K. Anzad Hossain y S. M. Monowar Hossain, comp.).Asian Vegetable Research and Development Center, Taiwan. P11-17.
- ENGELMANN, F. 1997. *In vitro* conservation methods. **In:** Biotechnology and Plant genetic Resources Conservation and Use. J Callow; B Ford-Lloyd y H Newbury (Eds.). CAB International, Wallingford, Oxon. p119-161.
- FAO. 1996. Plan de Acción Mundial para la conservación y la utilización sostenible de los Recursos Fitogenéticos para la alimentación y la agricultura y la declaración de Leipzig. Cuarta Conferencia Técnica Internacional sobre Recursos Fitogenéticos, Leipzig, Alemania. 64 pp.
- FAO/IPGRI.1997. Técnicas *in vitro* para la colecta de germoplasma vegetal. **In :** Food and Agricultural Organisation of the United Nations. J. Sandoval y M. Villalobos (Eds.) Rome. (In press).
- GODWIN, I. et al. 1997. RAPD polymorphisms among variant and phenotypically normal rice (*Oryza sativa* var. *indica*) somaclonal progenies. Plant Cell Rep. 16: 320-324.
- GOEDERT, C.. 1995. Subprograma Recursos Genéticos: Documento marco / Clara Goedert, Andrea Clausen, Juan P. Puignau eds. Montevideo: IICA/PROCISUR, 52 p.
- HARRINGTON,J.F.1972. Seed storage and longevity. **In:** Seed Biology. Vol 3 (T.T. Kozlowsky, ed). Academic Press, United Kingdom. 8p.
- JARAMILLO, S.; BAENA, M.. 2000. Material de apoyo a la capacitación en conservación *ex situ* de los recursos fitogenéticos. Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos. Cali. Colombia. 209 p.
- KOSAKI, I.; et al. 1988. Germplasm Preservation of Fruit Trees, pp.60-74. Preservation of Plant Genetic Resources .Ref N° 1 JICA
- LUNDERGAN, C.; JANICK, J. 1979 Low temperature storage of *in vitro* apple shoots. Hort. Sci. 14: 514.
- NIINO, T. 1993. Cryopreservation of deciduos fruit and mulberry trees Peprint from JICA. CRPREFN N° 6: 57-85

- OKA, S.; NIINO, T. 1997. Long term storage of pear (*Pyrus spp.*) shot culture *in vitro* by minimal growth methods. JARQ. 31: 1-7.
- ONU, 1992. Convenio sobre Diversidad Biológica. Río de Janeiro. Brasil.
- PAINTING, K.A. et al. 1993. Guía para la documentación de recursos genéticos. Consejo Internacional de Recursos Fitogenéticos, Roma. 309 pp.
- PIERIK, R. 1987. *In vitro* culture of higher plant. Martinus Mijhoff Publishers. Dorohecht Netherlands. pp 321.
- ROBERT, E. 1973. Predicting the viability of seeds. Seed Sci. Technol. 1: 499-514
- TOWILL, L.E.; ROOS, E.E.. 1989. Techniques for preserving of plant germplasm. **In:** Biotic diversity and germplasm preservation, global imperatives (L. Knutson y A.K. Stoner, eds). Kluwer Academic Publishers, Holland .p. 379-403
- WHITERS, L. 1980. Tissue culture storage for genetic conservations. Roma International Board for Plant genetic resources
- WHITERS, L. 1995. Collecting *in vitro* for genetic resources conservation. **In:** Collecting plant genetic diversity: technical guidelines (Guarino, V.R. Rao y R. Reid, eds.) CBI, Wallingford p. 511-525.



Caracterización y evaluación de recursos fitogenéticos

por Tabaré Abadie * y Ana Berretta **

Introducción

El valor de las colecciones de recursos fitogenéticos reside en la utilización que de ellas se haga para producir nuevos cultivos, domesticar nuevas especies y desarrollar nuevos productos para el beneficio de las actividades productivas. Las colecciones deben proveer a los mejoradores de variantes genéticas, genes o genotipos, que les permitan responder a los nuevos desafíos planteados por los sistemas productivos, siendo para ello imprescindible conocer las características del germoplasma conservado.

Tradicionalmente la comunidad científica ha enfatizado el problema de la falta de caracterización y evaluación y la importancia de que las colecciones de germoplasma cuenten con suficientes datos de este tipo (Frankel; Brown, 1984). Sin embargo, existe una considerable brecha entre el número de materiales conservados y el de aquellos de los que se tienen datos de caracterización y evaluación, estimándose a nivel mundial un 80% de muestras sin datos de caracterización y un 95% sin datos de evaluación agronómica (Peters; Galway, 1988). La colecta y conservación de recursos fitogenéticos sin que esté acompañada de la información sobre sus características convierte a las colecciones en simples depósitos de materiales, sin mayor utilidad.

En el Informe sobre el Estado de los Recursos Fitogenéticos en el mundo (FAO, 1998), se resalta que los recursos genéticos son de escasa utilidad a menos que vayan acompañados de información adecuada. En los informes de los países se cita este punto como uno de los obstáculos más importantes para utilizar los recursos fitogenéticos en los programas de mejoramiento. Todo esto resalta la importancia que tiene esta temática en las estrategias destinadas a incrementar un uso adecuado de la diversidad genética.

Antecedentes

Los datos de pasaporte tomados durante la colecta (lugar de origen, altitud, latitud, longitud, ecología del lugar de origen, información etnobotánica, etc.) son la información mínima que se debe tener sobre cada accesión. Esta información es de gran importancia, ya que el origen geográfico, ecológico o ambiental son frecuentemente buenos indicadores de la divergencia entre poblaciones (Hodgkin, 1997), además de indicar adaptaciones específicas (Burle *et al.*, 1999). En aquellos casos en que la información es incompleta deberían destinarse esfuerzos para completar los datos, revisitando los sitios de colecta. El uso de GIS puede ser una herramienta alternativa de gran utilidad para

* Profesor Agregado de Fitotecnia. Facultad de Agronomía, Universidad de la República. Uruguay.
tabadie@inia.org.uy

** Coordinador Internacional Subprograma Recursos Genéticos, PROCISUR, INIA. Uruguay.
ana@inia.org.uy

completar la información faltante, y también para apoyar el análisis junto con toda la información sobre las accesiones (Thome *et al.*, 1995).

Se entiende por caracterización a la descripción de la variación que existe en una colección de germoplasma, en términos de características morfológicas y fenológicas de alta heredabilidad, es decir características cuya expresión es poco influenciada por el ambiente (Hinthum van, 1995). La caracterización debe permitir diferenciar a las accesiones de una especie. La evaluación comprende la descripción de la variación existente en una colección para atributos de importancia agronómica con alta influencia del ambiente, tales como rendimiento. Se realiza en diferentes localidades, variando los resultados según el ambiente, además de ocurrir interacción genotipo – ambiente. El objetivo principal de la caracterización es la identificación de las accesiones, mientras que el de la evaluación es conocer el valor agronómico de los materiales. La distinción entre ambas actividades es esencialmente de orden práctico.

Para la caracterización y evaluación se utilizan descriptores, que son caracteres considerados importantes y/o útiles en la descripción de una muestra. Los estados de un descriptor son los diferentes valores que puede asumir el descriptor, pudiendo ser un valor numérico, una escala, un código o un adjetivo calificativo.

Los descriptores para la caracterización deben reunir las siguientes características: 1) ser fácilmente observables, 2) tener una alta acción discriminante y 3) baja influencia ambiental, lo que permite en algunos casos registrar la información en los sitios de colecta. Usualmente se utilizan características morfológicas, fenológicas y de adaptación, aunque también la caracterización puede realizarse mediante el uso de marcadores bioquímicos y moleculares. Normalmente la caracterización se realiza en ensayos de plantas aisladas o pequeños surcos, debiendo utilizarse un número de plantas que respete la estructura genética de las accesiones. Los principales tipos de datos de caracterización son: características de plantas, hojas, flores, frutos, semillas y partes subterráneas (Paterniani, Goodman, 1976; Spagnoletti Zeuli, Qualset 1987; Abadie *et al* 1997, Furman *et al* 1997). Durante esta etapa también es posible realizar una evaluación preliminar o primaria de las accesiones, o sea, registrar la información sobre algunos descriptores de heredabilidad intermedia que permitan obtener una aproximación al valor agronómico de los materiales (ej: fechas de floración, resistencia a plagas, tolerancia a stresses). Muchos rasgos agronómicos de interés para el mejoramiento tienen una complejidad genética excesiva para poder distinguirlos en la caracterización preliminar (Crossa, DeLacy, Taba, 1995). Esos datos se suelen poner de manifiesto en la fase de evaluación del germoplasma para conocer características agronómicas útiles, muchas de las cuales pueden estar sometidas a fuertes interacciones entre el genotipo y el medio ambiente (Hinthum van, 1995; Abadie; Ceretta, 1997). Ello los hace adaptados a

sitios específicos, y normalmente requieren ser tomados en diferentes localidades.

Es también en la etapa de caracterización, particularmente en especies silvestres, dónde se realizan estudios biológicos sobre las especies y las accesiones, que consisten fundamentalmente de la descripción taxonómica y el estudio de los sistemas de reproducción, los mecanismos de propagación y los mecanismos de adaptación. En varias especies es imprescindible establecer protocolos para la propagación de las plantas, sin lo cual es imposible proseguir el trabajo de caracterización y evaluación.

Dependiendo de la especie en consideración, los ensayos de caracterización y evaluación pueden diferenciarse más o menos claramente. En las especies perennes de larga vida, en que la producción se realiza de forma individualizada, en un mismo tipo de ensayo se pueden registrar los datos de caracterización y evaluación.

La uniformización de los descriptores utilizados es un requisito para que la caracterización tenga valor universal. El uso de listas de descriptores bien definidos y rigurosamente probados simplifican considerablemente todas las operaciones que tienen que ver con el registro de datos, actualización, modificación, recuperación de información, intercambio, análisis y transformación de datos.

La guía de descriptores de una especie es un conjunto de descriptores que tiene el objetivo de racionalizar el trabajo de toma de datos en campo durante la caracterización y evaluación. Una guía permite además compartir la información recabada entre equipos de personas que observan las plantas en condiciones diferentes. La guía se elabora respetando las reglas para elaboración de guías de descriptores y considerando antecedentes para especies o géneros similares o de uso similar (Sevilla; Holle, 1995). Primeramente se debe elaborar una guía prueba. Se toman los datos de esta primera guía que generalmente es extensa. Del análisis de los datos surge un número más restringido de descriptores, que permiten estimar la variación genética, discriminar grupos y diferenciar las accesiones individuales.

Las listas de descriptores más utilizadas han sido elaboradas por investigadores de países industrializados buscando satisfacer las necesidades de sus programas de investigación. El IPGRI (antes IBPGR) ha coordinado el trabajo de grupos de investigadores para elaborar guías de especies conocidas o semiconvencionales (Sevilla; Holle, 1995). De ser utilizadas, estas listas deben ser discutidas por los investigadores y usuarios para adaptarlas a cada caso específico. Si no existe una guía, esta puede ser elaborada por el responsable de la caracterización en conjunto con los usuarios, para definir adecuadamente las variables a ser registradas. En especies silvestres, la propuesta preliminar de descriptores se realiza normalmente en base a especies afines y al conocimiento empírico de la especie. Luego de una primera caracterización, según los resultados obtenidos

y con utilización de las técnicas estadísticas adecuadas se realiza un ajuste de dicha propuesta, descartando descriptores que no tienen buen poder discriminante.

La elaboración de listas de descriptores es un proceso dinámico y abierto. Como la lista de descriptores es conceptualmente infinita, es conveniente diferenciar los descriptores de uso interno (de interés para el propio programa), de los de uso externo (a ser compartidos con otros investigadores). La sistematización en la caracterización y documentación es un pre-requisito para que la información sobre el germoplasma sea útil. La experiencia ha mostrado que se dificulta la utilización si no se planifica el ordenamiento de la información, su almacenamiento y difusión posterior.

Aquellos caracteres más complejos o difíciles de medir, como los caracteres fenológicos (Arbelbide *et al*, 1999), de calidad (Bhattacharya *et al*, 1997), tolerancia a streses (Jafari-Shebastari *et al*, 1995) o moleculares (Ferreira; Grattapaglia, 1996), son objeto de trabajos específicos que requieren una planificación mas detallada. El desarrollo de las metodologías y técnicas para caracterizar y evaluar constituye un desafío importante para la adecuación a los nuevos requerimientos de la producción. En ese mismo sentido se debe integrar a los planes de investigación el estudio de las caracterizaciones químicas de sustancias medicinales, aromáticas, y de calidad en general, si efectivamente se aspira a conocer y utilizar plenamente a los recursos fitogenéticos.

La caracterización bioquímica y molecular ofrece una serie de oportunidades, entre ellas la de ser una alternativa para estimar la diversidad genética de las colecciones (Westman; Kresovich, 1997), y por tanto ayudar a establecer criterios para mejorar la representatividad de las mismas. Sin embargo esta caracterización no necesariamente sustituye la realizada para características morfológicas y agronómicas, ya que los dos tipos de información tienen historias evolutivas diferentes y pueden estar mostrando facetas diferentes de la diversidad. Desde el punto de vista del mejoramiento genético, la información sobre caracteres morfológicos y agronómicos es insustituible, ya que incorporar variantes en estos caracteres es en muchos casos el objetivo de los programas.

En términos generales, la caracterización y evaluación preliminar pueden realizarse al mismo tiempo que la regeneración o multiplicación, lo que no sucede con la evaluación agronómica avanzada. (Painting *et al*, 1993). En el caso particular de las especies silvestres, la caracterización y evaluación preliminar son requisitos previos para conocer la adaptación y potencial productivo, estudios de diversidad, aspectos de la biología y modo reproductivo y de propagación de la especie.

Además de proporcionar un mejor conocimiento del germoplasma disponible, la caracterización y evaluación bien realizadas presentan algunas ventajas adicionales (Valls, 1989):

- permiten identificar duplicados, simplificando los trabajos siguientes, racionalizando los trabajos relativos a las

colecciones activas y de base, evitando duplicación de actividades y haciendo un uso más eficiente de los recursos humanos y financieros;

- identifican *gaps* en las colecciones, que facilitan la planificación de nuevas colectas e introducciones.
- permite el establecimiento de colecciones núcleos que, por definición, comprenden, con un mínimo de redundancia, la diversidad genética reunida en una especie cultivada y en las especies silvestres relacionadas.

Situación de los países

De los informes sobre el estado de los recursos fitogenéticos de los países integrantes de PROCISUR a la Cuarta Conferencia Técnica Internacional sobre los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura (Leipzig, 1996), se desprende una conclusión obvia: todos los países han trabajado en mayor o menor grado en la caracterización y evaluación de sus colecciones de germoplasma. Sin embargo, si bien todos los países informan disponer de datos de pasaporte básicos más o menos completos, y todos los países han usado en mayor o menor grado las listas de descriptores publicadas por organismos como el IPGRI, muchos de estos trabajos son parciales, sea por el número de accesiones o por la lista de descriptores usada. Por otro lado, aquellas colecciones en las que ha existido interés de trabajo por parte de los mejoradores, presentan evaluaciones completas, e incluso caracterizaciones de tipo molecular (ADN, isoenzimática). También es de destacar la importante participación de los países de la región en emprendimientos de caracterización y evaluación regional, como ha sido el caso del LAMP (Latin American Maize Project) (Salhuana *et al* 1999).

En el caso de las especies silvestres, la situación es diferente, siendo muy pocas las especies en que se dispone de bases de datos completas. Los emprendimientos para el establecimiento de listas de descriptores, en especies en las que no existe ningún protocolo previo, se han desarrollado en algunos casos. Los trabajos en caracterizaciones biológicas (sistemas reproductivos, estudios de diversidad genética, taxonomía, citogenética, etc.) son bastante más abundantes, aunque no se encuentran estrictamente integrados al desarrollo de las colecciones de recursos fitogenéticos. Existen en la región esfuerzos importantes, pero escasísimos en términos de especies, en lo relativo a caracterizaciones químicas y de calidad para el desarrollo de nuevos productos, requiriéndose importantes apoyos en capacitación y laboratorios. También se realizan caracterizaciones *in situ* para aquellas especies que se utilizan directamente de la naturaleza, requiriéndose de mayores esfuerzos en ese sentido.

Estrategia propuesta

Las colecciones de recursos fitogenéticos han sido desarrolladas para ser utilizadas fundamentalmente en el mejoramiento genético, y no simplemente para ser conservadas en los bancos

de germoplasma. El Plan de Acción Mundial de la FAO para la conservación y utilización sostenible de los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura (FAO, 1996), recoge esta inquietud. En el capítulo de utilización de los recursos fitogenéticos se establece una clara estrategia para facilitar el uso de las colecciones basada en el incremento de la caracterización, la evaluación y la designación de colecciones núcleo.

Dentro de los objetivos a mediano plazo, se da prioridad a la organización de programas de caracterización y evaluación para identificar accesiones y genes valiosos y mejorar la eficacia del proceso de evaluación. Para que los países de la región se integren en la implementación de esta estrategia se propone:

- a) incrementar la información existente para las colecciones de la región;
- b) completar los datos de pasaporte e información básica sobre lugar de origen, utilizando GIS, informaciones etnobotánicas, etc.;
- c) avanzar en la caracterización y evaluación de las colecciones existentes. Ello implica completar el trabajo en aquellas colecciones en las que la caracterización o evaluación se encuentra en marcha, y comenzarlas en aquellas en las que aún no se han iniciado, haciendo un esfuerzo mayor en las especies silvestres de interés actual o potencial que permita conocer su adaptación. En estas especies es necesario desarrollar listas de descriptores propios;
- d) conformar equipos multidisciplinarios a nivel nacional y regional que desarrollen metodologías estandarizadas de caracterización y evaluación. Homogeneizar protocolos;
- e) desarrollar listados de descriptores comunes para lograr un proceso armónico de los distintos programas;
- f) promover el desarrollo de metodologías estandarizadas para caracterizar/evaluar características de calidad. Este punto es de creciente importancia, considerando el alto valor agregado que este tipo de caracteres adquiere en el mercado, y el escaso énfasis que se le ha dado en el pasado comparado con la caracterización y evaluación de caracteres asociados a la productividad;
- g) promover el desarrollo de técnicas especiales para la caracterización de especies de conservación *in situ*;
- h) promover el intercambio de la información de evaluación y caracterización generada por distintos grupos. Este deberá realizarse a través de intercambio directo de información, en la realización de actividades de difusión por especie o región (seminarios, talleres, reuniones), o mediante la publicación en revistas o series periódicas;
- i) aprovechar más eficientemente la información generada en las etapas de caracterización/evaluación, para realizar otros estudios y análisis;

- j) promover una mayor cooperación entre los curadores de las colecciones y los usuarios de las mismas. Especial énfasis debe darse a la participación de los mejoradores en definir las prioridades de caracterización y evaluación de las colecciones;
- k) establecer redes nacionales y/o regionales para evaluación de colecciones;
- l) desarrollar una política de capacitación de recursos humanos. Se deberá dar especial énfasis en la formación de capacidades en las áreas tradicionales como taxonomía y agronomía, e incrementar la formación el estudio de caracteres de calidad y aplicación de técnicas moleculares;
- m) proveer de los recursos materiales necesarios para caracterización y evaluación.

Los beneficios esperados de poner en práctica estas propuestas, serán un incremento en el valor agregado de las colecciones, mejorando su valor estratégico y aumentando las posibilidades de uso para el mejoramiento por los programas de la región.

Referencias

- ABADIE, T.; CERETTA, S. 1997. Exploring crop adaptation through the study of multi environment trials (METs) p35-40 IN Rebuffo, M, Abadie, T. Third South American Oats Congress. INIA Uruguay - The Quaker Oats Company.
- ABADIE, T. et al. 1998. A classification for Brazilian maize landraces. Plant Genetic Resources Newsletter 114: 43-44.
- ARBELBIDE, M. et al. 2000. Caracterización de respuesta a fotoperíodo de cultivares y líneas de cebada. En: Proceedings III Congreso Latinoamericano de cebada. Colonia, Uruguay.
- BHATTACHARYA, M. et al. 1997. Diversity of Starch Pastin Properties in Iranina Hexaploid Wheat Landraces. Cereal Chemists 74:417-423.
- BURLE, M. L. et al. 1999. The use of environmental maps in GIS as a tool for cassava genetic resources classification. In: Cassava Biotechnology: IV International Scientific Meeting - CBN. Carvalho, LJCB, AM Thro, AD Vilarinhos (eds.) Pp. 24-35. Brasília. Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia/CBN, 2000. 626 p.
- CROSSA, J.; DELACY, I.H.; TABA, S. 1995. The use of multivariate methods in developing a Core Collection In: Hodgkin, T, Brown, AHD, Hintum, TJL van, Morales, EAV (eds.) Core Collections of plant genetic resources pp77-89. John Wiley and sons, New York.
- FAO. 1996. Plan de Acción Mundial para la conservación y la utilización sostenible de los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura. Leipzig. Alemania.

- FAO, 1998. The state of the world's plant genetic resources for food and agriculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome. 510 p.
- FERREIRA, E.M., GRATTAPAGLIA, D. 1996. Introdução ao uso de marcadores moleculares em análise genética. Embrapa, CENARGEN. Brasília, DF. 220p.
- FRANKEL, O.H., BROWN, A.H.D. 1984. Plant genetic resources today: a critical appraisal. In: Holden JHW, Williams JT (eds). Crop genetic resources: conservation and evaluation. Allen and Unwin, London, UK. pp 249-257.
- FURMAN, B.J. et al. 1997. Characterization and analysis of North America Triticale genetic resources. Crop Sci. 37:1951-1959.
- HINTUM, T.J.L. van. 1995. Hierarchical approaches to the analysis of genetic diversity in crop plants In: Hodgkin, T, Brown, AHD, Hintum, TJL van, Morales, EAV (eds) Core Collections of plant genetic resources pp23-34. John Wiley and sons, New York.
- HODGKIN, T. 1997. Some current issues in the conservation and use of plant genetic resources In: Ayad, WG, Hodgkin, T, Jaradat, A, Rao, VR (eds) Molecular genetic techniques for plant genetic resources pp 3-10 Report of an IPGRI Workshop 9-11 October 1995. Rome. Italy
- JAFARI SHEBASTARI, J.; CORKE, H.; QUALSET, C. 1995. Field tolerance to salinity in Iranian hexaploid wheat landrace accessions. Genetic Resources and Crop Evolution 42:147-156.
- PAINTING, K. et al. 1993. Guía para la documentación de recursos genéticos. IBPGR. Roma. 309 p.
- PATERNIANI, E.; GOODMAN, M.M. 1977. Races of maize in Brazil and adjacent areas. Mexico DF. CIMMYT. 95p
- PEETERS, J.P.; GALGWAY, N.W. 1988. Germplasm collections and breeding needs in Europe. Economic Botany 42:503-521.
- SALHUANA, W. et al. 1999. Breeding potential of maize accessions from Argentina, Chile, USA and Uruguay. Crop Sci. 38:866-872.
- SEVILLA, R.; HOLLE, M. 1995. Recursos Genéticos Vegetales. Universidad Nacional Agraria La Molina. Perú. 208p.
- SPAGNOLETTI ZEULI, P.L.; QUALSET, C.O. 1987. Geographical diversity for quantitative spike characters in a world collection of durum wheat. Crop Sci. 27:235-241.
- THOME, J. et al. 1995. The combined use of agroecological and characterization data to establish the CIAT Phaseolus

- vulgaris core collection. **In:** Core collections of plant genetic resources Hodgkin T, Brown AHD, Hithum TJLvan, Morales EAV (eds.). John Wiley and Sons, New York. Pp. 95-107.
- VALLS, JOSÉ F.M. 1989. Caracterização morfológica, reprodutiva e bioquímica de germoplasma vegetal. **In:** Curso de Tecnología de Sementes para Bancos de Germoplasma, CENARGEN. Brasília. Brasil. 23 p.
- WESTAMN, A.L.; KRESOVICH, S.. 1997. Use of molecular techniques for description of plant genetic variation. **In:** Biotechnology and Plant Genetic Resources, conservation and use. Callow, JA, Ford-Lloyd, BV, Newbury, HJ. Biotechnology in Agriculture Series, No.19. CAB International, New York. USA.



Desarrollo de colecciones núcleo de recursos fitogenéticos

por Tabaré Abadie *

Introducción

En las últimas décadas ha existido una importante asignación de recursos económicos y humanos a la prospección, colección y conservación de germoplasma. Esto ha determinado que actualmente existan en la región grandes colecciones de germoplasma para muchas de las especies cultivadas y especies salvajes emparentadas. En estas colecciones existe una gran variación genética, que debería ser el punto de partida para obtener cultivares de mayor productividad y mejor calidad. Para la mayoría de estas colecciones, se cuenta con datos de pasaporte, información parcial de caracterización para descriptores morfológicos, e información aun mas restringida para caracteres de importancia agronómica (FAO, 1998). Estos últimos caracteres, son los de mayor interés para los mejoradores, ya que reflejan los patrones evolutivos del cultivo, resultantes de la selección impuesta por agricultores y por estreses bióticos y abióticos. Lamentablemente, son también caracteres de difícil medición, herencia compleja, y muy influenciados por el ambiente.

Muchos esfuerzos deberán ser puestos en el futuro cercano, para mejorar la caracterización y evaluación de nuestras colecciones. Esta es una tarea costosa, debido a la necesidad de hacer determinaciones complejas en un gran número de accesiones (Harch *et al.*, 1995). El tamaño es entonces uno de los principales factores limitantes para mejorar el conocimiento y uso de las colecciones de germoplasma (Frankel y Brown, 1984; Spagnoletti Zeuli y Qualset; 1993; Brown, 1995). También se señalan como limitantes los problemas en la gestión de los bancos de germoplasma (Marshall, 1989), la escasa difusión de la información existente (Mackay, 1995), y al falta de cooperación entre curadores de bancos de germoplasma y mejoradores (Morales; Valois; Nassi, 1997). El desarrollo de colecciones núcleo ha sido propuesto como una alternativa para impulsar la evaluación del germoplasma, promover su uso y mejorar el manejo de los bancos de germoplasma (Frankel, 1984).

* Profesor Agregado de Fitotecnia. Facultad de Agronomía, Universidad de la República. Uruguay
tabadie@inia.org.uy

Antecedentes

Los estudios de diversidad de las colecciones usando métodos cuantitativos (análisis estadístico, aplicación de conceptos de genética de poblaciones y cuantitativa), pueden ser un camino para superar el estancamiento en la utilización de recursos genéticos en el mejoramiento (Frankel y Brown, 1984; Harch *et al.*, 1995). Estos estudios se basan en el hecho de que la diversidad de las especies no está distribuida en forma aleatoria, y que se pueden identificar patrones de variación (Hinthum, 1995) que permitan a los curadores de gremoplasma manejar mejor sus colecciones. Los dos ejes principales de distribución de la diversidad genética son la distribución geográfica y la composición genotípica (Brown, 1989; Crossa, DeLacy; Taba, 1995; Hintum 1995).

El origen geográfico es frecuentemente un buen indicador de la divergencia entre poblaciones (Hodgkin, 1997), y es un criterio simple y efectivo para clasificar germoplasma (Hinthum, 1995). Los patrones de distribución geográfica observados en especies cultivadas reflejan la adaptación ecogeográfica y las preferencias de los agricultores. En varias especies se ha encontrado evidencia de diferenciación geográfica, a través del estudio de datos de caracterización y evaluación (Spagnoletti Zeuli; Qualset, 1987; Jana; Singh, 1993; Cordeiro *et al.* 1995; Damania *et al.*, 1999; Abadie *et al.*, 1998, 1999), y de datos moleculares (Doebley; Goodman; Stuber, 1985; Gepts, 1998). Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son una poderosa herramienta para el estudio de los recurso genéticos. Han sido utilizados para la exploración, muestreo y conservación de biodiversidad (Jones *et al.* 1997; Burle *et al.* 1999; Thome, *et al.* 1995; Cordeiro *et al.* 1999).

No todos los alelos presentes en una colección tienen la mismo valor de uso futuro (Frankel, Brown, 1984; Allard 1992; Frankel, Brown, Burdon, 1995). De acuerdo con Brown (1989) los alelos en una colección se distribuyen en cuatro grupos: (1) comunes dispersos, (2) raros dispersos, (3) comunes localizados, y (4) raros localizados. Los alelos comunes en todas las accesiones (1), están fácilmente disponibles, y seguramente ya están siendo utilizados (Allard, 1992). Aquellos alelos que están ausentes o en frecuencias muy bajas en la mayoría (2) o en unas pocas (4) accesiones, son aquellos que han tenido poca adaptabilidad en la naturaleza, y probablemente también contribuirán poco para el mejoramiento en el futuro (Allard, 1992; Franke, Brown, Burdon, 1995), con la posible excepción de algunos caracteres de calidad. La conservación del grupo común localizado (3) es, si, de particular importancia. Este grupo incluye aquellos alelos que han sido sometidos a fuertes presiones de selección, confiriendo adaptación a condiciones ambientales específicas (Brown, 1989; Allard, 1992). Los mejoradores están especialmente interesados en este tipo de alelos, porque controlan caracteres de importancia agronómica como resistencia o tolerancia a estreses bióticos y abióticos.

La complejidad del problema ha determinado que se desarrollen diversas estrategias para superarlo. Las Colecciones Núcleo han sido propuestas como una alternativa para impulsar la evaluación del germoplasma, promover su uso y mejorar el manejo de los bancos de germoplasma (Frankel, 1984).

Colecciones Núcleo

La estrategia de desarrollar Colecciones Núcleo, es una alternativa poco costosa para mejorar el manejo de los bancos de germoplasma, y promover su evaluación y uso (Frankel, 1984; Brown, 1995). El concepto de 'Colección Núcleo' fue desarrollado por Frankel y Brown (1984), quienes la definieron como una muestra representativa de la colección en la cual se incluye la variabilidad genética de un cultivo y las especies emparentadas con un mínimo de repeticiones. Las accesiones que no son incluidas en la Colección Núcleo pasan a componer una colección de reserva. La adopción de esta estrategia ha tenido una gran aceptación, lo que se refleja en el gran número de colecciones núcleo que se han propuesto (Brown, 1995; Hamon et al, 1995; Basigalup, Barnes, Stucker, 1995; Ortiz et al, 1998; Abadie et al, 1998; Cordeiro *et al.* 1999; Malosetti, Abadie, German, 2000).

Una ventaja de las Colecciones Núcleo es su reducido tamaño, ya que por ello pueden ser evaluadas más detalladamente que una colección completa (Basigalup, 1991), permitiendo una elección más efectiva de los materiales a utilizar en el mejoramiento (Hintum, 1999, Spagnoletti Zeuli y Qualset, 1993). Esta estrategia implica un cambio en la organización de la colección, estableciendo dos niveles jerárquicos, la Colección Núcleo y la de reserva (Brown 1989). Basado en esto, los curadores de los bancos de germoplasma pueden poner mayor prioridad en las actividades de conservación, como pruebas de germinación y regeneración, en las accesiones de la Colección Núcleo. Asimismo, las decisiones sobre el crecimiento de la colección pueden ser guiadas por la Colección Núcleo, permitiendo identificar duplicaciones o áreas con escasa representación dentro de la colección. La Colección Núcleo es también el primer paso lógico para buscar alelos deseables, pero si es necesario, en una segunda etapa la búsqueda es continuada en la colección de reserva. De todas formas, esta segunda etapa se puede restringir a aquellas accesiones representadas por las de la Colección Núcleo que mostraron mejor comportamiento para el carácter estudiado, reduciendo el costo total del proceso (Holbrook, Anderson, Pittman, 1993).

Diseño de una Colección Núcleo

Cuando se plantea elaborar una Colección Núcleo es necesario determinar: 1) el número óptimo de accesiones necesarias para retener una proporción aceptable de los alelos presentes en la colección y 2) el método para seleccionar los materiales que pasarán a integrar la Colección Núcleo (Crossa *et al.*, 1993; Crossa *et al.*, 1994; Brown, 1995).

El tamaño de la Colección Núcleo debe ser tal que permita retener en ella la mayor cantidad de alelos posibles. Brown (1989)

determinó que una muestra del 10% de la población retuvo, con un 95% de confianza, por lo menos un 70% de los alelos presentes en ella. Por esto sugiere que el número de accesiones que integre la Colección Núcleo sea del orden del 10% de la colección total con un tamaño máximo de 3.000 accesiones.

En cuanto a la selección de los integrantes de la Colección Núcleo, la evidencia experimental indica que la variabilidad no se encuentra dispersa al azar sino que se distribuye dentro y entre poblaciones con diferentes grados de organización (Brown, 1989; Hintum, 1995). Dicha organización de la diversidad genética ocurre en general en función de dos ejes básicos que son la localización geográfica y la composición genotípica (Brown, 1989). Por lo tanto, Frankel y Brown (1984) y Brown (1989, 1995) proponen la necesidad de hacer un agrupamiento de materiales según grados de similitud, previo al muestreo. Dicho agrupamiento puede hacerse en base a datos taxonómicos, de origen y de características de interés (Hintum, 1995). Para esto aparecen como herramientas útiles los métodos multivariados, y en especial el análisis de patrones, que utiliza en forma sucesiva la clasificación y ordenación de la información disponible (Crossa *et al.*, 1994; Crossa *et al.*, 1995; Harch *et al.*, 1995). Una vez definidos los grupos, se debe tomar una muestra de cada uno para incluir en la Colección Núcleo.

Un aspecto que merece ser mencionado, es el comportamiento de una Colección Núcleo luego de elaborada. Si una Colección Núcleo representa una colección de una especie, conteniendo la mayor parte de su variabilidad, entonces debe ser dinámica y evolucionar junto a la colección base (Jaradat, 1995). La Colección Núcleo necesita ser mejorada en la medida que aparezcan nuevas accesiones que aporten variabilidad (Basigalup, 1991). Además, hay que tener en cuenta que uno de los objetivos de establecer una Colección Núcleo es disponer de una serie de accesiones evaluadas detalladamente como referencia de la colección base y que permanentes cambios en su composición pueden afectar este propósito (Brown, 1989).

Todo el proceso de elaboración de una Colección Núcleo determina un conocimiento más detallado de la colección base. De esta manera no sólo se puede lograr un manejo más ágil y racional de las colecciones base, sino que también se obtiene una colección base con un importante aumento en su valor agregado. Esto puede tener una gran importancia estratégica para el futuro posicionamiento del poseedor de la colección en el sistema internacional de intercambio de germoplasma.

Asegurando que la Colección Núcleo sea utilizada

Para que una Colección Núcleo cumpla con su objetivo de incrementar la utilización debemos asegurar que ella sea utilizada por los mejoradores o usuarios finales. Es crucial asegurar el interés de los mejoradores en usar la Colección Núcleo. .

Para los curadores de germoplasma, y también para los usuarios, el proceso de obtención de Colecciones Núcleo, basado en una estructuración jerárquica de las colecciones base, es de por sí

un incentivo para incrementar su utilización, ya que permite conocer la estructura de la colección, y da pautas de cómo debe crecer la colección en el futuro, al compararla con otras colecciones conocidas, y/o de cuáles deben ser las áreas de priorización de esfuerzos de caracterización y evaluación. Sin embargo, hay que hacer mas esfuerzos para asegurar el interés de los mejoradores en usar la Colección Núcleo. Una alternativa es darles la mayor participación a los mejoradores en la elaboración de las Colecciones Núcleo. Malosetti, Abadie, German (2000) elaboraron una Colección Núcleo de cebada junto con los mejoradores, dándoles participación en el momento de la elección de las accesiones que representaría cada grupo de la colección base en la Colección Núcleo. Esto aseguró que los mejoradores incorporaran esta Colección Núcleo en sus programas en forma inmediata, y no significó una Colección Núcleo inferior a las obtenidas por métodos puramente cuantitativos. Otra alternativa, es la elaboración de Colecciones Núcleo más reducidas, no para la colección base total sino orientadas a representar la variabilidad para caracteres específicos (Mackay, 1995). Esto sería interesante para los mejoradores, porque les permitiría manejar colecciones más pequeñas y seleccionadas en base a los objetivos específicos de sus programas. Por otro lado, esta segunda alternativa requiere un conocimiento bastante acabado de la colección base, y no sería apropiada para identificar variación para nuevas características poco conocidas.

Estrategia Propuesta

Se entiende que el desarrollo de Colecciones Núcleo será un medio para facilitar la conservación, incrementar el conocimiento y promover la utilización de las Colecciones de Germoplasma de la región. Asimismo, dado que una colección núcleo ayuda a disponer de un conocimiento global de la variabilidad disponible, es un indicador de las necesidades de crecimiento y la dirección de búsqueda de germoplasma que debe ser utilizado por los programas de mejoramiento. También ayuda a detectar vacíos y la necesidad de disponer de mayor volumen de actividades de caracterización y/o documentación en las colecciones base de las especies de interés, así como la necesidad y direccionamiento del enriquecimiento periódico de las colecciones de germoplasma, lo cual también enriquecerá en definitiva a la propia colección núcleo

Se propone como objetivo final la implementación de Colecciones Núcleo para las colecciones de gran número de accesiones tanto a nivel de cada país, como a nivel de toda la región .

Para alcanzar este objetivo, será necesario:

- a) apoyar los esfuerzos en investigación básica, tendientes a ayudar a obtener adecuados criterios de clasificación para las distintas colecciones de germoplasma, así como para identificar las estrategias de muestreo mas adecuadas en cada caso;

- b) desarrollar colecciones núcleo en aquellas especies en que el número de accesiones disponibles en las colecciones dificulte su estudio y evaluación por parte de los programas de mejoramiento;
- c) apoyar a los emprendimientos iniciados en cada colección nacional, utilizando la experiencia y las capacidades técnicas ya existentes en la región. Se podrá capitalizar así la experiencia y formación de técnicos de la región;
- d) difundir las bases teóricas y prácticas de la metodología propuesta entre los interesados (curadores y mejoradores). Esta difusión podrá hacerse en base al desarrollo de publicaciones a nivel regional, talleres o cursos a nivel regional o nacional;
- e) diseñar propuestas de crecimiento a partir de las Colecciones Núcleo, tanto de las propias colecciones de germoplasma como de las colecciones utilizadas por los programas de mejoramiento genético;
- f) enfatizar el hecho de que aun cuando las colecciones núcleo dan una orientación sobre la contribución de las colecciones bases, no las sustituyen y que la existencia de una Colección Núcleo no justifica que se deterioren las condiciones de conservación o se desatiendan la caracterización de otras muestras de la colección general;
- g) fomentar el desarrollo de emprendimientos regionales, a través de proyectos conjuntos para desarrollar Colecciones Núcleo para especies individuales. Esta estrategia regional se puede justificar en aquellos casos en los que ya ha habido avances a nivel nacional, como en el caso de maíz. En este caso, una Colección Núcleo podría ser una aglutinador de toda la información generada en trabajos cooperativos anteriores, como por ejemplo el Proyecto LAMP. Asimismo, el desarrollo de una colección núcleo también puede ser la base de una estrategia que fomente el uso de una especie con poco desarrollo como puede ser el caso de algunas especies forrajeras, frutales u hortícolas.

Desde el punto de vista regional, el desarrollo de Colecciones Núcleo mejorará y dinamizará el intercambio de germoplasma, así como podrá facilitar emprendimientos de actividades con un alcance regional como la evaluación de germoplasma en diferentes ambientes. Finalmente, la disponibilidad y desarrollo de técnicas biotecnológicas han impulsado el estudio vegetal básico, para lo cual las Colecciones Núcleo pueden resultar de gran valor.

Bibliografia consultada

- ABADIE, T. et al. 1998. A classification for Brazilian maize landraces. *Plant Genetic Resources Newsletter* 114: 43-44.
- ABADIE, T. et al. 1999. The Core Collection of Maize Germplasm of Brazil. *Plant Genetic Resources Newsletter* 117: 55-56.
- ALLARD, R.W. 1992. Predictive methods for germplasm identification. **In:** H.T Stalker and J.P Murphy (eds) *Plant breeding in the 1990's*, p.p.119-146, CAB International, Wallingford, Oxon, Uk.
- BASIGALUP, D.H. 1991. Development of a core collection for alfalfa (*Medicago sativa* L.). Ph.D. Thesis, Univ. of Minnesota, Minneapolis (Diss. Abstr. 91-25791).
- BASIGALUP, D.H.; BARNES, D.K.; STUCKER, R.E. 1995. Development of a Core Collection for perennial *Medicago* plant introductions. *Crop Sci.* 35:1163-1168.
- BROWN, A.H.D. 1989. The case for core collection. **In:** The use of plant genetic resources. A.H.D. Brown, O.H. Frankel, D.R. Marshall and J.T. Williams (eds.) Pp. 136-156. Cambridge University Press, Cambridge.
- BROWN, A.H.D. 1995. The core collection at the crossroads. **In:** Core collections of plant genetic resources. Hodking, T., A.H.D. Brown, T.J.L van Hintum and E.A.V. Morales, (eds.). Pp. 3-19. John Wiley and sons, New York.
- BURLE, M.L. et al. 1999. The use of environmental maps in GIS as a tool for cassava genetic resources classification. **In:** Cassava Biotechnology: IV International Scientific Meeting - CBN. Carvalho, LJCB, AM Thro and AD Vilarinhos (eds.) Pp. 24-35. Brasília. Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia/CBN, 2000. 626p.
- CORDEIRO, C.M.T. et al. 1995. Towards a Brazilian core collection of cassava. **In:** Core collections of plant genetic resources. Hodking, T., A.H.D. Brown, T.J.L van Hintum and E.A.V. Morales, (eds.). Pp. 155-167. John Wiley and sons, New York.
- CORDEIRO C.M.T., et al. 1999. The Brazilian core collection of cassava. **In:** Cassava Biotechnology: IV International Scientific Meeting - CBN. Carvalho, LJCB, AM Thro, AD Vilarinhos (eds.) Pps. 102-110. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia/CBN, 2000. 626p.
- CROSSA, et al. 1993. Statistical genetic considerations for maintaining germplasm collections. *Theor. and Appl. Gen.* 86:673-678.
- CROSSA, J. et al. 1994. Practical considerations for maintaining germplasm in maize. *Theor. Appl. Gen.* 89:89-95.
- CROSSA, J.; DELACY, I.H.; TABA, S. 1995. The use of multivariate methods in developing a Core Collection. **In:**

- Core collections of plant genetic resources. Hodking, T., A.H.D. Brown, T.J.L van Hintum and E.A.V. Morales, (eds.). Pp. 77-89. John Wiley and sons, New York.
- DAMANIA, A.B. et al. 1999. Diversity and geographic distribution of adaptive traits in *Triticum turgidum* L (durum group), wheat landraces from Turkey. *Genetic Resources and Crop Evolution* 43:409-422.
- DOEBLEY, J.F.; GOODMAN, M.M.; STUBER, C.W. 1985. Isozyme variation in the races of maize of Mexico. *American Journal of Botany* 72:629-39.
- FAO. 1998. The state of the world's plant genetic resources for food and agriculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 510 p.
- FRANKEL, O.H. 1984. Genetic perspectives in germplasm conservation. **In:** Genetic manipulation: Impact on man and society. Arber, W.K., K.Llimensee, W.J. Peacock, and P. Starlinger (eds.) Pp. 161-170. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- FRANKEL, O.H.; BROWN, A.H.D. 1984. Plant genetic resources today: a critical appraisal. **In:** Crop genetic resources: conservation and evaluation. Holden J.H.W. and Williams J.T. (eds.). Pp. 249-257. George Allen and Unwin, London.
- FRANKEL, O.H.; BROWN, A.H.D.; BURDON, J. J. 1995. The conservation of Plant Biodiversity. Cambridge University Press, UK.
- GEPTS, P. 1998. What can molecular markers tell us about the process of domestication in common bean. **In:** The origins of crop adaptation. Damania AB, Valkoun J, Willcox G, Qualset CO (eds.) Pp. 198-209 ICARDA Aleppo Syria, 345p.
- HAMON, S. et al. 1995. Core Collections - accomplishments and challenges. *Plant Breeding Abstracts* 1995 Vol. 65 N°8.
- HARCH, B.D. et al. 1995. Patterns of diversity in fatty acid composition in the Australian groundnut germplasm collection. *Genetic Resources and Crop Evolution* 42:243-256.
- HINTUM, T.J.L. VAN. 1995. Hierarchical approaches to the analysis of genetic diversity in crop plants. **In:** Core collections of plant genetic resources. Hodking, T., A.H.D. Brown, T.J.L van Hintum and E.A.V. Morales, (eds.). Pp. 23-34. John Wiley and sons, New York.
- HINTUM, T.J.L. VAN. 1999. The general methodology for creating a core collection. **In:** Core collections for today and tomorrow. Johnson R.C. and T Hodgkin, (eds.) Pp. 10-17. IPGRI. Rome. Italy.
- HODGKIN, T. 1997. Some current issues in the conservation and use of plant genetic resources. **In:** Molecular genetic

- techniques for plant genetic resources. Ayad, W.G., T. Hodgkin, A. Jaradat; V.R. Rao (eds.). Pp. 3-10. Report of an IPGR Workshop 9-11 October 1995, Rome, Italy.
- HOLBROOK, C.C.; ANDERSON, W.F.; PITTMAN, R.N. 1993. Selection of a Core Collection from the U.S. Germplasm Collection of Peanut. *Crop. Sci.* 33:859-861.
- JANA, S.; SINGH, K. 1993. Evidence of geographical divergence in Kabuli Chickpea from germplasm evaluation data. *Crop Sci* 33:626-632.
- JARADAT, A.A. 1995. The dynamics of a core collection. **In:** Core collections of plant genetic resources. Hodgkin, T., A.H.D. Brown, T.J.L van Hintum and E.A.V. Morales, (eds.). Pp. 179-186. John Wiley and sons, New York.
- JONES, P.G. et al. 1997. The use of geographical information systems in biodiversity exploration and conservation. *Biodiversity and Conservation* 6:947-958.
- MACKAY, M.C. 1995. One core collection or many? **In:** Core collections of plant genetic resources. Hodgkin, T., A.H.D. Brown, T.J.L van Hintum and E.A.V. Morales, (eds.). Pp. 199-210. John Wiley and sons, New York.
- MALOSETTI, M.; ABADIE, T.; GERMAN, S. 2000. Comparing strategies for selecting a core subset for the Uruguayan barley collection. *Plant Genetic Resources Newsletter*, No 121: 20-26
- MARSHALL, D.R. 1989. Limitations to the use of germplasm collections. **In:** The use of Plant Genetic Resources. Brown, A.H.D., Marshall, D.R., Frankel, O.H.; Williams, J.T. (eds) Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- MORALES, E.A.V., VALOIS, A.C.; NASS, L.L. 1997. Recursos Genéticos Vegetales. Brasília: Embrapa - SPI. EMBRAPA, CENARGEN. 78 p.
- ORTIZ, R.; RUIZ-TAPIA, E.N.; MUJICA-SANCHEZ, A. 1998. Sampling strategy for a core collection of Peruvian quinoa germplasm. *Theor. Appl. Genet.* 96:475-483.
- SPAGNOLETTI ZEULI, P.L.; QUALSET, C.O. 1987. Geographical diversity for quantitative spike characters in a world collection of durum wheat. *Crop Sci.* 27:235-241.
- SPAGNOLETTI ZEULI, P.L., QUALSET, C.O. 1993. Evaluation of five strategies for obtaining a core subset from a large genetic resource collection of durum wheat. *Theor. Appl. Genet.* 87:295-304.
- THOME, J.; et al. 1995. The combined use of agroecological and characterization data to establish the CIAT Phaseolus vulgaris core collection. **In:** Core collections of plant genetic resources Hodgkin T, Brown AHD, Hithum TJLvan, Morales EAV (eds.) Pp. 95-107. John Wiley and Sons, New York.

El pre-mejoramiento y la utilización de los recursos fitogenéticos

por Clara Pritsch *

Introducción

La base genética en las principales especies agrícolas es estrecha (Anonymous, 1972). Los esfuerzos de mejoramiento de los últimos 50 años, han determinado que junto a mayores niveles de productividad se detecten altos niveles de vulnerabilidad genética, lo cual amenaza el logro de aumentos sostenidos en el potencial de rendimiento. Además, consecuencia de los sofisticados esquemas de hibridación y selección utilizados en el mejoramiento convencional, existe una importante brecha genética entre el pool de germoplasma elite y el pool de germoplasma exótico.

Las importantes diferencias entre las frecuencias alélicas y genotípicas entre ambos pools, así como en las combinaciones multialélicas prevalentes en cada pool (Allard, 1997), determinan que una incorporación directa de variabilidad genética útil en los materiales elite no sea exitosa.

Resulta entonces necesario establecer en etapas previas al mejoramiento, un proceso que viabilice la transferencia de variabilidad genética útil al material adaptado, manteniendo las combinaciones multialélicas presentes en el material elite. El pre-mejoramiento (*pre-breeding*) o valorización genética de germoplasma (*germplasm enhancement*) es la respuesta a estos requerimientos (Duvick, 1990), especialmente cuando la estabilidad y productividad de los cultivos agrícolas está en parte supeditada a la eficacia de los métodos para ampliar la base genética del germoplasma utilizado.

El pre-mejoramiento se basa en la incorporación en los materiales adaptados de genes o grupos de genes asociados a características favorables, provenientes de genotipos exóticos, otras especies, géneros o familias vegetales. El material resultante, 'genéticamente valorizado', es posteriormente incorporado en los programas de mejoramiento como líneas parentales para el desarrollo de cultivares. Por esta razón, este proceso también se denomina 'diseño de líneas parentales' (*parent building*). El pre-mejoramiento constituye entonces la primera etapa en la utilización de los recursos genéticos luego de las etapas de colecta, identificación, conservación y caracterización/evaluación.

Hasta el momento, existen importantes ejemplos de transferencia de genes desde germoplasma exótico al cultivado, con logros exitosos (Maunder, 1992). Sin embargo, en general, los esfuerzos en pre-mejoramiento realizados hasta el momento no han conducido a un aumento en la base genética de las especies cultivadas ya que principalmente han sido transferidos, mediante

* Ing.Agr. Ph. D. Facultad de Agronomía.
Universidad de la República. Uruguay
clara@fagro.edu.uy

rigurosas retrocruzas, genes o grupos de genes asociados a características de herencia simple.

Tales transferencias génicas han representado por lo tanto una contribución limitada tanto a la ampliación de la base genética como a la disminución de la brecha genética entre materiales elite y exóticos (Tanksley y McCouch, 1997). En consecuencia, los importantes esfuerzos en colecta, identificación, conservación y caracterización/evaluación de recursos genéticos, no han sido satisfactoriamente utilizados en la ampliación de la base genética de las especies cultivadas.

A nivel metodológico, es en los últimos años donde importantes avances se han detectado en las actividades de pre-mejoramiento. En primer término, se ha ampliado el rango de técnicas utilizadas para la transferencia de información genética. Las técnicas convencionales de hibridaciones sexuales convencionales, ingeniería cromosómica y mutagénesis, son complementadas con aquellas provenientes de la biotecnología como fusión celular e ingeniería genética. Asociado a este cambio tecnológico, se ha ampliado el rango de opciones de pools genéticos candidatos a ser dadores de información.

En segundo término, se han realizado muy importantes progresos en la elaboración de los mapas genéticos y físicos de las especies vegetales, en la identificación de marcadores moleculares que identifiquen regiones genómicas de interés permitiendo su seguimiento a nivel poblacional, en la implementación de catálogos de genes funcionales asociados a procesos de crecimiento y desarrollo de las plantas y en la secuenciación completa de los genomas (Lanaud y Lebot, 1995; Sasaki, 1995).

Aunque quedan pendientes preguntas sobre cómo aumentar la precisión de las metodologías de transferencia de aquellos genes útiles en el germoplasma adaptado (Tanskley y McCouch, 1997), cómo evitar la desestructuración de valiosos bloques de genes presentes en los materiales elite seleccionados a través de años de mejoramiento (Allard, 1997), cómo identificar cuáles son los genes relevantes y en dónde están (Maunder, 1992) y cómo aprovechar la información genética generada en otras especies vegetales y organismos, es innegable que el pre-mejoramiento es una necesidad del mejoramiento convencional actual y futuro, y por lo tanto debería contar con el respaldo académico y económico necesario.

A nivel de la relación costo/beneficio, resulta claro que los resultados del pre-mejoramiento no serán apreciados a corto plazo sino a mediano y a largo plazo. Sin embargo, desde la perspectiva de los mejoradores, compañías e institutos, el costo de incorporar germoplasma es ampliamente justificado por los beneficios a recibir. En este sentido las actividades de pre-mejoramiento deben contar con un apoyo sostenido de colaboración internacional, regional y nacional así como con un soporte público garantizado ya que el último destinatario de estos avances será la sociedad en general.

Antecedentes

Los objetivos del pre-mejoramiento

Con las actividades de pre-mejoramiento se busca viabilizar la incorporación de valiosos recursos genéticos disponibles en diferentes pools genéticos dentro del germoplasma base elite de los programas de mejoramiento. Los objetivos buscados son: 1) disminuir la vulnerabilidad genética de los cultivos aumentando su base genética, como mecanismo de evitar la uniformidad genética (nuevos genes de resistencia a enfermedades conocidas, nuevos genes de machoesterilidad, nuevos complejos heteróticos); 2) aportar resistencia genética a enfermedades nuevas; 3) acceder a características de interés (calidad, tolerancia a estrés, etc.) y 4) lograr mayores rendimientos y estabilidad.

El primer objetivo surge como respuesta a la estrecha base genética de los cultivos comerciales. La posibilidad de realizar un recambio varietal efectivo como respuesta a cambios en los agroecosistemas significa poder contar con baterías de genes de resistencia a las diferentes plagas o enfermedades o estreses ambientales en la medida que las resistencias y tolerancias en uso se vuelven inefectivas.

El segundo objetivo marca la necesidad de disponer de una respuesta genética a lo que es un ambiente de cultivo en constante cambio y evolución (Lee, 1998). Es así, que la aparición de 'nuevas enfermedades' o enfermedades no priorizadas en los programas de mejoramiento por su baja incidencia, han llevado a la necesidad de encontrar e introducir genes de resistencia en el germoplasma mejorado.

El tercer objetivo se aboca a la introgresión de nuevas características de calidad a materiales locales que no las poseen, tales como mayores niveles o diferente composición de proteínas en trigo o diferente composición del almidón en papa, trigo o maíz (Duvick, 1990).

El cuarto objetivo, está referido a una mejor adaptación al ambiente y a los estreses presentes en el mismo, así como a un mayor potencial de rendimiento. Este es un objetivo que es más veces deseado que alcanzado. Sin embargo, muchos cultivares que han manifestado saltos favorables en los niveles de rendimiento han tenido un pedigrí bastante diverso. Trigos y arroces semienanos (Dalrymple, 1986, 1986a), los primeros sorgos híbridos e incluso los primeros híbridos de maíz son un ejemplo. En cada uno de estos casos, intensos esfuerzos de pre-mejoramiento precedieron el desarrollo de cultivares de alto rendimiento. El pre-mejoramiento fue utilizado para adaptar diversos tipos de germoplasma a diversos patrimonios (*backgrounds*) genéticos y adaptaciones a nuevas regiones geográficas (Duvick, 1990).

Además de los objetivos señalados, considerados los más tradicionales del pre-mejoramiento, Duvick (1990) menciona dos más: 1) la incorporación al sistema productivo de nuevas

especies previamente no cultivadas y 2) la incorporación de nuevos objetivos productivos a especies ya cultivadas, como la posibilidad de producción de nuevos perfiles de ácidos grasos con alto valor industrial (*specialty crops*) y de productos farmacéuticos (*pharming*).

Estrategias y herramientas utilizadas en el pre-mejoramiento

Los principales desafíos que enfrenta el pre-mejoramiento son 1) la incorporación de caracteres deseables al material elite, minimizando la introducción de caracteres menos favorables y 2) lograr un esquema de transferencia genética eficiente, generador de un porcentaje satisfactorio de líneas parentales útiles. El éxito medido en cuanto a la eficiencia del uso del germoplasma exótico y el grado de cumplimiento de los objetivos dependerá de la fuente de germoplasma utilizada y de la efectividad del método de introgresión, selección y evaluación utilizado.

Las fuentes de germoplasma consideradas más útiles son los cultivares modernos y líneas avanzadas del mejoramiento, ya adaptados al ambiente productivo. Estos materiales poseen altas frecuencias de alelos y de combinaciones multialélicas favorables y menores frecuencias de alelos y combinaciones multialélicas desfavorables (Allard, 1997). Sin embargo, existen condiciones en las cuáles es necesario utilizar germoplasma exótico, el cual incluye todas las fuentes de germoplasma no adaptados, como materiales presentes en las colecciones internacionales, líneas provenientes de otros programas de mejoramiento, material indígena, especies y géneros emparentados. El éxito en la utilización de estas fuentes de germoplasma dependerá del número de genes a transferir y de la heredabilidad de las características asociadas.

La identificación de germoplasma útil es un tema crucial. Al respecto, existen diversas opiniones acerca de la abundancia y disponibilidad de variabilidad genética útilmente explotable, asociado a la idea de que no toda la variabilidad genética es útil. Tradicionalmente se ha identificado germoplasma exótico útil mediante la evaluación fenotípica dentro de cada programa de mejoramiento (jardines de introducción) o en multiambientes en el caso de colecciones (*nurseries*) de germoplasma cooperativas internacionales.

En contraposición a la evaluación fenotípica, Tanksley y McCouch (1997) proponen la evaluación genotípica del germoplasma exótico en poblaciones avanzadas de retrocruzas con material adaptado, mediante la disección de los diferentes determinantes genéticos como forma de detectar la presencia de alelos exóticos favorables. Dichos alelos favorables pueden estar presentes en materiales que demuestren una performance fenotípica pobre.

Los métodos que facilitan la introgresión, selección y evaluación de la diversidad genética útil y sus niveles de eficacia dependerán

del germoplasma utilizado, de la especie y de las herramientas tecnológicas utilizadas.

La incorporación de diversidad genética a partir de materiales elite o avanzados ya adaptados se realiza en general mediante retrocruzas, análisis de pedigrí y selección recurrente. La ganancia genética esperada dependerá del grado de relación genética existente entre las líneas elite y estos materiales. Sin embargo, Rasmusson y Phillips (1997) proponen que aún utilizando como padres, líneas muy relacionadas genéticamente, es posible obtener ganancias genéticas. Estos autores proponen que otros factores distintos a la identidad de las líneas parentales pueden contribuir a la variabilidad genética de la descendencia. Tales factores serían el rediseño de nuevas combinaciones epistáticas en la descendencia y la ocurrencia de otros mecanismos de reordenamiento genético independientes de la recombinación meiótica. Ejemplos de progreso genético utilizando material elite se encuentran en cebada (Rasmusson y Phillips, 1997) y maíz (Holley y Goodman, 1988).

Otra estrategia de incorporación de germoplasma es el inter cruzamiento con líneas provenientes de programas de mejoramientos divergentes. De esta manera, se realizan cruzamientos entre líneas internacionales x domésticas, de programas públicos x privados y entre programas públicos. El aumento de la importancia del uso de patentes en plantas y genes, así como los mecanismos de protección de cultivares (*plant variety protection*), podrían estar indicando una tendencia a un menor nivel de acceso al uso de dicho germoplasma. Es de destacar que se estima que más de la mitad del progreso genético logrado en el pasado es atribuible al intercambio de germoplasma (Rasmusson, 1996). Por ejemplo, más de la mitad del área triguera de los países en desarrollo, excluyendo China, está plantada con variedades derivadas de germoplasma del CIMMYT (Rajaram, 1999).

La incorporación de diversidad genética desde material exótico, más alejado genéticamente de los materiales elite, se realiza mediante programas de introgresión. El tipo de población y/o generación segregante más adecuada para realizar la evaluación de las progenies resultantes (retrocruzas tempranas o avanzadas, F2) dependerá del nivel de divergencia entre el material elite y el exótico en cuanto a adaptación, y de si se tratan de objetivos de corto o largo plazo.

En cuanto a las herramientas tecnológicas, se distinguen aquellas utilizadas en pre-mejoramiento convencional de las aportadas por el desarrollo de la biotecnología. Ambos tipos de herramientas se complementan en el logro de niveles de utilización satisfactorios de los recursos genéticos disponibles. Las herramientas convencionales son hibridaciones sexuales, cruza amplias interespecíficas e intergenéricas y rescate de embriones híbridos, resíntesis de poliploides y translocaciones (Rajaram, 1999).

En los últimos años, nuevas herramientas biotecnológicas han permitido un gran avance en el estudio del origen, composición,

estructura y funcionalidad de los genomas de las diversas especies cultivadas. Estos avances en la caracterización a nivel genómico de las especies cultivadas está permitiendo nuevos abordajes de utilización de los recursos genéticos disponibles (Lanaud y Lebot, 1995).

Las herramientas utilizadas son: los marcadores moleculares, los mapas genéticos y físicos, la selección asistida por marcadores moleculares: MAS (*Molecular Marker Assisted Selection*), los catálogos de genes funcionales, la identificación y clonación de secuencias de ADN que codifican genes y la secuenciación completa de los genomas de las especies de interés (Lee, 1998).

Los marcadores moleculares han resultado ser una herramienta muy útil para revalorizar los recursos genéticos presentes en la colecciones de germoplasma. De esta manera han permitido caracterizar la organización de la diversidad genética presente en las colecciones de germoplasma, asistir a la construcción de colecciones núcleo, evaluar la amplitud de la diversidad alélica colectada, estimar frecuencias alélicas e identificar aquellos genotipos multilocus prevalentes en cada habitat.

Los marcadores moleculares también han permitido rastrear los genomas parentales de las especies cultivadas, mejorar la caracterización de su organización genómica y ordenar la información genética en mapas de ligamiento genéticos y físicos, localizando aquellas regiones genómicas con caracteres favorables y desfavorables.

Estos importantes avances metodológicos han facilitado el monitoreo a nivel genómico de los procesos de introgresión de regiones genómicas de especies exóticas a cultivadas utilizando MAS y han permitido la identificación en el genoma de genes candidatos de determinar características agronómicas de interés (Lanaud y Lebot, 1995; Sasaki, 1995).

Por su parte, la elaboración de mapas genéticos comparativos entre genomas de diferentes cereales ha puesto en evidencia el alto grado de conservación en el orden de los genes en los cromosomas (colinearidad), tal como lo muestran Devos y Gale (1997). Este nuevo conocimiento de la organización de la información genómica en las plantas cultivadas como los cereales, facilitaría la identificación de genes requeridos para la introgresión desde las especies exóticas.

En los últimos años, la aplicación de la herramienta ingeniería genética ha sido extendida a un gran número de especies cultivadas aunque por el momento un número reducido de diferentes transgenes está presente en los cultivares liberados. La oferta de tipos de transgenes en el mediano plazo se prevé será mayor como consecuencia de un mayor número de genes identificados, clonados y secuenciados, que sean relevantes para la performance productiva o para aportar un nuevo valor agregado a las especies cultivadas. La optimización del uso de esta herramienta, relativamente nueva, requiere de un apoyo importante de investigación básica.

En el corto plazo, el logro de aumentos en los rendimientos se seguirá realizando a través del uso de las herramientas convencionales de recombinación genética a través de cruzamientos para lograr romper ligamientos entre genes no deseables y aumentar la frecuencia de alelos favorables.

El potencial de rendimiento es un carácter complejo del cual aún no se ha comprendido completamente su base genética y fisiológica, de ahí las dificultades de detectar determinantes genéticos concretos que permitan un rediseño genotípico más preciso.

Sin embargo, la detección mediante marcadores moleculares de algunas regiones cromosómicas asociadas a mejores niveles de rendimiento en algunas especies como arroz y tomate (Tanksley y McCouch, 1997), implica que el uso de herramientas biotecnológicas es capaz de remodelar los esquemas tradicionales de pre- y mejoramiento convencional, con el aporte de nuevos conocimientos de los determinantes genéticos de las características de interés y el aporte de herramientas que actúan directamente a nivel genómico (molecular).

Los actores del pre-mejoramiento

A lo largo de la breve pero rica historia del pre-mejoramiento, pueden identificarse un número de actores, los cuales difieren en el tipo de institución que representan, pública o privada, las técnicas que utilizan, el origen de los fondos presupuestales y el grado de reconocimiento en el mercado que goza el producto de su trabajo. Básicamente se distinguen los pre-mejoradores convencionales y los pre-mejoradores asistidos por la biotecnología (Duvick, 1990).

El grupo de pre-mejoradores convencionales ha estado tradicionalmente conformado por algunos esmerados mejoradores mayoritariamente del sector público, que como tarea complementaria a la producción de cultivares han realizado pre-mejoramiento.

Sin embargo, el pre-mejoramiento como actividad principal se ha venido detectando en algunos investigadores de centros de investigación internacionales tales como IRRI, ICRISAT y CIMMYT. Estos centros cuentan con acceso directo a los bancos de germoplasma, así como con infraestructura para caracterizar el uso potencial del material genético y para realizar pre-mejoramiento. Los materiales pre-mejorados resultantes han estado disponibles para los programas nacionales de mejoramiento y su posterior uso en el desarrollo de variedades.

Este tipo de pre-mejoramiento convencional es realizado básicamente mediante técnicas de hibridación sexual, obtención de segregantes y selección en base a la performance fenotípica de los individuos. La fuente principal de financiación son fondos públicos. De esta manera, el costo del desarrollo del material pre-mejorado no ha sido incorporado directamente al precio de la semilla, sino que ha sido afrontado por la sociedad en su conjunto.

En general, se ha otorgado un bajo grado de reconocimiento al valor del material producto del pre-mejoramiento, lo cuál se ha visto reflejado en las dificultades detectadas por las instituciones involucradas para la obtención de fondos suficientes y permanentes.

Más recientemente, una nueva y pujante clase de pre-mejoradores ha aparecido en el sector privado multinacional, los pre-mejoradores asistidos por la biotecnología. Utilizando técnicas biotecnológicas que incluyen la ingeniería genética, técnicas de mapeo molecular y selección asistida por marcadores moleculares, estos nuevos pre-mejoradores han aumentado en algunos casos la eficiencia de las actividades de pre-mejoramiento y han logrado el desarrollo de nuevos productos, no disponibles anteriormente.

La importante financiación privada disponible para estas actividades se explica por las perspectivas de un determinado valor de mercado de los stocks genéticos generados. Dichos materiales producto del pre-mejoramiento privado, tales como líneas transgénicas, se integran a programas de mejoramiento presentes en la misma empresa o son comercializados, contratados o licenciados a otros actores privados, teniendo en este caso un fin comercial en sí mismo. Los costos de pre-mejoramiento incurridos en el ámbito privado, son trasladados al agricultor en el precio de la semilla.

Simultáneamente a una mayor preponderancia del pre-mejoramiento privado y acompañando la tendencia de reformulación de los programas de mejoramiento públicos, se percibe en el sector público la desaparición de los cargos de mejoradores convencionales y por ende de pre-mejoradores convencionales. Esto estaría indicando una marcada disminución en los esfuerzos de pre-mejoramiento en el sector público.

La situación de quiénes y cómo se ejercerá el pre-mejoramiento en el futuro es incierta. Probablemente, los pre-mejoradores del sector público continúen asumiendo casi con exclusividad aquellos esfuerzos de mayores niveles de riesgo en obtención de éxito tales como cruzamientos interespecíficos y aquellos esfuerzos en pre-mejoramiento en especies no priorizadas por las empresas semilleras privadas.

Por su parte, la continuidad del pre-mejoramiento en el sector privado estará supeditada al éxito comercial de los stocks genéticos liberados. Posiblemente, tanto en el sector público como privado, se tienda a la realización del pre-mejoramiento mediante una integración real de todas las técnicas disponibles, ya sea convencionales como biotecnológicas (Duvick, 1990).

Estrategia

El incremento en la valorización genética y ampliación de la base genética de las especies agrícolas figura dentro de las actividades señaladas por el Plan de Acción Mundial (PAM) de la FAO, Actividad número 10 (FAO, 1996). En este contexto, se realiza especial énfasis en la necesidad de disminuir la

vulnerabilidad genética de las variedades cultivadas a través de la utilización de especies silvestres, materiales locales y/o variedades modernas.

La estrategia recomendada a seguir es lograr que los gobiernos, organismos internacionales, organizaciones no-gubernamentales, instituciones académicas y agencias de financiamiento reconozcan la importancia de:

- a) proveer financiación sostenida así como soporte logístico a las tareas de pre-mejoramiento;
- b) priorizar las actividades en los problemas detectados como más relevantes y urgentes;
- c) incentivar en el ámbito de los institutos de investigación el desarrollo de las metodologías necesarias para efectivizar el pre-mejoramiento.

Para llevar adelante estos esfuerzos en forma coordinada, debería existir una estrecha colaboración entre los diferentes actores involucrados tales como programas nacionales de recursos genéticos, redes regionales y otros ámbitos científicos y organizaciones de agricultores.

Esta coordinación debería mantener asimismo un estrecho contacto con los fitomejoradores, tanto del sector público como privado. Asimismo, deberían también concretarse instancias de formación de investigadores a nivel regional, oportunidades de intercambios académicos y puesta en marcha de programas de investigación en pre-mejoramiento con alcance regional.

Las actividades de pre-mejoramiento deberían a su vez, tomar ventaja de otros núcleos de trabajo en recursos genéticos tales como aquellos involucrados en sistemas de información, en la caracterización, evaluación y diseño de colecciones núcleo, así como en el desarrollo de bancos de datos génicos y genómicos.

Asimismo se debería mejorar la disponibilidad y calidad de información en cuanto a la caracterización de los materiales fuentes de germoplasma. Dentro de este punto se destacan: el uso de descriptores útiles como aquellos caracteres asociados a la resistencia a la sequía y enfermedades, incluyendo detalles del habitat natural y la identificación de regiones geográficas con altas frecuencias de alelos favorables. La generación de Colecciones Núcleo permitiría una evaluación agronómica sistemática de las accesiones presentes en muchas colecciones aún no caracterizadas.

En el escenario científico-tecnológico internacional, el sector privado y en menor medida el público han privilegiado la caracterización exhaustiva de los genomas de las principales especies cultivadas. Resulta importante establecer de qué manera la sociedad en general participará de los beneficios que generará la disponibilidad de tales conocimientos.

Bibliografía

- ALLARD, R.W. 1997. Genetic basis of the evolution of adaptedness. **In:** PMA Tigerstedt (ed.). *Adaptation in Plant Breeding*. Kluwer Acad Publishers, The Netherlands. pp 1-11.
- ANONYMOUS. 1972. Genetic vulnerability of major crops. National Academy of Sciences. Washington, DC.
- DALRYMPLE, D.G. 1986. Development and spread of high-yielding rice varieties in developing countries. Bureau for Science and Technology. Agency for International Development. Washington, DC.
- DALRYMPLE, D.G. 1986a. Development and spread of high-yielding wheat varieties in developing countries. Bureau for Science and Technology. Agency for International Development. Washington, DC.
- DEVOS, K.M.; GALE, M.D. 1997. Comparative genetics in the grasses. *Plant Mol. Biol.* 35: 3-15.
- DUVICK, D.N. 1990. Genetic enhancement and plant breeding. **In:** J. Janick and J.E. Simon (eds.). *Advances in new crops*. Timber Press, Portland, OR. pp 90-96.
- FAO. 1996. Plan de Acción Mundial. <http://web.icppgr.fao.org/PAM>
- HOLLEY, R.N.; GOODMAN, M.M. 1988. Yield potential of tropical hybrid maize derivatives. *Crop. Sci.* 28: 213-218.
- LANAUD, C.; LEBOT, V. 1995. Molecular techniques for increased use of genetic resources. **In:** W.G. Ayad, T. Hodgkin, A. Jaradat, y V.R. Rao (eds.). *Molecular genetic techniques for plant genetic resources*. International Plant Genetic Resources Institute, Rome. Italy. pp 92-97.
- LEE, M. 1998. Genome projects and gene pools: new germplasm for plant breeding. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 95: 2001-2004.
- MAUNDER, A.B. 1992. Identification of useful germplasm for practical plant breeding programs. **In:** H.T. Stalker y J.P. Murphy (eds.). *Proceedings of the Symposium on Plant Breeding in the 1990s*. CAB, UK. pp147-169
- RAJARAM, S. 1999. Historical aspects and future challenges of an International Wheat Program. **In:** M. van Ginkel, A. McNab y J. Krupinsky (eds.) *Septoria and Stagonospora disease of cereals: a compilation of global research*. Mexico, DF: CIMMYT. pp 1-17.
- RASMUSSEN, D.C. 1996. Germplasm is paramount. **In:** M.P. Reynolds, S. Rajaram, y A. McNab (eds.). *Increasing yield potential in wheat: breaking the barriers*. Mexico, DF: CIMMYT. pp 28-35.

- RASMUSSEN, D.C.; PHILLIPS, R.L. 1997. Plant breeding progress and genetic diversity from *de novo* variation and elevated epistasis. *Crop Sci.* 37: 303-310.
- SASAKI, T. 1995. The Japan Rice Genome Project: enhanced use of genetic resources. **In:** W.G. Ayad, T. Hodgkin, A. Jaradat y V.R. Rao (eds.). *Molecular genetic techniques for plant genetic resources*. International Plant Genetic Resources Institute. Rome. Italy. pp 103-106.
- TANKSLEY, S. D.; MCCOUCH, S.R. 1997. Seed banks and molecular maps: Unlocking genetic potential from the wild. *Science* 277: 1063-1066.



Documentación e información de recursos fitogenéticos

por Víctor Santander *

Introducción

Si bien siempre es necesario generar (o complementar) conocimientos sobre los diferentes aspectos relacionados con la conservación y uso de los recursos fitogenéticos, también es cierto que existe un volumen importante de datos e información en la región que no han sido adecuadamente documentados.

A esta problemática se suman las limitantes en los procesos de comunicación, resultado éstas de una inadecuada coordinación entre los grupos de investigación y difusión y a la utilización de mecanismos inapropiados para la difusión. Ello redundando en: 1) un uso ineficiente de los recursos (por reiteración de actividades que no serían necesarias) y 2) en una insuficiente difusión de la información generada, limitando el progreso científico - técnico. Si se lograra una adecuada documentación y mecanismos apropiados de difusión, se potenciarían las capacidades individuales y colectivas de los países y la región.

Documentación es un término que incluye todos los procesos necesarios para recopilar, organizar, analizar y distribuir la información concerniente al ensamble, manejo y utilización de una colección de recursos genéticos de cualquier especie (Hidalgo, 1994). Comprende la obtención, procesamiento, análisis y disseminación de los datos e informaciones relacionados con las actividades de: 1) enriquecimiento de la variabilidad genética disponible (ya sea a través de colecta, mejoramiento genético o procedimientos biotecnológicos), 2) conservación *in situ* (reservas, parques, etc.), 3) conservación *ex situ* (en cámaras frías, *in vitro*, en colecciones de campo, etc.), 4) regeneración y/o multiplicación, caracterización (a través de la utilización de descriptores morfológicos, moleculares, etc.) y 5) evaluación agronómica (con utilización de parámetros cuantitativos) (Morales, 1988). Un sistema de documentación, por su parte, se refiere a cualquier forma de almacenar y conservar datos, desde métodos manuales hasta métodos completamente computarizados.

El término información, es el significado que surge del registro, clasificación, organización, relación o interpretación de datos. Aun cuando los términos información y datos se manejen en forma intercambiable, son conceptos que difieren. Los datos no tienen significado hasta que no se acompañan de la información que los describe, o que aclara con que medida o testigo se comparan. Se pueden registrar los datos de diferente manera, pero la forma en la que se registran los mismos puede afectar la utilidad de la información que se recupere.

* Coordinador Nacional de Recursos Fitogenéticos de DIA/Paraguay y Coordinador Nacional (Paraguay) del Subprograma Recursos Genéticos del PROCISUR
dia@quanta.com.py

La información documentada es lo que permite establecer prioridades, tomar decisiones en la planificación de actividades y un uso eficiente de los recursos disponibles (Painting et al., 1993). El objetivo de un sistema de información es almacenar y tornar accesible las informaciones sobre los recursos genéticos para la investigación agropecuaria (Cajueiro; Monteiro, 1999).

La amplia y oportuna adquisición, publicación y diseminación de la información en recursos genéticos ayuda a asegurar que esos materiales sean seguramente conservados, acelera el ritmo de la investigación y el mejoramiento genético y minimiza la duplicación de esfuerzos permitiendo el fortalecimiento de los sistemas de información existentes y la coordinación entre los mismos.

En el artículo 17 del Convenio de Diversidad Biológica se rescata la importancia del intercambio de información disponible, pertinente para la conservación y utilización sostenible de la diversidad biológica. Esta información debe incluir el intercambio de los resultados de las investigaciones técnicas, científicas y socio-económicas, así como información sobre programas de capacitación y estudios, conocimientos especializados, conocimientos autóctonos y tradicionales (ONU, 1992). En el Plan de Acción Global aprobado en la IV Conferencia Técnica Internacional sobre Recursos Fitogenéticos organizada en ámbito de FAO en Leipzig, Alemania, en 1996, se resalta la importancia de contar con un sistema de información para la documentación de recursos genéticos a nivel regional y mundial.

Antecedentes

Desde los comienzos de la agricultura, el valor de los recursos fitogenéticos residió en gran medida en el conocimiento que de ellos se tuviera. Durante miles de años, dicho conocimiento fue transmitido en forma oral y, luego del descubrimiento de la escritura, en diversas formas de documentos. Pero no es sino recientemente (en términos históricos) que se comenzó a documentar y difundir en forma sistemática, y hace apenas unas pocas decenas de años que se comenzaron a utilizar bases computarizadas. En los últimos años, los recursos de informática han sido incorporados y utilizados sistemáticamente, con el objetivo de atender y facilitar estas acciones.

Con la evolución de la informática, están disponibles tecnologías y software más eficientes y más fáciles de ser manejados para el tratamiento de datos e informaciones que se han convertido en herramientas de fundamental utilidad para los bancos de germoplasma, curadores de germoplasma y manejo de las colecciones (Sias Costa, 1999). Los equipamientos, recursos humanos y procedimientos utilizados para organizar la documentación varían entre instituciones y países, en función de sus finalidades, estructuras organizativas y de los recursos económicos disponibles (Morales, 1989). De acuerdo a dichas posibilidades, pueden encontrarse diferentes iniciativas de implementación de bases de datos e intercambio de información

(entre y dentro de los países), ya sea en bancos, herbarios, arboretum, jardines botánicos, parques nacionales u otros tipos de áreas protegidas.

El volumen de información que se genera hoy en recursos fitogenéticos (partiendo de toda la actividad de colecta, caracterización, evaluación y distribución de semillas) resulta muy engorroso, si no se cuenta con un sistema de documentación que permita el manejo automatizado de los recursos genéticos, contribuyendo a la estandarización de la toma de datos, la inmediatez de la información para los diferentes usuarios y una adecuada documentación de los recursos de que se dispone (MIR 2000).

A nivel internacional, diversas instancias han jerarquizado y propugnado el uso de sistemas de información y documentación que valoricen el germoplasma de las diferentes especies de interés, recomendando la adopción o creación de sistemas o redes de documentación e información, ya sean regionales o mundiales.

En el período 1984-1995, Knüpffer (1995) reporta la existencia a nivel internacional de 64 bases de datos en 48 géneros. Con posterioridad, se han desarrollado varios sistemas de alcance nacional, regional e incluso mundial. Cabe mencionar como antecedentes, el GENIS de Holanda, en 1989 (MIR, 1999), el GMS desarrollado por IBPGR (Perry et al, 1993), y el pcGRIN en los Estados Unidos, (USDA, 1993), el CSEGRIN en los países del CARICOM en 1994, el SINGER de FAO en 1997, el ICIS del CGIAR en 1998 (MIR, 1999).

También la Reunión Preparatoria Intergubernamental de Latino América y el Caribe para la IV Conferencia Internacional sobre Recursos Fitogenéticos llevada a cabo en marzo de 1996, en Bogotá, Colombia, recomendó crear una Red Regional de Información sobre Semillas y Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura y promover la participación de países de la región y extraregionales en el desarrollo de sistemas estandarizados de información sobre semillas y recursos fitogenéticos.

En el mismo sentido, la IV Conferencia Técnica Internacional sobre Recursos Fitogenéticos en el Plan de Acción Mundial (PAM) para la conservación y uso sostenible de los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura, subrayó la importancia de apoyar el intercambio de información sobre recursos fitogenéticos entre los distintos países, con la cooperación de las agencias pertinentes de las Naciones Unidas, organizaciones regionales, intergubernamentales y no gubernamentales, incluyendo el sector privado. Concretamente, entre las actividades prioritarias el PAM cita la formación de "Sistemas de información para la documentación de recursos fitogenéticos" y recomienda el establecimiento de "redes regionales de manejo de datos e intercambio entre bancos de genes para apoyar los sistemas de documentación y de capacitación de personal".

Regionalmente, el IICA (con la participación de los Centros Internacionales de la Región, el CATIE y la FAO) ha auspiciado la creación de redes de recursos genéticos: REMERFI, que abarca Centroamérica (Belize, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, México y Nicaragua); CAPGNET, que incluye los países del Caribe; REDARFIT (Red Andina de Recursos Fitogenéticos) que incluye a Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela; TROPIGEN (Red Amazónica) que abarca a Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, Guyana, Perú, Surinam y Venezuela; y las acciones que en este sentido ha tomado el Subprograma Recursos Genéticos del PROCISUR que incluye los seis países del Cono Sur. En todas ellas, es prioritario la creación de un sistema de documentación.

Más recientemente, en setiembre de 1998, en Cali, Colombia, en la reunión regional para promover la implementación del PAM en América Latina y el Caribe, nuevamente se identificó entre las actividades prioritarias a nivel regional y subregional, la creación de sistemas amplios de información sobre los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura (Actividad 18, PAM).

Asimismo, en el año 1999, en la primer reunión del Mecanismo de Integración Regional (MIR), creado como seguimiento de la reunión de Cali, para implementar el PAM, que se realizó en Colonia, Uruguay, y que contó con la participación de representantes de las subregiones de América Latina y el Caribe, de la Oficina Regional de FAO y la Oficina para las Américas de IPGRI; se elaboró y discutió un perfil de proyecto sobre el tema titulado "Sistema de información, comunicación y documentación compatible para manejo de los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura de América Latina y el Caribe". Este proyecto, cuya responsabilidad de formularlo recayó en la Subregión Caribe, circuló durante el año 2000 para consulta en toda la región y fue presentado en la segunda reunión del MIR que se realizó en octubre del 2000 en Costa Rica. Respecto a los futuros avances del proyecto, FAO se encuentra en etapa de búsqueda e identificación de fuentes de financiamiento.

En el Cono Sur, como ya se mencionó, PROCISUR ha establecido el Subprograma de Recursos Genéticos, en cuyo ámbito se han propuesto diversas acciones, entre ellas la realización de un Taller de Compatibilización de los Sistemas de Información de los Recursos Genéticos del Cono Sur (Montevideo, 1995), un curso de Redes de Información vía Internet, (Brasilia, 1995), y en el mismo año, la Creación de un Comité Técnico de Documentación e Información en Recursos Fitogenéticos, con la propuesta de elaboración de un Sistema de Información de Recursos Genéticos del Cono Sur (SIRGSUR).

En el año 1999, el Subprograma organizó conjuntamente con el IPGRI un Curso de Documentación que se realizó en Colonia, Uruguay, donde se trabajó en la demostración y dinámica del software desarrollado por el USDA para PC, el cual fue puesto a

disposición de los países. También se tomó contacto con otros softwares disponibles en la región, a los efectos de que los países tomaran conocimiento de las diferentes alternativas disponibles.

A nivel de los países, Argentina y Brasil han desarrollado sus propios sistemas de documentación e información, los cuales se encuentran en funcionamiento en INTA y EMBRAPA, respectivamente. Sin embargo, a pesar de las propuestas que existen a diferentes niveles se constata, en la mayoría de los países del Cono Sur, una situación variable de disponibilidad de un sistema de documentación e información que permita conocer la situación de las colecciones de germoplasma que los países poseen. A excepción de Brasil y Argentina, los demás países recién en los últimos años han comenzado a adoptar en mayor o menor medida alguna plataforma sistematizada para el manejo de sus colecciones, encontrándose en la mayoría de los casos en diferentes formas más o menos computarizadas, y respondiendo a las necesidades de manejo inmediato que cada situación requiere. Así, la mayor parte de la información se encuentra en forma de diferentes bases de datos, planillas electrónicas u otras formas que requieren una inversión en tiempo importante para poderlas incluir en un sistema propiamente dirigido a recursos genéticos. Además, si bien muchas instituciones dentro de los países han ingresado de alguna forma sus datos a sistemas computarizados, son sistemas institucionales, y no se han realizado las coordinaciones correspondientes a nivel de cada país para que la documentación e información se encuentre bajo una estandarización mínima que permita un intercambio fluido de información entre los integrantes de los sistemas nacionales.

Existen listas estandarizadas de descriptores para la caracterización y evaluación de recursos fitogenéticos ya desarrolladas en el pasado para un cierto número de cultivos, siendo usadas en parte o en su totalidad. Sin embargo, los programas nacionales han modificado o adaptado a sus condiciones, ya sean los mismos descriptores o sus atributos. Esto ha llevado al desarrollo de estándares locales para la documentación de recursos genéticos, que técnicamente son válidos, pero que pueden actuar en detrimento de la comunicabilidad a nivel nacional e internacional. Es entonces imprescindible que los equipos técnicos de los distintos tipos de cultivos establezcan protocolos comunes mínimos, como mecanismo de facilitación del intercambio de información

Salvo raras excepciones, tampoco se cuenta a nivel nacional y regional con protocolos estandarizados en otras áreas de investigación y generación de datos de recursos fitogenéticos (como tipo de ensayos de campo, número de plantas a utilizar en los ensayos, protocolos *in vitro*, etc.), que permita un intercambio fluido de información.

El no disponer de bases de datos regionales que permitan integrar la información de las valiosas colecciones existentes en la región, le resta valor a las mismas. La valorización de las colecciones es un aspecto importante para incrementar el poder

negociador de los países en el ámbito internacional en relación al acceso a los recursos fitogenéticos.

En el aspecto de capacitación, a excepción de cursos cortos que IPGRI ha venido ofreciendo y desarrollando en la región, se identifica un desarrollo precario de ofertas de capacitación específicas en el tema, siendo la mayoría de los cursos ofrecidos, de áreas más generales, que son luego adaptadas por los especialistas de acuerdo a las necesidades y capacidades de las instituciones o países.

En lo que se refiere a equipamiento disponible en los países de la región para sistemas de información potentes, a excepción (nuevamente) de unos pocos, no se constata capacidad suficiente para sustentar la información disponible de los sistemas nacionales de recursos fitogenéticos.

Otro de los problemas identificados reside en el cúmulo de información de recursos fitogenéticos que no ha sido publicada, o lo ha sido en boletines internos de reducida difusión. Muchas de las publicaciones se encuentran dispersas en bibliotecas de los países o incluso fuera de la región, lo que dificulta la búsqueda e identificación de información, enlenteciendo el desarrollo y conocimiento de las especies de valor que el Cono Sur posee.

También existe un volumen importante de información en consultorías, proyectos, evaluación de impactos, que normalmente no llegan a la comunidad científica. Asimismo, es considerable la gran cantidad de información dispersa en forma de *papers* individuales, sin que se hayan elaborado posteriormente materiales de síntesis como libros o revisiones sobre temas específicos que permitirían un conocimiento más acabado del estado del arte.

Además existen dificultades, por lo menos en algunos de los países de la región, para obtener publicaciones regionales e internacionales. Este es un tema fundamental a resolver para el desarrollo científico de los recursos fitogenéticos en la región.

En lo que se refiere a otro tipo de actividades de intercambio de información, se identifica, a nivel general, una cantidad interesante de seminarios o establecimiento de redes suprarregionales o internacionales, no ocurriendo lo mismo cuando se refiere a áreas temáticas más específicas, donde los vínculos entre los investigadores son generalmente débiles en los países y la región.

Propuesta estratégica

Para el conocimiento, acceso y utilización de los recursos fitogenéticos de la región, resulta estratégico contar con un sistema de información que permita el desarrollo y valorización de los mismos.

Por lo tanto, es estratégico:

- a) hacer fácilmente disponible la información que se posee sobre los recursos fitogenéticos existentes en la región.

Para ello sería necesario para todos los países del Cono Sur la adopción urgente de sistemas de documentación e información estandarizados que valoricen el acervo genético de sus colecciones. Este sistema debe facilitar también la elaboración y análisis de la información, así como su publicación y difusión posterior a diferentes niveles;

- b) cada país debería adoptar el sistema que mejor responda a sus requerimientos. Para ello puede elegir uno ya existente o desarrollar el propio. La adopción de uno existente debe asegurar el compromiso de mantenimiento y *updating*; el desarrollo de uno propio implica además su permanente actualización y adaptación a las nuevas tecnologías que emergen;
- c) sería recomendable que las diferentes instituciones nacionales que manejan recursos fitogenéticos adopten el mismo sistema de documentación o sistemas que sean compatibles. El objetivo fundamental es, por un lado, facilitar el intercambio de información y, por otro, integrar la información que cada institución posee en bases de datos de carácter nacional;
- d) en síntesis, el desarrollo e implementación de un sistema automatizado para el manejo de información estandarizada, deberá satisfacer las siguientes condiciones:
 1. adoptar un sistema estandarizado para el manejo de la información,
 2. ser independiente de los cultivos,
 3. ser de fácil manejo para el operador (amigable),
 4. ser adecuado a las características del lenguaje del usuario,
 5. ser flexible y económicamente accesible,
 6. proteger la confiabilidad de la información del usuario,
 7. respetar los derechos de propiedad intelectual,
 8. ser rápido y eficiente .
 9. permitir un ágil acceso a la información que facilite la elaboración de estudios y análisis y su posterior difusión;
- e) a su vez, los sistemas adoptados a nivel subregional y regional deben también permitir un intercambio fluido de información, para lo cual deben poseer plataformas compatibles, o buscar la interfase necesaria para dicho intercambio;
- f) se debe propender al establecimiento de protocolos regionales básicos comunes en las áreas prioritarias de investigación, que permitan compatibilizar la información generada y realizar análisis comunes;
- g) el desarrollo y priorización de descriptores comunes en las especies de interés regional es de importancia

primordial. Para ello se deben facilitar la interacción entre especialistas en las especies prioritarias a nivel del Cono Sur. La definición de estándares para la documentación de recursos fitogenéticos y su posibilidad de adopción por los usuarios del sistema es un factor fundamental para asegurar la comunicabilidad entre instituciones de los países y la región;

- h) se recomienda la creación de una base de datos regional, al menos en especies de interés común;
- i) es requisito previo proveer del equipamiento mínimo compatible con el desarrollo de un sistema de documentación e información nacional y regional para lo cual deben articularse y efectivizarse los proyectos en formulación en la región;
- j) sería sumamente necesario realizar un relevamiento (al menos primario) de proyectos y publicaciones existentes sobre los recursos fitogenéticos del Cono Sur, en coordinación con trabajos de relevamiento que están realizando otras redes de Recursos Genéticos, como TROPIGEN, y hacerlas disponibles;
- k) a su vez, es necesario propiciar la publicación de la información generada que esté disponible a la comunidad científica, promover la generación de materiales de síntesis, como libros o revisiones en temas específicos y la realización de actividades específicas por áreas temáticas y/o especies;
- l) dadas las posibilidades que han surgido en los últimos años, se debe propender a generar una base de datos bibliográficos que esté disponible a través de INTERNET, que incluya las principales publicaciones y revistas en el tema;
- m) es ineludible buscar mecanismos de apoyo a científicos e investigadores en búsquedas bibliográficas y acceso a artículos científicos u otras publicaciones, utilizando en lo posible las facilidades ya disponibles en la región;
- n) es necesario fortalecer las actividades de capacitación en el tema, que dado el dinamismo de la disciplina, hacen necesaria una actualización periódica obligada de los especialistas y técnicos encargados de la documentación e información de los recursos genéticos. En la capacitación de recursos humanos se deben integrar perfiles complementarios de técnicos involucrados (analista/documentalista/especialista de cada especie);
- ñ) por último, es conveniente buscar articulación entre las instituciones y organizaciones regionales e internacionales que tienen iniciativas en el tema a los efectos de potenciar acciones y racionalizar la utilización de los escasos recursos humanos y materiales disponibles.

Bibliografías

- CAJUEIRO, E.V. de M.; MONTEIRO, J. 1999. Sistema Brasileiro de Informação de Recursos Genéticos (SIBRARGEN). SIRGEALC, Brasil.
- ESTRELLA, J. 1994. Sistema de Documentación de Ecuador. In: Curso/Taller Documentación en Recursos Fitogenéticos. CIAT/IPGRI, Colombia.
- FAO. 1996. Plan de Acción Mundial para la conservación y la utilización sostenible de los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura y la Declaración de Leipzig. Cuarta Conferencia Técnica Internacional sobre Recursos Fitogenéticos, Leipzig. Alemania. 64 pp.
- HIDALGO, R. 1994. Estandarización de conceptos básicos sobre documentación de recursos fitogenéticos. In: Curso/Taller Documentación en recursos fitogenéticos. Colombia, CIAT/ IPGRI
- KNÜPFER, H. 1995. Central crop databases. In: van Hintum , T. J. L., M. W.M. Jongen y T. Hazekamp (eds.) Standardization in Plant Genetic Resources Documentation. Report of Second Technical Meeting of Focal Points for Documentation in East European Genebanks, Centre for Genetic Resources. (CNG). The Netherlands.
- MIR - MECANISMO INTEGRACIÓN REGIONAL. 1999. Perfil para un proyecto sobre: sistema de información, comunicación y documentación compatible para el manejo de los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura de América Latina y el Caribe. Colonia, Uruguay.
- MIR - MECANISMO INTEGRACIÓN REGIONAL. 2000. Perfil para un proyecto sobre: sistema de información, comunicación y documentación compatible para el manejo de los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura de América Latina y el Caribe. Costa Rica.
- MORALES, E.A.V. 1988 Documentação e informação de recursos genéticos. In: Anais. Encontro sobre recursos genéticos, 1. UNESP/EMBRAPA-CENARGEN. Brasil.
- MORALES, E.A.V. 1989. Registro y documentación de germoplasma. In: Curso de tecnología de semillas para bancos de germoplasma. CENARGEN. Brasilia. Brasil.
- ONU. 1992. Convenio sobre Diversidad Biológica. Rio de Janeiro. Brasil
- PAINTING, K.A. et al. 1993. Guía para la documentación de recursos genéticos. Consejo Internacional de Recursos Fitogenéticos. Roma. Italia. 309 pp.
- PERRY, M.C.; PAINTING, K.A.; AYAD, W.G.. 1993. Genebank Management System (GMS). IBPGR. Roma. Italia

SIAS COSTA, I.R.. 1999. Documentação e informatização de recursos genéticos. SIRGEALC. Brasil.

USDA. 1993. pcGRIN: Germplasm Resources Information Network Data Query System for the PC. US. Department of Agricultural Research Service, ARS-108. 85 p.



Recursos genéticos e transgênicos

*por Edison Ryoiti Sujii y Patricia Messemberg Guimarães **

Nas últimas décadas, os avanços biotecnológicos do melhoramento animal, vegetal e de microrganismos levantaram novas preocupações à introdução no meio ambiente de organismos exóticos, especialmente os organismos geneticamente modificados (OGM's). Esta questão resultou na inclusão de um artigo na Convenção da Biodiversidade que trata especificamente da biossegurança dos organismos transgênicos. Organismos são chamados transgênicos quando neles são inseridos genes exógenos que podem ser oriundos de espécies pertencentes a linhas filogenéticas diferentes, ou até reinos diferentes, através da técnica do Ácido Desoxiribonucleico Recombinante (ADN-r).

Genes que expressam características agrônômicas importantes, provenientes de organismos pertencentes a ramos filogenéticos completamente diferentes já podem ser introduzidos e combinados em espécies cultivadas (Kareiva, 1993). O plantio em grande escala de culturas geneticamente modificadas através de técnicas de ADN-r resultará em um fluxo de novos genes dentro dos sistemas agrícolas, e, através destes, possivelmente também para dentro dos ecossistemas naturais. Muitos destes genes virão de outras plantas, animais e microrganismos, os quais não encontrariam este caminho através de processos reprodutivos naturais. Estes fatores levantam a questão dos riscos da experimentação em campo e da comercialização de plantas cultivadas transgênicas (Fontes et al., 1996).

As vantagens agrônômicas e de qualidade prometidas pelas empresas transnacionais que produzem e comercializam sementes de plantas transgênicas e a crescente desvalorização monetária dos produtos agrícolas que produzem uma grande ansiedade por parte dos agricultores na busca de novas soluções tecnológicas para a sua atividade.

No entanto, essa tecnologia pode apresentar riscos potenciais para a própria agricultura tradicional e aos ecossistemas naturais, devendo portanto, ser devidamente avaliada antes da introdução e plantio em grande escala nos países detentores de elevada diversidade de espécies selvagens e grande variabilidade genética de espécies domesticadas.

* Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, PqEB Final W3 Norte, C. P. 02372, 70849.970 Brasília, DF, Brasil
E-mail sujii@cenargen.embrapa.br

Fatores limitantes à introdução e liberação de organismos transgênicos

A liberação de organismos geneticamente modificados representa um risco potencial para a estrutura e funcionamento de comunidades em centros de diversidade devido aos efeitos negativos diretos e indiretos que podem causar. Organismos transgênicos podem afetar diretamente a biodiversidade de agroecossistemas, além dos ecossistemas naturais vizinhos ao local de liberação, tornando-se potencialmente espécies invasoras capazes de alterar a diversidade e a equitabilidade das espécies, prejudicando espécies não-alvo, alterando processos e ciclos biológicos e inviabilizando recursos naturais. A realização de análises de segurança biológica (biossegurança) da liberação de organismos transgênicos no ambiente é atualmente o principal fator limitante para introdução e uso em larga escala deste tipo de germoplasma. A análise de biossegurança deve considerar aspectos ambientais e sócio-econômicos aceitos por todos os setores envolvido (órgãos governamentais, comunidade científica e sociedade civil) e avaliar a relação benefício/custo para o país da introdução e uso de organismos transgênicos.

Os riscos ecológicos relacionados à liberação no meio ambiente de organismos transgênicos foram descritos por Tiedje et al. (1989), sendo os aspectos mais relevantes discutidos por Fontes et al. (1996), conforme transcrevemos a seguir.

Criação de novas plantas daninhas ou amplificação do efeito de plantas daninhas já existentes

Um levantamento feito por Keeler (1989) entre as piores plantas daninhas ou invasoras revelou que estas reúnem um conjunto médio de 10 a 11 características ecológicas que lhes garante seu sucesso como colonizadoras. Tolerância a fatores abióticos desfavoráveis, elevada capacidade de produção de sementes ou propágulos vegetativos, fácil dispersão de sementes por agentes não específicos, dormência de sementes, plasticidade fenológica, resistência a herbívoros e patógenos e crescimento rápido são algumas dessas características. O mesmo autor analisando plantas cultivadas afirma que estas necessitariam de uma mudança média de cinco a seis características para tornarem-se plantas daninhas ou invasoras. Dessa forma, as chances de culturas transgênicas, geralmente recebendo um ou dois genes que alteram suas características, tornarem-se plantas daninhas seriam potencialmente muito baixas em geral.

Atualmente, muitas das culturas foram domesticadas a ponto de tornarem-se inteiramente dependentes da atividade humana. Alho, banana, milho e tomate são alguns exemplos de espécies que, mesmo recebendo genes que aumentem sua adaptabilidade a condições ambientais adversas por engenharia genética, apresentam baixo risco de tornarem-se plantas daninhas auto-propagativas ameaçando a biodiversidade mesmo em seus

respectivos centros de origem e diversificação. Outras espécies, principalmente gramíneas (Poaceas) cultivadas e economicamente exploradas, são consideradas plantas daninhas em algumas situações. A introdução de genes que aumentam a adaptabilidade (tais como resistência a doenças e pragas) em plantas cultivadas desta categoria poderá alterar o balanço em direção à uma maior capacidade de invasão em áreas onde estas plantas são atualmente cultivadas com segurança, ou aumentar a capacidade invasora em variedades atualmente consideradas seguras (Fontes et al., 1996).

Algumas culturas têm parentesco próximo com plantas invasoras, tais como cana-de-açúcar (*Saccharum*), arroz (*Oryza*), batata (*Solanum*), batata doce (*Ipomoea*), algodão (*Gossypium*), canola (*Brassica*), girassol (*Helianthus*) e aveia (*Avena*). Muitas destas culturas, que ainda compartilham muitas características com seus ancestrais que são espécies invasoras, certos tipos de alteração genética poderão criar problemas com a própria cultura (Keeler, 1989). Por exemplo, uma variedade de arroz irrigado, altamente tolerante a salinidade, poderá invadir estuários (Tiedje et al., 1989), mesmo em regiões distantes de seu centro de diversificação como a América Latina.

Consideravelmente maior é a possibilidade de surgirem problemas mais sérios com espécies aparentadas que já são invasoras, através da aquisição de genes da cultura transgênica que conferem adaptabilidade, por hibridização e introgressão. Os ecólogos consideram este cenário o principal risco ecológico de plantas, animais e microrganismos transgênicos (Holm et al., 1977; Tiedje et al., 1989; Ellstrand; Hoffman, 1990; Hoffman, 1990; Klinger, Elam, Ellstrand, 1991; Kapteijns, 1993).

Dano a espécies não-alvo e desperdício de valiosos recursos biológicos

A eliminação de espécies silvestres ou naturalizadas através da competição ou interferência é um resultado possível em certos casos. Por exemplo, a introdução em plantas cultivadas de transgenes que codificam para a produção de toxinas inseticidas poderá alterar a composição florística de uma comunidade através da diminuição da predação de sementes das plantas transgênicas ou de seus parentes silvestres que tenham adquirido o gene da toxina por hibridização. Isto será possível se insetos predadores de semente forem também suscetíveis à toxina produzida a partir do gene inserido.

Estratégias de resistência a pragas e doenças precisam também ser consideradas. Há a possibilidade do uso de um número limitado de genes que conferem resistência em várias espécies de plantas cultivadas, impondo portanto uma intensa pressão de seleção para populações de pragas e doenças (Ferro, 1993). Por exemplo, os genes que codificam para a produção de toxinas inseticidas isolados da bactéria *Bacillus thuringiensis* foram

inseridos em várias plantas cultivadas, conferindo resistência contra alguns insetos herbívoros (Gould et al., 1992). No entanto, as culturas transgênicas, assim como o *B. thuringiensis* inalterado, poderão tornar-se ineficazes se forem criadas condições para uma evolução acelerada de resistência nas populações de insetos.

A introdução de organismos transgênicos pode ainda representar uma ameaça às raças locais e variedades tradicionais conservadas *in situ*, seja por agricultores ou por instituições de pesquisa, caso o transgene seja transferido e afete a expressão fenotípica das raças locais ou variedades tradicionais. Características como o *Technology Protection System* conhecida como *Terminator*, capaz de produzir sementes inviáveis, representam uma ameaça a este material.

Efeitos disruptivos a comunidades bióticas e processos dos ecossistemas

A composição e abundância relativa de espécies, e a estrutura espacial de comunidades naturais de plantas, dependem de um equilíbrio complexo mantido através da competição planta-planta, do efeito dos herbívoros e de predadores de sementes, e de interações com polinizadores, dispersores de sementes e mutualistas do solo. A aquisição de características de alta estabilidade, tais como proteção contra insetos herbívoros, por uma planta silvestre através da introgressão com culturas transgênicas relacionadas ou por transferência horizontal poderá romper este equilíbrio com consequências desastrosas.

Sabemos, através da experiência agrícola, que pragas são capazes de causar danos massivos à adaptabilidade reprodutiva e à produção de plantas cultivadas. Experimentos em comunidades naturais e o registro do sucesso do controle biológico de plantas daninhas através de insetos e patógenos importados comprovam a importância do controle exercido pelos inimigos sobre a reprodução das plantas nas comunidades agrícolas e naturais. Uma espécie de planta silvestre, liberada de controle natural significativo, se tornaria melhor competidora, capaz de reduzir a densidade de espécies competidoras. Efeitos secundários poderiam incluir declínios em populações animais dependentes destas espécies, e mesmo mudanças na estrutura da vegetação. Por outro lado, existe também a possibilidade da planta silvestre, uma vez tendo incorporado o gene exógeno ao seu genoma, vir a tornar-se menos adaptada à variabilidade natural e portanto vulnerável à extinção (Kareiva; Parker, 1995).

Existe ainda a preocupação com relação aos efeitos de plantas transgênicas que adquiriram a transgênese através da introgressão sobre as funções dos ecossistemas. Árvores transgênicas usadas em projetos de reflorestamento poderão gerar vários efeitos benéficos nos processos dos ecossistemas através do aumento da taxa de fixação de carbono por área, da estabilização ou enriquecimento do solo, e do tamponamento do clima (Cowel, 1994). Por outro lado, precaução será necessária nos casos de plantas transgênicas que afetam

significativamente o balanço nutricional do solo alterando a disponibilidade de nutrientes (Janzem, 1987). Além disso, a transferência horizontal de genes para espécies não aparentadas permitindo que organismos ou microrganismos recebam características expressas por plantas transgênicas apresenta potencial de risco para perturbar comunidades bióticas e processos ecológicos.

A transferência de genes entre bactérias através dos processos de conjugação, transdução e transformação tem sido amplamente descrita tanto entre organismos Gram positivos quanto Gram negativos, tendo sido reportada nos mais diversos habitats terrestres e aquáticos. No entanto, a falta de estudos conclusivos em ecossistemas naturais torna difícil estimar a contribuição de cada um destes processos para a transferência horizontal total de genes entre microrganismos no ambiente, sendo que a maior parte das inferências são extrapolações a partir de estudos realizados em laboratórios ou ambientes controlados. As principais formas de transferência horizontal são descritas a seguir.

- a) Conjugação: é um processo parasexual que requer contato direto entre a célula doadora e a recipiente (Willetts; Skurray, 1980). A informação genética necessária para esta transferência é encontrada em plasmídeos de transferência (Tra^+), sendo que cada célula pode ser recipiente de mais de um plasmídeo. Estes plasmídeos também podem mobilizar outros plasmídeos não transferíveis (Tra^-) além de genes cromossomais. Além dos fatores genéticos e fisiológicos, o nível de participação de cada organismo na transferência total de genes depende do hospedeiro, do organismo recipiente (densidade, genótipo, fenótipo, fisiologia), do plasmídeo (transmissibilidade, genótipo) e do ambiente (pH, temperatura, nível nutricional, etc), tornando a análise do risco de introdução de um OGM em determinada área e sua capacidade de transferência genética através de conjugação um estudo bastante complexo;
- b) Transdução: este mecanismo é caracterizado pela transferência de material genético de uma célula para outra através do empacotamento do DNA bacteriano em partículas virais (Masters, 1985). Os mediadores desta transferência, os bacteriófagos, são parasitas intracelulares obrigatórios que utilizam toda a maquinaria da célula bacteriana hospedeira para sobreviver e se replicar. A especificidade dos bacteriófagos em relação às suas hospedeiras, e a necessidade da existência de um fator externo (o fago) para que ocorra a transdução, tem contribuído para que a maioria dos autores considere este um mecanismo menos potente de transferência de genes no ambiente do que a conjugação (Kokjohn; Miller, 1992). No entanto, este mecanismo tem sido descrito para um grande número distinto de espécies podendo ser considerada a principal forma de transmissão genética horizontal em algumas

delas (Novick; Edelman; Lofdahl, 1986). É portanto, imprescindível que esta forma de transferência horizontal seja considerada em estudos que avaliem a probabilidade da persistência, mobilidade e expressão de seqüência geneticamente modificadas no meio ambiente;

- c) Transformação: é o processo através do qual o DNA exógeno sem proteção é incorporado e expresso por uma célula bacteriana (Stewart, 1992). Acredita-se que o fenômeno ocorre menos freqüentemente que as outras formas de transferência genética horizontal, devido ao processo utilizar uma forma não protegida para transferência de DNA da célula doadora para a recipiente (Low; Porter, 1978). Fatores ambientais influenciam largamente a freqüência deste fenômeno, especialmente nas etapas antes da entrada do DNA na célula. Vários estudos comprovam a ocorrência de transferência gênica através dos fenômenos da conjugação, transdução e transformação (Saye et al., 1987; Zeph, Onaga, Stozky, 1988), sendo que os dois primeiros processos contribuem significativamente em maior proporção para a transferência genética horizontal total em um ambiente, já que são mediados por plasmídeos ou fagos, enquanto que o processo de transformação, por envolver uma forma desprotegida de transferência de DNA é assumido como ocorrendo em menor proporção.

Não obstante, é importante ressaltar que independente da freqüência da transferência gênica, um fator importante a ser considerado no estabelecimento de um novo gene em uma população é o impacto de sua expressão. Se a nova seqüência confere uma vantagem seletiva em relação as células selvagens da população (como aquelas conferidas por aumento da diversidade nutricional ou resistência a inibidores presentes no ambiente), então as células que a contém aumentariam em número em relação as demais, amplificando esta seqüência na população. O fenótipo conferido pelo gene incorporado, assim como fatores ambientais e a composição do meio ambiente influenciam em diferentes níveis os diversos processos de transferência horizontal de genes, influenciando na freqüência daquele gene na população e na probabilidade do mesmo ser transferido.

Proposta para solução dos fatores limitantes

A avaliação de riscos de plantas transgênicas pode variar desde um julgamento *ad hoc* rotineiro por um pesquisador até, no extremo oposto, a adesão a um procedimento formal de análise de riscos. Tal avaliação serve de base para a obtenção de autorização formal dos órgãos competentes para a condução de ações planejadas relativas à transferência, manipulação e uso de OGM's, e para o estabelecimento de medidas apropriadas de manejo de riscos (Convention on Biological Diversity, 1995).

De acordo com documento preparado para o Painel de Especialistas em Biossegurança da Convenção da Biodiversidade,

conhecido como Documento do Cairo (Convention on Biological Diversity, 1995), uma revisão das regulamentações existentes e a legislação sobre segurança em biotecnologia destacam os seguintes princípios fundamentais de avaliação de riscos: 1) uma consideração preliminar sobre as características do organismo e do possível ambiente que irá recebe-lo; 2) familiaridade com o OGM como um componente chave na avaliação dos riscos; e 3) uma distinção geral entre 'uso em condições confinadas' (isto é, uso restrito a laboratórios de segurança ou casas de vegetação de acesso limitado) e 'liberação no meio ambiente'. Estes princípios podem ser melhor aplicados dentro de uma estrutura bem definida para segurança em biotecnologia, onde é necessário que os procedimentos de análise sejam baseados no caso-a-caso e passo-a-passo, e em informações confiáveis.

Com o aumento do nível de familiaridade, há uma tendência entre os instrumentos regulamentares de identificar categorias de OGM's de baixo risco. Isto levou ao desenvolvimento de procedimentos simplificados de notificações para certos grupos de plantas modificadas. Nos Estados Unidos isto é designado como 'Procedimento de Notificação' (APHIS/USDA, 1993), e no Reino Unido como Trilha Rápida (*Fast Track*) (UK Department of Environment, 1993).

O Protocolo de Biossegurança de Cartagena, acordado em 29 de janeiro de 2000, tem por objetivo assegurar um nível adequado de proteção para a transferência, manuseio e uso de organismos transgênicos no campo. O protocolo considera o 'Princípio da Precaução' citado no Princípio 15 da Declaração do Rio sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento sobre o movimento transfronteiriço de organismos geneticamente modificados. A partir da vigência do acordo, organismos transgênicos passam a ter seu comércio disciplinado a nível internacional. A primeira exportação destes organismos a um país fica sujeita a uma submissão de um documento de Informação de Concordância Prévia (em inglês, *Advanced Informed Agreement* – AIA) provida pelo país exportador contendo dados detalhados do OGM e, caso solicitado pela autoridade governamental do país importador, uma análise de risco da introdução desse material. A decisão de importação deverá ser tomada de modo a prevenir efeitos adversos à biodiversidade e saúde humana assim como movimentos transfronteiriços não-intencionais. O protocolo prevê ainda que aspectos sócio-econômicos devem ser considerados na tomada de decisão. Um banco de dados (*Biosafety Clearing-House*) será disponibilizado dentro da estrutura da Convenção de Biodiversidade Biológica – CDB para apoiar o intercâmbio de informações científicas, técnicas, ambientais e legais ajudando as autoridades governamentais a implementar o protocolo.

O Protocolo reconhece expressamente a necessidade dos países em desenvolvimento incrementarem sua capacidade em biossegurança e biotecnologia. Os países da América do Sul devem aproveitar recomendação no Protocolo de que todas as partes devem cooperar num esforço para incrementar sua

capacidade científica em biossegurança e biotecnologia e criar um programa comum que forme especialistas a nível governamental para a tomada de decisões futuras sobre a introdução de OGMs na região. No futuro, esses especialistas de posse de informações científicas e sócio-econômicas tomarão decisões quanto ao uso correto desta tecnologia favorecendo o desenvolvimento regional e evitando efeitos adversos ao uso sustentável e conservação da diversidade biológica.

Estratégia

Os países localizados nas regiões onde estão os centros de diversidade de espécies, como é o caso do países do Cone Sul, são aqueles que estão sujeitos aos impactos mais profundos da utilização de plantas transgênicas. Esta tecnologia pode ser extremamente valiosa ao evitar que ecossistemas naturais sejam destruídos para o uso agropecuário ou extrativista através da elevação do potencial produtivo das espécies cultivadas. Por outro lado, esta mesma tecnologia apresenta riscos potenciais à biodiversidade, dependendo das novas características expressas pelos genes inseridos, pelos problemas de biossegurança previamente citados.

Os técnicos da área governamental, ligados à agricultura, meio ambiente e biotecnologia, responsáveis pela introdução e liberação no ambiente de organismos transgênicos são aqueles sobre a qual recai a responsabilidade de avaliar e tomar as decisões que influenciarão profundamente a economia agrícola de seu país e a preservação do patrimônio genético contido em seus ecossistemas naturais. A formação deste contingente de especialistas será o fator fundamental para que esta tecnologia seja adotada pelos países detentores de elevada biodiversidade de maneira cuidadosa e segura. A realização de *workshops* internacionais e cursos com a participação de especialistas sobre estudos ambientais e análise de risco, considerando os ecossistemas e a diversidade de espécies dos países em questão possibilitará a formação inicial de especialistas capacitados para realizar estas avaliações. Instituições como o *International Centre for Genetic Engineering and Biotechnology* (ICGEB), Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), *United Nations Environment Program* (UNEP), entre outros, dispõem de recursos humanos e podem colaborar na captação de recursos financeiros necessários para a realização dos referidos eventos.

A criação e o aparelhamento de Comitês Nacionais de Biossegurança é de fundamental importância na avaliação dos riscos sobre a diversidade biológica e os recursos genéticos. Portanto estes comitês deverão ser compostos pelos especialistas de diferentes áreas do governo além de outros setores da sociedade civil.

Programas de pesquisas que financiem o estudo do impacto ambiental e sócio-econômico da introdução de organismos transgênicos e o levantamento das espécies nativas e suas inter-relações ecológicas, devidamente disponibilizadas em banco de

dados, precisam ser implementados com recursos governamentais dos países detentores de centros de elevada diversidade de espécies. Estas informações proporcionarão o suporte necessário para que cientistas de cada país forneçam subsídios aos técnicos governamentais para a tomada de decisões sobre a introdução e liberação de transgênicos e os riscos aos recursos genéticos em centros de diversidade genética de espécies selvagens e domesticadas.

Bibliografía

- APHIS / USDA. 1993. Genetically engineered organisms and products. Procedures for the introduction of certain regulated articles; and petition for nonregulated status: final rule. Federal Register Part X, 7 CPR part 340 of March 31, 1993.
- CONVENTION ON BIOLOGICAL DIVERSITY. 1995. Note by the secretariat. Biosafety Panel / 2. London. England
- COWELL, R. K. 1994. Potential ecological and evolutionary problems of introducing transgenic crops into the environment. **In:** Biosafety for sustainable agriculture : sharing biotechnology regulatory experiences of the western hemisphere. A. F. Krattiger e A. Rosemarin (eds.), pp. 33-46. ISAAA: Ithaca; SEI. Stockholm.
- ELLSTRAND, N.C.; HOFFMAN, C.A. 1990. Hybridization as an avenue of escape for engineered genes. *BioScience* 40(6): 438-442.
- FERRO, D.N. 1993. Potential for resistance to *Bacillus thuringiensis*: colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) - a model system. *American Entomologist* 39 (1): 38-44.
- FONTES, E.M.G. et al. 1996. Biossegurança. **In:** Workshop biodiversidade: perspectivas e oportunidades tecnológicas. FTPTAT/PADCT/FINEP. Campinas. 16 p.
- GOULD, F. et al. 1992. Broad-spectrum resistance to *Bacillus thuringiensis* toxins in *Heliothis virescens*. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 89:7986-7990.
- HOFFMAN, C.A. 1990. Ecological risks of genetic engineering of crop plants. *BioScience* 40(6): 434-437.
- HOLM, G. L. et al. 1977. The World's Worst Weeds. The University Press of Hawaii, Honolulu.
- JANZEN, D. H. 1987. Conservation and agricultural economics. *Science* 236: 1159.
- KAPTEIJNS, A.J.A.M. 1993. Risk assessment of genetically modified crops. Potential of four arable crops to hybridize with the wild flora. *Euphytica* 66: 145-149.

- KAREIVA, P. 1993. Transgenic plants on trial. *Nature* (363): 580-581.
- KAREIVA, P.; PARKER, I. 1995. Environmental risks of genetically engineered organisms and key regulatory issues. Independent Report by Greenpeace International.
- KEELER, K. H. 1989. Can genetically engineered crops become weeds? *Bio/Technology* 7: 1134-1139.
- KLINGER, T.; ELAM, D.R.; ELLSTRAND, N.C. 1991. Radish as a model system for the study of engineered gene escape rates via crop-weed mating. *Conservation Biology* 5: 531-535.
- KOKJOHN, T.A.; MILLER, R.V. 1992. Gene transfer in environment: transduction. **In:** Release of genetically engineered and other microorganisms. Cambridge University Press, New York. p. 54-81
- LOW, K.B.; PORTER, R.D. 1978. Modes of genes transfer and recombination in bacteria. *Annual Review of Genetics*, 12: 249-287
- MASTERS, M. 1985. Generalized transduction. **In:** Genetics of bacteria, J. Scaife, D. Leach, & A. Galizzi eds., pp. 197-216, Academic Press, New York.
- NOVICK, R.P.; EDELMAN, I.; LOFDAHL, S. 1986. Small *Staphylococcus aureus* plasmids are transduced as linear multimers that are formed and resolved by replicative processes. *Journal of Molecular Biology*, 192: 209-20.
- SAYE, D.J. et al. 1987. Potential for transduction of plasmids in a natural fresh water environment: effect of plasmid donor concentration and a natural community on transduction in *Pseudomonas aeruginosa*. *Applied and Environmental Microbiology*. 59:987-995
- STEWART, G.J. 1992. Gene transfer in environment: transformation. **In:** Release of genetically engineered and other microorganisms. Cambridge University Press, New York. p. 82-93
- TIEDJE, J.M. et al. 1989. The planned introduction of genetically engineered organisms: ecological considerations and recommendations. *Ecology* 70(2): 298-315.
- UK. Department of Environment. 1993. Fast track procedures for certain GMO releases DOE/ACRE Guidance Note N° 2.
- WILLETTS, N.; SKURRAY, R.. 1980. The conjugation system of F-like plasmids. *Annual Review of Genetics*. 14, 41-76.
- ZEPH, L.R.; ONAGA, M.A.; STOZKY, G.. 1988. Transduction of *Escherichia coli* by bacteriophage P1 in soil. *Applied and Environmental Microbiology*, 54: 1731-7.

Esta publicación del PROCISUR, tiene un tiraje de 800 ejemplares y se terminó de imprimir en la ciudad de Montevideo, Uruguay, en el mes de junio de 2001.

Corrección: Marcos Montañó

Diagramación y armado: Cristina Díaz

Impresión: Imprenta Boscana S.R.L.

Depósito Legal N° 322.130

PROCISUR

Programa Cooperativo para el Desarrollo Tecnológico Agroalimentario y Agroindustrial del Cono Sur

Argentina - Bolivia - Brasil - Chile - Paraguay - Uruguay



Andes 1365, piso 8 - Tel. (598-2) 902 0424 - Fax (598-2) 900 2292 - E-mail: sejecutiva@procisur.org.uy - <http://www.procisur.org.uy>
Casilla de correo 1217 - 11100 Montevideo - Uruguay