

Guía para el **manejo eficaz** de un banco de germoplasma

J.M.M. Engels y L. Visser (Editores)



Guía para el **manejo eficaz** de un banco de germoplasma

J.M.M. Engels¹ y L. Visser² (Editores)

¹ Director del Programa de Ciencia y Tecnología de los Recursos Genéticos, IPGRI (hoy Bioversity International), Via dei Tre Denari 472/a, 00057 Maccarese, Roma, Italia

² Director del Centre for Genetic Resources de Holanda (CGN), Wageningen University and Research Centre, P.O. Box 16, 6700 AA Wageningen, Holanda

Bioersity International es una organización internacional independiente, de carácter científico, que busca contribuir al bienestar actual y futuro de la humanidad mejorando la conservación y el aprovechamiento de la agrobiodiversidad en fincas y bosques. Es uno de los 15 Centros que auspicia el Grupo Consultivo para la Investigación Agrícola Internacional (GCAI), una asociación de miembros del sector público y privado que apoya la ciencia para disminuir el hambre y la pobreza, mejorar la alimentación y la salud humana, y proteger el medio ambiente. Bioersity tiene su sede principal en Maccarese, cerca de Roma, Italia, y oficinas en más de 20 países. La organización opera a través de cuatro programas: Diversidad al Servicio de las Comunidades; Comprensión y Manejo de la Biodiversidad; Asociaciones Colaborativas de Carácter Mundial; y Cultivos para Mejorar Medios de Vida.

El carácter de organismo internacional de Bioersity lo confiere el Convenio de Creación de la organización, que a agosto de 2006 había sido ratificado por los gobiernos de los siguientes países: Argelia, Australia, Bélgica, Benin, Bolivia, Brasil, Burkina Faso, Camerún, Chile, China, Congo, Costa Rica, Costa de Marfil, Chipre, Dinamarca, Ecuador, Egipto, Eslovaquia, Etiopía, Ghana, Grecia, Guinea, Hungría, India, Indonesia, Irán, Israel, Italia, Jordania, Kenia, Malasia, Malí, Mauritania, Marruecos, Noruega, Pakistán, Panamá, Perú, Polonia, Portugal, República Checa, Rumania, Rusia, Senegal, Sudán, Suiza, Siria, Túnez, Turquía, Ucrania y Uganda.

Los programas de investigación de Bioersity reciben apoyo financiero de más de 150 donantes, incluyendo gobiernos, fundaciones privadas y organismos internacionales. Información adicional sobre los donantes y las actividades de investigación de Bioersity aparece en los Informes Anuales de la organización, disponibles en forma electrónica en la dirección www.bioersityinternational.org, o en forma impresa en la dirección bioersity-publications@cgiar.org.

Las designaciones geográficas empleadas en esta publicación al igual que la presentación del material no expresan en modo alguno opinión de Bioersity o del GCAI sobre el estatus legal de ningún país, territorio, ciudad o región, ni acerca de sus autoridades o de la delimitación de sus fronteras. Asimismo, las opiniones expresadas son las de los autores y no necesariamente reflejan los puntos de vista de estas organizaciones.

La mención de alguna marca registrada se suministra con fines informativos únicamente, no de apoyo al producto.

Cita para la versión original en inglés

Engels, J.M.M. and Visser, L. (eds.). 2003. A guide to effective management of germplasm collections. IPGRI Handbooks for Genebanks No. 6. IPGRI, Rome, Italy.

Cita para la versión en español

Engels, J.M.M. y Visser, L. (eds.). 2007. Guía para el manejo eficaz de un banco de germoplasma. Manuales para Bancos de Germoplasma No. 6. Bioersity International, Roma, Italia.

ISBN 92-9043-582-8 (para la versión original en inglés)

ISBN 978-92-9043-767-3 (para la versión en español)

Bioersity International
Via dei Tre Denari 472/a
00057 Maccarese
Roma, Italia

© Bioersity International, 2007

CONTENIDO

Prefacio	v
Agradecimientos	viii
Nota para los lectores	x
Socios colaboradores en esta publicación	xi
1. Introducción	1
1.1 Justificación	1
1.2 Objetivo de este manual	3
1.3 Cómo está organizada la guía	4
1.4 Audiencia objetivo de la guía	5
2. Entorno del manejo de un banco de germoplasma	6
2.1 Marco político	6
2.2 Relación entre un banco de germoplasma y el programa nacional de RFG	14
2.3 Dirección del banco de germoplasma	15
2.4 Enfoques complementarios de la conservación	19
3. Definición de los objetivos de un banco de germoplasma	22
3.1 Implementación de las políticas nacionales e internacionales	23
3.2 ¿Qué se debe conservar?	27
3.3 Definición de objetivos que promuevan la utilización	36
3.4 Presupuesto e infraestructura	44
4. Consideraciones para mejorar los conceptos y estrategias de conservación y utilización	49
4.1 Parámetros biológicos	50
4.2 Conceptos de conservación y estructuración de las colecciones	52
4.3 Combinación de estrategias de conservación y utilización	61
4.4 Relación entre el banco de germoplasma y las colecciones de los mejoradores	63
4.5 Manejo de la calidad y normas de los bancos de germoplasma	63
5. Procedimientos para el manejo de un banco de germoplasma	68
5.1 Estrategias de colecta	68
5.2 Métodos de conservación	72
5.3 Ejemplos de protocolos de conservación	80
5.4 Monitoreo de la viabilidad	80
5.5 Estrategias de regeneración orientadas a mantener la integridad	81
5.6 Enfoques para la caracterización y la evaluación	83
5.7 Manejo de la información	84
5.8 Sanidad del germoplasma y cuarentena vegetal	85
5.9 Condiciones para el intercambio de germoplasma	86
5.10 Desarrollo del manual de funcionamiento de un banco de germoplasma	90

6. Racionalización del manejo de un banco de germoplasma	91
6.1 Razones para racionalizar	91
6.2 Racionalización de la conservación	94
6.3 Racionalización de la utilización	98
6.4 Subdivisión de las accesiones	104
7. Costo financiero de mantener un banco de germoplasma en funcionamiento	106
7.1 Introducción	106
7.2 Economía básica de las operaciones de un banco de germoplasma	107
7.3 Análisis del costo de funcionamiento de un banco de germoplasma	111
7.4 Ejemplo: conservación de trigo en el banco de germoplasma del CIMMYT	114
7.5 Consecuencias de adicionar o eliminar accesiones	119
8. Responsabilidad compartida	122
8.1 Introducción	122
8.2 ¿Por qué es importante la colaboración en el manejo del germoplasma?	123
8.3 Limitaciones para compartir responsabilidades	125
8.4 ¿Qué se puede compartir?	126
8.5 Requisitos para compartir responsabilidades	129
8.6 Estructuras para la colaboración	130
8.7 Otros ejemplos de colaboración	136
8.8 ¿Cómo podemos hacer que la colaboración funcione?	137
8.9 Promoción de la información al público	137
8.10 Conclusiones	138
9. Referencias	139
Anexos	
Anexo 1: Lista de Participantes	154
Anexo 2: Normas y garantías de calidad de los bancos de germoplasma	157
Anexo 3: Estudio de caso sobre el manejo de una colección en la Unidad de Recursos Genéticos del Institute of Grassland and Environmental Research	165
Anexo 4: Estudio de caso sobre las estrategias de manejo de las colecciones del CGN de Holanda	170
Anexo 5: Estudio de caso sobre el manejo de las colecciones de la Red Internacional para el Mejoramiento del Banano y del Plátano (INIBAP)	176
Anexo 6: Acuerdo interino de transferencia de materiales para los recursos fitogenéticos empleados en la alimentación y en la agricultura, del Programa Europeo de Colaboración con las Redes de Recursos Genéticos de Especies Cultivadas	182
Anexo 7: Acrónimos	187
Anotaciones	190

PREFACIO

Los éxitos logrados en todo el mundo por el fitomejoramiento, que pueden remontarse al comienzo de los años sesenta, fueron el resultado, principalmente, de un uso más frecuente de las razas nativas en los programas de mejoramiento. La creación de grandes colecciones de germoplasma de cultivos y de acervos de genes específicos contribuyó significativamente a este resultado. Estas colecciones se hicieron con donaciones recibidas de colecciones ya existentes orientadas al mejoramiento y con trabajos de colecta dirigidos. Una de las consecuencias biológicas más serias de este avance de la agricultura fue la sustitución permanente de las razas nativas tradicionales, diversas y localmente adaptadas, cultivadas por los agricultores durante mucho tiempo. Esta situación condujo a un enfoque más sistemático, coordinado a nivel mundial, para recolectar el germoplasma amenazado y desarrollar ideas para la conservación eficaz, a largo plazo, de los recursos fitogenéticos útiles. Estas ideas se fundaban en monitorear la viabilidad y las condiciones de almacenamiento de las semillas mantenidas en bancos de germoplasma, en especial las de cereales de grano, con el doble supuesto de que los fitogenetistas y otros investigadores empleaban con frecuencia el germoplasma, y de que se desarrollaría un vínculo estrecho entre la conservación y la utilización.

Las actividades de conservación se han incrementado mucho durante las dos últimas décadas y comprenden no sólo el mantenimiento de los cultivos expuestos a amenazas y de sus parientes silvestres en los bancos de germoplasma, sino el creciente interés en la conservación y el manejo de los recursos genéticos en sus ambientes naturales o tradicionales. El reconocimiento de que el ser humano cumple una función integral en esos esfuerzos de conservación ha resultado en una mayor participación de los interesados en los bancos de germoplasma, en la planeación y ejecución de las actividades de conservación y uso del germoplasma vegetal. Asimismo, en las últimas décadas se han desarrollado mejores técnicas de almacenamiento de semillas, entre ellas los métodos *in vitro* y la criopreservación. Además, desde los sesenta se han establecido muchos bancos de germoplasma.

El desarrollo de la genética molecular durante los últimos diez años ha tenido un impacto notable en el fitomejoramiento. Este progreso está llamado a revolucionar también la conservación de los recursos genéticos. Puede esperarse que el impacto del estudio de los genomas y de la bioinformática tenga un efecto todavía mayor en el futuro. Además de estos desarrollos tecnológicos, el

escenario político ha experimentado también cambios significativos, especialmente desde principios de los noventa cuando se creó el Convenio sobre la Diversidad Biológica. Durante ese período, la noción de propiedad de la diversidad biológica y el acceso a esta diversidad cambiaron completamente como resultado de dos acontecimientos. El primero fue el cambio del principio extendido de patrimonio común respecto a los recursos genéticos por el de soberanía nacional sobre ellos, que dio lugar al énfasis en el intercambio bilateral. El segundo consistió en el cambio del concepto de derecho de propiedad. La mayor frecuencia en la aplicación de patentes para proteger las innovaciones (incluyendo en la identificación de genes y la producción de nuevas variedades de cultivos) ha tenido efectos profundos en la voluntad de compartir libremente los recursos genéticos.

Los eventos anteriores tuvieron poco impacto inmediato en los conceptos y estrategias característicos de las operaciones de los bancos de germoplasma. Sin embargo, se presionó a los bancos de germoplasma para que fueran más eficientes en relación con sus costos de funcionamiento y más eficaces. Los presupuestos reducidos y la escasez de personal adecuadamente capacitado llevaron a una revisión minuciosa del enfoque de manejo predominante en los bancos, examen que trajo consigo una revisión de conceptos y un reconocimiento de las oportunidades para aumentar la cooperación a escala regional e internacional. Un resultado directo de esta actividad fue la celebración de un taller en Wageningen, Holanda, en 1999, en el que se discutieron las posibilidades de mejorar el manejo de los bancos. El taller contó con la participación de representantes del Programa de Recursos Genéticos de los Centros del Grupo Consultivo sobre Investigación Agrícola Internacional, de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, del Centre for Genetic Resources de Holanda, y del Grupo de Ciencia y Tecnología de Recursos Genéticos del entonces Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (hoy Bioversity International).

La iniciativa de reunir a expertos para discutir las consecuencias de los cambios mencionados en las funciones y en las responsabilidades de los bancos de germoplasma dio lugar a esta publicación. Se espera que las ideas aquí expuestas conduzcan a los curadores de los bancos de germoplasma del mundo a adoptar un enfoque más crítico, equilibrado y creativo respecto al funcionamiento de dichos bancos. Se espera también que esta publicación facilite, ahora y en el futuro, las decisiones que se tomen sobre los conceptos y estrategias relacionados con la

conservación y el uso de los recursos fitogenéticos, tanto a nivel institucional como nacional. Se invita al personal de los bancos de germoplasma a intercambiar sus experiencias a través de todos los medios de comunicación posibles. Asimismo, se solicita gentilmente al lector que envíe al IPGRI (hoy Bioversity) cualquier comentario o sugerencia sobre el texto actual que contribuya a lograr una conservación más eficaz y eficiente del germoplasma y a generar un conjunto sólido de conocimientos sobre el manejo de los bancos de germoplasma.

Roma, 2002

Geoffrey Hawtin
Director General

AGRADECIMIENTOS

Para la versión original en inglés

Los participantes en el taller de Wageningen decidieron que la guía fuera escrita por pocos autores y no una serie compilada de capítulos de diferentes autores. En consecuencia, se hizo un arreglo con el Dr. Trevor Williams para que elaborara un primer borrador basado en la información aportada por los participantes, a partir del cual los autores desarrollaron una versión más detallada. Hicieron contribuciones a ese texto los doctores Ruairaidh Sackville Hamilton, Jan Engels y Theo van Hintum (Capítulos 4 y 6); Bonwoo Koo y Melinda Smale (Capítulo 7); Emile Frison, Martine Mitteau, Suzanne Sharrock y Bert Visser (Capítulo 8); Ehsan Dulloo y Jan Engels (Anexo 2); Ruairaidh Sackville Hamilton (Anexo 3); Theo van Hintum y Bert Visser (Anexo 4) y Suzanne Sharrock y Emile Frison (Anexo 5). Nuestro debido reconocimiento a estas contribuciones. Los participantes en el taller de Wageningen se enumeran en el Anexo 1. Todos fueron importantes en la producción de esta publicación y se agradece su aporte. El proceso de revisión posterior del manuscrito mejoró aún más el texto. Agradecemos, por tanto, la contribución de las siguientes personas: Murthi Anishetty, Stefano Diulgheroff, Allan Stoner, Suketoshi Taba y Karling Tao.

Un agradecimiento especial a Emile Frison y Ramanatha Rao por sus importantes comentarios y sugerencias al texto, y a Jonathan Robinson por su colaboración en el aspecto editorial. Deseamos agradecer al Centre for Genetic Resources de Holanda por la organización del taller, y a la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación y al Programa de Recursos Genéticos de los Centros del Grupo Consultivo para la Investigación Agrícola Internacional por su apoyo financiero para la producción de esta publicación.

Para la versión en español

La versión en español de esta publicación fue posible gracias a los aportes económicos del Centre for Genetic Resources de Holanda, del National Plant Germplasm System (NPGS) de los Estados Unidos y de Bioversity International.

El texto fue traducido al español por Francisco Motta, traductor independiente. La revisión y posterior edición del texto estuvo a cargo de Margarita Baena, Especialista en Desarrollo de Capacidades e Información Pública de Bioversity International. Nuestro agradecimiento a ellos por el tiempo y dedicación. Se agradece también al Dr. Jan Engels, Genetic Resources

Management Adviser, y al Dr. Ehsan Dulloo, Project Coordinator, Conservation of Agricultural Biodiversity de Bioversity International por la gestión en la consecución de los fondos para la versión en español, y a Jesús María Salcedo y Victoria Eugenia Rengifo de la Oficina de Bioversity en las Américas por su apoyo en la revisión y lectura de prueba del material.

NOTA PARA LOS LECTORES

Los Manuales de Bioersity para Bancos de Germoplasma se han concebido para proporcionar información práctica a los curadores de los bancos y a otro personal que trabaja en ellos. Para facilitar su uso, se encuadernan de manera que se puedan mantener abiertos en un escritorio o mesa de trabajo; asimismo, los márgenes amplios y las páginas tituladas “Anotaciones” ofrecen espacio a los lectores para escribir notas o hacer comentarios al texto.

Los editores reciben con beneplácito la impresión de los lectores sobre el contenido y el formato del manual, con miras a una posible revisión futura.

El presente manual es una traducción de la versión original publicada en inglés en 2003. Las únicas diferencias con el texto original son los vínculos a páginas de internet, que se actualizaron, y los vínculos que se agregaron a las referencias de publicaciones de Bioersity, disponibles en nuestro sitio de internet.

SOCIOS COLABORADORES EN ESTA PUBLICACIÓN

Para la versión en inglés

Centre for Genetic Resources (CGN), Holanda

El Centre for Genetic Resources (CGN) de Holanda tiene mandato nacional para conservar los recursos genéticos vegetales, animales y forestales de ese país y promover su utilización. Mantiene bancos de germoplasma de 20 cultivos, tanto hortícolas como de campo, así como de cinco especies de animales de granja y un gran número de depósitos de semilla viva de especies forestales. La misión del CGN es aportar innovaciones al manejo de los bancos de germoplasma. Además, el Centro contribuye al manejo *in situ* de los recursos genéticos en Holanda y en el exterior.

El CGN también investiga sobre variedades vegetales, en especial cuando se solicitan derechos del fitomejorador respecto a variedades de cultivos de campo y ornamentales, y cuando se elaboran listas de variedades de Holanda y de la Unión Europea. El CGN es una unidad independiente que ejecuta tareas de investigación según los estatutos de la Universidad y del Centro de Investigaciones de Wageningen. Reporta directamente al Ministerio de Agricultura, Manejo de la Naturaleza y Pesca.

Programa de Recursos Genéticos de los Centros del Grupo Consultivo para la Investigación Agrícola Internacional (GCIAl) (SGRP)

El Programa de Recursos Genéticos de los Centros del GCIAl (SGRP) aglutina los programas y actividades de recursos genéticos de los Centros en una asociación colaborativa cuya meta es maximizar la cooperación en cinco áreas temáticas, principalmente. Estas áreas –política, conciencia del público y representación, información, conocimiento y tecnología, y desarrollo de capacidades– se relacionan con asuntos o sectores de este trabajo críticos para el éxito del esfuerzo que se realiza en pro de los recursos genéticos. El SGRP contribuye al trabajo que el mundo realiza para conservar los recursos genéticos agrícolas, forestales y acuáticos, y para promover su uso en forma coherente con los principios del Convenio sobre la Diversidad Biológica. El IPGRI (hoy Bioversity International) es el Centro Convocador que coordina el SGRP. Su Comité Directivo es el Grupo de Trabajo Inter-Centros sobre Recursos Genéticos (ICWG-GR), que incluye representantes de los centros internacionales de investigación y de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO)

La FAO es el organismo especializado más grande del sistema de las Naciones Unidas y es la agencia líder en agricultura, silvicultura, pesca y desarrollo rural. La FAO es una entidad intergubernamental que cuenta con 180 miembros o Países Integrantes, además de la Comunidad Europea. Desde su inicio en 1945, la FAO ha trabajado para aliviar el hambre y la pobreza promoviendo el desarrollo agrícola, una mejor nutrición y la búsqueda de la seguridad alimentaria, entendida ésta como el acceso de cualquier persona, en todo momento, a los alimentos que necesita para llevar una vida activa y saludable.

Para la versión en español

Centre for Genetic Resources (CGN), Holanda

El Centre for Genetic Resources (CGN) de Holanda tiene mandato nacional para conservar los recursos genéticos vegetales, animales y forestales de ese país y promover su utilización. Mantiene bancos de germoplasma de 20 cultivos, tanto hortícolas como de campo, así como de cinco especies de animales de granja y un gran número de depósitos de semilla viva de especies forestales. La misión del CGN es aportar innovaciones al manejo de los bancos de germoplasma. Además, el Centro contribuye al manejo in situ de los recursos genéticos en Holanda y en el exterior.

El CGN también investiga sobre variedades vegetales, en especial cuando se solicitan derechos del fitomejorador respecto a variedades de cultivos de campo y ornamentales, y cuando se elaboran listas de variedades de Holanda y de la Unión Europea. El CGN es una unidad independiente que ejecuta tareas de investigación según los estatutos de la Universidad y del Centro de Investigaciones de Wageningen. Reporta directamente al Ministerio de Agricultura, Manejo de la Naturaleza y Pesca.

El National Plant Germplasm System (NPGS) de los Estados Unidos

El Agricultural Research Service (ARS) es la agencia de investigación científica del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA). La investigación del ARS soluciona problemas relacionados con la agricultura, la nutrición humana, la seguridad alimentaria, los recursos naturales y el medio ambiente.

El National Plant Germplasm System (NPGS) es una red de bancos de germoplasma y estaciones de campo coordinada por el ARS, cuya principal responsabilidad es conservar, caracterizar

y distribuir recursos genéticos vegetales de importancia agrícola y alimentaria. El NPGS mantiene una variedad de colecciones de germoplasma con más de 475,000 accesiones de materiales vegetales que cubren prácticamente todas las especies cultivadas y sus parientes silvestres. El NPGS es uno de los centros de conservación y distribución de germoplasma más grandes del mundo. El NPGS participa en actividades de colecta e intercambio de germoplasma y distribución de beneficios, coordinadas por la Oficina de Intercambio Vegetal (ARS Plant Exchange Office) de Beltsville, Maryland. La colección base de germoplasma del NPGS está ubicada en el *National Center for Genetic Resources Preservation*, en Fort Collins, Colorado. Este centro mantiene más de 700,000 muestras de semillas, realiza más de 20,000 pruebas de germinación, y apoya el uso y la transferencia de técnicas adecuadas para la germinación, el almacenamiento y el manejo de las semillas.

1. **Introducción**
 - 1.1 Justificación
 - 1.2 Objetivo de este manual
 - 1.3 Cómo está organizada la guía
 - 1.4 Audiencia objetivo de la guía
2. Entorno del manejo de un banco de germoplasma
3. Definición de los objetivos de un banco de germoplasma
4. Consideraciones para mejorar los conceptos y estrategias de conservación y utilización
5. Procedimientos para el manejo de un banco de germoplasma
6. Racionalización del manejo de un banco de germoplasma
7. Costo financiero de mantener un banco de germoplasma en funcionamiento
8. Responsabilidad compartida
9. Referencias

1. INTRODUCCIÓN

Bert Visser
y Jan Engels

1.1 Justificación

Durante los últimos 3 ó 4 decenios, las colecciones de germoplasma mantenidas *ex situ* han experimentado un gran aumento en número y tamaño, como resultado del intenso trabajo hecho en todo el mundo para conservar los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura (RFGAA). Estas colecciones se mantienen en condiciones muy diversas, dependiendo de políticas de orden nacional o internacional, del entorno institucional, de la pericia disponible, de las instalaciones y los presupuestos, y del grado de colaboración nacional e internacional. Además, los diversos tipos de germoplasma que las componen necesitan diferentes regímenes de manejo. Si consideramos el elevado número de accesiones que componen las colecciones *ex situ* del mundo, que en 1996 era de casi 6 millones (FAO, 1998), es de suma importancia que una colección se maneje con los más altos estándares.

La conservación y la utilización de los recursos fitogenéticos (RFG) se halla en perpetua evolución. A principios del siglo XX, la aparición del fitomejoramiento científico dio paso a la creación de grandes colecciones de germoplasma. Como esta diversidad genética estaba disponible para uso en los programas de fitomejoramiento, se crearon importantes bancos de germoplasma como el del Instituto Vavilov, en San Petersburgo (N.I. Vavilov Institute of Plant Industry, VIR), el del Institut für Pflanzengenetik und Kulturpflanzenforschung (IPK), en Gatersleben, y los del Grupo Consultivo para la Investigación Agrícola Internacional (GCIAI). En los años cincuenta y sesenta se reconoció la erosión genética como una amenaza creciente para la diversidad genética de los cultivos alimenticios y de sus parientes silvestres. Esta amenaza, que llevó a la creación del Consejo Internacional de Recursos Fitogenéticos (IBPGR), constituyó una

razón importante para recolectar recursos fitogenéticos y generar iniciativas para la conservación sistemática del germoplasma vegetal que aseguraran una diversidad adecuada y representativa para uso futuro. Algunas de estas colecciones se usan actualmente para el fitomejoramiento, pero otras se han convertido en colecciones con fines de conservación que, en el mejor de los casos, mantienen sólo vínculos débiles con los programas de mejoramiento de cultivos.

El gran número de muestras recolectadas en misiones de rescate realizadas en la segunda mitad del último siglo condujo, en muchos casos, a notables atrasos en la regeneración y caracterización del germoplasma conservado. Una evaluación de la FAO, publicada en 1998 en el Informe sobre el Estado de los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura en el Mundo (FAO, 1998), señaló numerosas limitaciones en el manejo eficiente de los bancos de germoplasma. En ese año, por ejemplo, más del 65% de las colecciones conservadas en el mundo necesitaba regeneración y muchos programas nacionales reportaban tener dificultades para regenerar sus materiales (FAO, 1998). En 1998, un informe del IPGRI documentó las limitaciones de que adolecía el manejo de las colecciones en los centros internacionales de investigación agrícola (CIIA) del GCIAl, las cuales constituyen la base del mejoramiento de muchos cultivos de primera necesidad del mundo (SGRP, 1996; 1997).

Cada vez se le presta más atención a cómo saber cuándo hacerle mantenimiento al germoplasma de una colección (ya se trate de especie o de accesión). Esta inquietud obedece, principalmente, a los costos siempre crecientes del mantenimiento y la regeneración, y a la posibilidad de que, con el tiempo, se detecte erosión genética en un banco que no haya aplicado un manejo adecuado. El 'factor económico' de todo banco de germoplasma es una dimensión implícita en su manejo y operación. Las autoridades que fundan los bancos de germoplasma continuamente solicitan mejoras en el registro de las operaciones de éstos. El aspecto económico de un banco de germoplasma no sólo representa un factor externo que consiste en asignar presupuestos a operaciones específicas del banco, sino que se relaciona con el proceso interno de toma de decisiones sobre gastos de la institución, que es un asunto mucho más importante.

El manejo de los bancos de germoplasma ha evolucionado muchas veces sin una buena planificación. Además, las condiciones locales de manejo del germoplasma varían enormemente, haciendo surgir muchos enfoques diferentes de manejo y una diversidad de experiencias. Hay aspectos del manejo que cada vez más

se consideran cruciales para el mantenimiento sostenible y la utilización óptima del germoplasma de alta calidad. La atención extraordinaria que han recibido estos aspectos se refleja en la bibliografía voluminosa publicada sobre ellos. Sin embargo, otros aspectos han sido muy descuidados, como los esquemas de control de calidad, la distinción entre el manejo de las colecciones para conservación o utilización, la economía de la conservación y los intentos de hacer un manejo integrado de los bancos que permita medir los efectos de un aspecto (como la promoción del uso) en otros (como el agotamiento de reservas o una mayor carga de regeneración). Además, la relación entre el mandato de un banco de germoplasma y sus objetivos específicos de conservación ha recibido muy poca atención hasta la fecha. Más importante aún, la vinculación entre la conservación *ex situ* y la *in situ* no se ha considerado adecuadamente.

Hasta el momento, los intentos de responder a los retos anteriores mediante estrategias apropiadas han sido escasos. Este manual pretende colmar ese vacío y proporcionar, a los administradores de los bancos de germoplasma y a quienes tengan intereses en ellos, información útil sobre aspectos de manejo que ayuden a resolver los problemas que se presentan en ellos con regularidad. Representa también este documento un intento de incorporar el desarrollo técnico más reciente a algunos aspectos del manejo de los bancos de germoplasma.

1.2 Objetivo de este manual

El objetivo de esta publicación es suministrar al lector ideas, alternativas y consideraciones que le ayuden a desarrollar estrategias coherentes y eficaces para manejar bancos de germoplasma. Se analizan, en particular, elementos importantes del manejo tanto del banco como de las colecciones; se discuten las opciones que darían el manejo más eficiente y más eficaz en función de los costos, y se infieren algunas implicaciones genéticas y económicas. Se espera que esto conduzca a la racionalización de las operaciones de los bancos de germoplasma bajo diversas condiciones económicas, teniendo en cuenta las diferentes políticas de los gobiernos y otros factores importantes. Se espera también que esta información, junto con los ejemplos que muestran cómo diversos bancos de germoplasma han resuelto sus problemas de manejo, ayude al lector a tomar decisiones informadas sobre qué estrategias resultan apropiadas para manejar el germoplasma.

Este manual no pretende ser una guía estricta para el manejo de un banco de germoplasma en tanto las guías corren el riesgo de ser

contraproducentes porque se basan en condiciones que rara vez se encuentran en la vida real. El manejo de un banco de germoplasma requiere decisiones creativas y adaptaciones a condiciones de funcionamiento específicas aunque cambiantes.

1.3 Cómo está organizada la guía

Después de este capítulo introductorio analizaremos el contexto en que se desarrolla el manejo de un banco de germoplasma. Se prestará atención al entorno político, a las relaciones entre los bancos de germoplasma y los programas nacionales de RFG, a la dirección de los bancos de germoplasma –incluyendo la participación en la planificación y en la toma de decisiones de quienes tienen intereses en el banco– y a la relación entre la conservación *ex situ* y la *in situ* dentro de un país. Este análisis debe incitar al lector a reflexionar sobre las condiciones en que opera un banco de germoplasma, ya que éstas determinan, en gran parte, si una estrategia de manejo es apropiada y si un objetivo es realista.

El tercer capítulo trata sobre los objetivos de un banco de germoplasma en relación con los convenios internacionales, y hace una clara distinción entre la conservación y la utilización. La discusión sobre los objetivos del banco también tiene en cuenta la repercusión del presupuesto y la infraestructura disponibles, y las opciones de colaboración con terceros de diversa índole para alcanzar las metas.

El cuarto capítulo se centra en los parámetros biológicos que influyen en el manejo de un banco de germoplasma, incluyendo en ellos el sistema de fitomejoramiento (sexual, vegetativo, endógamo o exógamo) y las características de almacenamiento de tipos específicos de germoplasma como semilla, los conceptos de conservación y utilización, las relaciones con las colecciones de los mejoradores, y la necesidad de controlar la calidad. En este capítulo se presentan también nuevos conceptos y estrategias para el manejo del germoplasma, que podrían constituir la base para racionalizar las colecciones.

El quinto capítulo comprende una discusión sobre las operaciones y prácticas rutinarias de un banco de germoplasma y sobre las implicaciones de éstas en el mantenimiento de la integridad genética y en el monitoreo de los aspectos económicos de funcionamiento del banco. En él se tratan todos los asuntos ordinarios del manejo del germoplasma, desde la recolección e incorporación del germoplasma a las colecciones hasta su distribución a los usuarios.

El capítulo sexto se interesa en las opciones que hay para racionalizar las colecciones de germoplasma y el manejo del banco, desde la perspectiva de la conservación y la utilización. Los aspectos económicos del funcionamiento de un banco se tratan en el Capítulo 7. El Capítulo 8 se plantea un interrogante sobre cómo las responsabilidades del mantenimiento de un banco se pueden compartir con diversas organizaciones.

1.4 Audiencia objetivo de la guía

Este manual se dirige a la comunidad de RFG en su conjunto y, en particular, al personal de los bancos de germoplasma. Aunque existen diferencias sustanciales en la capacidad y en la experiencia con que actualmente se manejan los bancos de germoplasma, los autores se apoyan en la suposición de que, en esencia, todos los interesados en dichos bancos pueden beneficiarse de algunas consideraciones del manual, y escoger información útil para sus condiciones específicas. Puesto que la comunidad de RFG se considera el grupo destinatario primordial de esta publicación, se espera que quienes formulan políticas puedan aprovechar el marco analítico que aquí se ofrece y obtengan una apreciación más exacta de la complejidad que encierra el manejo de un banco de germoplasma. Se espera también que el manual ayude a comprender mejor las consecuencias tanto de la ejecución de las políticas actuales y futuras sobre los RFG como de las restricciones presupuestales y de las limitaciones impuestas a la sostenibilidad de esos recursos y a la eficiencia a largo plazo de las actividades dirigidas a su conservación. Se espera además que esta publicación ayude a fortalecer la función que tienen los bancos de germoplasma de promover el uso de éste.

1. Introducción
2. Entorno del manejo de un banco de germoplasma
 - 2.1 Marco político
 - 2.2 Relación entre un banco de germoplasma y el programa nacional de recursos fitogenéticos
 - 2.3 Dirección del banco de germoplasma
 - 2.4 Enfoques complementarios de la conservación
3. Definición de los objetivos de un banco de germoplasma
4. Consideraciones para mejorar los conceptos y estrategias de conservación y utilización
5. Procedimientos para el manejo de un banco de germoplasma
6. Racionalización del manejo de un banco de germoplasma
7. Costo financiero de mantener un banco de germoplasma en funcionamiento
8. Responsabilidad compartida
9. Referencias

2. ENTORNO DEL MANEJO DE UN BANCO DE GERMOPLASMA

*Bert Visser
y Jan Engels*

2.1 Marco político

Continuidad del entorno político

La política externa influye cada vez más en los objetivos y operaciones de un banco de germoplasma, aunque estos influjos no son nuevos. El establecimiento de los bancos de germoplasma se basó, por definición, en decisiones de partes interesadas externas, es decir, en institutos de mejoramiento y organismos del gobierno. En este contexto, la asignación de reservas de germoplasma—en forma de colecciones de RFGAA para su conservación— a los institutos de fitomejoramiento siempre se ha basado en decisiones conscientes de los directores de los programas de mejoramiento. Las opiniones de estas partes interesadas sobre la función de un banco de germoplasma se tradujeron en los objetivos y políticas de los bancos. Por tanto, es posible concluir que la política siempre ha configurado las operaciones de los bancos de germoplasma. Ahora bien, en años recientes el marco político ha cambiado sustancialmente en varios aspectos, hasta el punto de que ya existe una mayor conciencia sobre el valor potencial de los RFGAA. Asimismo, el impacto del desarrollo de la biotecnología y la aparición de reglamentos y legislaciones nuevos sobre acceso a los RFG y sobre la distribución de sus beneficios—basados en el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB) y en el Tratado Internacional (TI) sobre los RFGAA— han afectado la forma en que se manejan los bancos de germoplasma.

Los bancos de germoplasma nacionales y centralizados surgieron cuando las decisiones políticas respondieron a los requerimientos de las industrias nacionales de mejoramiento y a la necesidad de una seguridad alimentaria nacional basada en una producción agrícola viable. Los países donantes (como Alemania, las naciones nórdicas y Japón) contribuyeron también a la aparición de dichos bancos en algunos países en desarrollo, como resultado de

su política de ayuda. Los bancos de germoplasma institucionales y las colecciones de germoplasma designado establecidas en los institutos de mejoramiento, que se mantenían aparte con fines de conservación, se establecieron principalmente por dos razones: primera, para garantizar un acceso ininterrumpido a materiales potencialmente valiosos para el mejoramiento o la investigación después de que se suspendieran los programas de mejoramiento, y segunda, para hacerle frente a la amenaza de la erosión genética. De igual manera, las colecciones del GCIAl se desarrollaron partiendo de la necesidad que tenían los mejoradores de disponer de diversidad genética. El Programa de Recursos Genéticos de los Centros del GCIAl, que se estableció más tarde, es un símbolo del valor intrínseco de las colecciones actuales, el cual supera las necesidades corrientes de los mejoradores del GCIAl (<http://www.sgrp.cgiar.org/>). Puesto que tales actividades de recolección fueron motivadas, principalmente, por el valor potencial inmediato del germoplasma, en 1974 se estableció el Consejo Internacional de Recursos Fitogenéticos (IBPGR) para que coordinara las actividades mundiales de colecta de las razas nativas expuestas a amenazas y de sus parientes silvestres. La amenaza de erosión genética del germoplasma y el valor de su uso potencial fueron los principales motivos de colecta de los RFGAA. Varios países iniciaron también sus propias actividades sistemáticas de recolección para proteger sus recursos genéticos (Pistorius, 1997).

Cambios recientes en el entorno político

Aunque la conservación y la utilización de los recursos fitogenéticos han estado siempre ligadas a consideraciones políticas, en el entorno político han ocurrido cambios profundos. Las colecciones de germoplasma contenidas en los bancos se han convertido en componentes de una entidad mucho más grande. Ya no son simplemente un acopio de materiales para el fitomejoramiento y la investigación. El manejo de los bancos de germoplasma ha sido afectado por el desarrollo de aspectos más amplios de la conservación de la diversidad biológica, especialmente de aquellos incluidos en el contexto del CDB (UNEP, 1992). La aparición de nuevas tecnologías, como la biotecnología (incluyendo la transformación genética) y la tecnología de la información, unidas ambas a un creciente reconocimiento mundial del valor de los RFG, han influido también en el manejo de los bancos de germoplasma (Visser y Nap, 2002).

Un giro importante de este paradigma en el campo de la política ha sido el cambio en el concepto del recurso fitogenético como 'patrimonio de la humanidad', que se había formulado en el anterior Compromiso Internacional, (CI) sobre los RFGAA, establecido en 1983. El concepto de soberanía nacional, que representa un pilar central del CDB, entró en vigor en 1993. Desde entonces, se ha

aceptado que la conservación de los recursos genéticos y los reglamentos de acceso a estos recursos son responsabilidad del país al que corresponde la jurisdicción de tales recursos genéticos. El intercambio internacional de germoplasma ya no puede darse libremente, sino que debe basarse en negociaciones y convenios bilaterales. La sustitución del CI de la FAO por el TI sobre RFGAA es una consecuencia directa de la aceptación del CDB.

El segundo giro del paradigma es de tipo técnico y se basa en el poder de la biotecnología y, en particular, del estudio de los genomas, que abre nuevas rutas al uso de la diversidad biológica. La selección de caracteres genéticos basada en el fenotipo y en la evaluación puede complementarse o reemplazarse directamente por la búsqueda de los genes al nivel de la secuencia del ADN e indirectamente por el uso de los marcadores moleculares. Los genes importantes, una vez localizados, pueden transferirse al germoplasma adaptado mediante los métodos tradicionales del fitomejoramiento o pueden aislarse, clonarse y ser incorporados más tarde en una planta receptora empleando métodos que propician la modificación genética (Visser, 1998; Visser y Nap, 2002).

El creciente poder de la tecnología de la información hace posible la búsqueda exitosa de caracteres o de rasgos individuales partiendo de cantidades enormes de datos. Un conjunto de diversas secuencias de ADN de una planta hospedante, que corresponden a un conjunto de genes de resistencia a agentes patógenos, puede analizarse en un gran número de accesiones y compararse con la variación fenotípica que se observa en la resistencia de la planta hospedante. Este tipo de información elevará enormemente la capacidad de los fitogenetistas para desarrollar materiales mejor adaptados. Cuando la información sobre las secuencias de los genes y sobre los fenotipos correspondientes está disponible en una base de datos electrónica, se convierte en algo valioso para los fitomejoradores dondequiera que se presente la relación entre el agente patógeno y la planta hospedante (Karp, 2001; Sobral, 2001).

Los anteriores cambios de paradigma han estado acompañados por una convicción más fuerte, tanto de la necesidad de que haya en el mundo seguridad alimentaria y una producción agrícola sostenible, como de la importancia de los recursos fitogenéticos para satisfacer esa necesidad.

Derechos de propiedad intelectual

Los derechos de propiedad intelectual (DPI) afectan los recursos fitogenéticos de varias maneras. La protección de variedades vegetales ha sido aprobada en numerosos países, principalmente

introduciendo los derechos de los fitomejoradores contemplados en la Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales (UPOV). Una característica importante del convenio de la UPOV es que le da al mejorador que desarrolló una variedad registrada el derecho de comercializarla, pero permite, al mismo tiempo, que terceras partes usen la variedad en nuevos programas de mejoramiento (UPOV, 1991). Uno de los efectos de pertenecer a la UPOV es que ofrece un incentivo a los mejoradores, aunque el germoplasma en cuestión, incluyendo las accesiones empleadas como fuente de genes, queda a disposición de otros mejoradores. Con el advenimiento de la biotecnología vegetal, los derechos de patente afectan tanto el acceso a los recursos genéticos y a las variedades comerciales como su disponibilidad. A diferencia de los derechos de los fitomejoradores, los derechos de patente limitan el acceso de terceros a los genes protegidos por una patente y pueden tener un efecto negativo en el uso de los RFGAA.

Los derechos de los agricultores reconocen la contribución de las comunidades y los agricultores locales e indígenas de todas las regiones del mundo a la conservación y al desarrollo de los RFG pero no han evolucionado hasta convertirse en un concepto legal de derechos de propiedad. Los derechos de los agricultores recalcan tanto la importancia de proteger el conocimiento tradicional como el derecho de los agricultores a recibir los debidos beneficios y a participar en la toma de decisiones (Crucible II Group, 2000).

Los efectos de los DPI en los productos, estén éstos incorporados en los materiales de los bancos de germoplasma o basados en ellos, afectan el uso de los RFGAA mantenidos en las colecciones. Las decisiones que se tomen sobre la protección del conocimiento tradicional, unidas a la política de secreto institucional, pueden influir en la decisión de incluir o no dicho conocimiento en las bases de datos de un banco de germoplasma. En tanto se han establecido todos los niveles de reglamentos y legislaciones relacionados con el acceso a los RFGAA y con la distribución de sus beneficios, los programas de RFG y el manejo de los bancos de germoplasma están intrínsecamente vinculados a la formulación de las políticas. A continuación se describen en detalle algunos avances y reglamentos en cuestiones políticas, que influyen en el manejo de los bancos de germoplasma.

Puede parecer que los convenios internacionales se contradigan mutuamente en detalles específicos o, a veces, aun en aspectos más generales. El lector debe comprender que los convenios internacionales se han negociado, muchas veces, desde diferentes perspectivas y con distintos objetivos, a lo que debe agregarse la complicación causada por la falta de coordinación de las

actividades nacionales (Frisvold y Condon, 1998; Petit *et al.*, 2001). Para algunas partes interesadas en la negociación, lo anterior ha creado una situación tensa a la hora de ejecutar los convenios.

El impacto del Convenio sobre la Diversidad Biológica

El Artículo 13 del CDB reconoce los derechos soberanos de un estado sobre los recursos que se encuentren dentro de sus fronteras. En el Artículo 9 del CDB se declara que “cada signatario, con el fin de complementar las medidas *in situ*, adoptará medidas para la conservación *ex situ* de la diversidad biológica, preferiblemente en el país de origen de esos componentes [los de la diversidad biológica: genes, especies y ecosistemas]”. Esto supone que los estados que son Parte en este Convenio tienen la obligación legal de tomar las medidas pertinentes. En otras palabras, los estados deben, por lo menos, proporcionar las condiciones para que los bancos de germoplasma mantengan los recursos genéticos originarios del país.

Muchos países asumen la responsabilidad de incluir no sólo los parientes silvestres de las especies cultivadas y las razas nativas de las variedades de los agricultores, sino también los cultivares comerciales desarrollados en el país. Por consiguiente, el alcance de la colección de un banco de germoplasma en un país puede llegar a todos los recursos genéticos que se originen en ese país, incluyendo los cultivares comerciales que ya no salen al mercado. En general, se considera que el origen de estos cultivares es el país en que fueron desarrollados como parte de un programa de mejoramiento, pero esta consideración no se basa en una interpretación, formalmente aceptada, del concepto de país de origen.

Como consecuencia lógica del derecho soberano sobre los recursos genéticos, el Artículo 15 del CDB declara que “la facultad de regular el acceso a los recursos genéticos incumbe a los gobiernos nacionales”, y que el acceso, cuando se otorgue, “se hará en condiciones mutuamente convenidas”. Finalmente, el Artículo 16 del CDB vincula el acceso a la tecnología –incluyendo la biotecnología– con el acceso que se da a los recursos genéticos. El sentido de este artículo es que a los países en desarrollo que suministren recursos genéticos se les debe dar acceso a la tecnología que hace uso de esos recursos y transferírseles dicha tecnología.

El CDB ha dado lugar a legislaciones nacionales que, con frecuencia, obstaculizan el acceso a los RFGAA en vez de facilitarlo; en consecuencia, el intercambio internacional y las misiones internacionales de colecta de recursos genéticos se han hecho más engorrosos. En tanto muchas veces no hay orientaciones claras sobre cómo ejecutar las provisiones del CDB relativas a los bancos

de germoplasma, se recomienda a los curadores de los bancos ser respetuosos de los reglamentos y normas existentes, incluyendo los Códigos de Conducta (de la FAO), los Consentimientos Fundamentados Previos y los Acuerdos de Transferencia de Materiales (ATM). En consideración de lo anterior, se exhorta a los curadores de los bancos de germoplasma a investigar opciones de colaboración a nivel internacional dentro de este marco político, que promuevan la conservación y la utilización de las colecciones mantenidas en los bancos y, en general, de los recursos genéticos del país (Crucible II Group, 2001).

En abril de 2002, la Sexta Conferencia de las Partes (en el CDB), celebrada en La Haya, Holanda, adoptó las Directrices de Bonn sobre Acceso y Distribución de Beneficios. Estas normas voluntarias ayudan al curador de un banco de germoplasma a determinar qué pasos debe seguir para obtener acceso a recursos genéticos específicos de un determinado país, y para identificar tanto las fuentes de información sobre la política vigente como las autoridades a las que debe dirigirse (ver documento en la página de internet del CDB <<http://www.biodiv.org/programmes/socio-eco/benefit/bonn.asp>>).

El impacto del Tratado Internacional sobre los RFGAA

El nuevo Tratado Internacional sobre los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura, que reemplaza al anterior CI, tiene en cuenta, en el Artículo 5, la exploración, la conservación y el uso sostenible de los recursos fitogenéticos por cada parte contratante, y distingue allí los inventarios de recursos fitogenéticos así como su conservación *ex situ* e *in situ*. La Parte IV del TI (Artículos 10 a 13) se refiere al establecimiento del Sistema Multilateral de Acceso y Distribución de Beneficios para todos los RFG de un número limitado de cultivos, manejados y controlados por las partes contratantes (los estados miembros) y de dominio público. Este Sistema Multilateral constituye el corazón del Tratado. Puesto que la lista de especies que conforman el Sistema Multilateral contiene los principales cultivos agrícolas, en la práctica un número sustancial de colecciones de bancos de germoplasma –aunque no todas, sin duda– quedará amparado por el Sistema Multilateral. El acceso a estas colecciones, las cuales se rigen por las reglas del TI, se otorgará exclusivamente para fines de conservación y utilización en la investigación, el mejoramiento y la capacitación, con miras a la alimentación y la agricultura. Se facilitará el acceso de conformidad con un ATM estándar, que será desarrollado por la Comisión de la FAO sobre los Recursos Genéticos para la Alimentación y la Agricultura (CRGAA). La distribución de beneficios se llevará a cabo mediante la transferencia de tecnología y el desarrollo de capacidades, y en ella se incluirán los beneficios que provengan de

la comercialización. El nuevo sistema abarcará también la mayor parte de los recursos genéticos que mantienen los centros del GCAI (Cooper, 2002).

El Sistema Multilateral puede representar una decisión consciente de las partes contratantes de devolver algunos de sus recursos genéticos a un dominio de tipo multilateral. La decisión se basó en la comprensión de tres puntos: el componente de la diversidad biológica es crítico para la seguridad alimentaria y para la agricultura sostenible del mundo; las partes contratantes dependen mutuamente, y en alto grado, del germoplasma de cada una; y el pedigrí de las variedades recién desarrolladas es complejo e incluye a menudo muchos países de origen. Por estas razones, un sistema netamente bilateral tendría un fuerte efecto negativo en la utilización de los RFGAA (Raymond y Fowler, 2001).

El impacto del Plan de Acción Mundial

El Plan de Acción Mundial (PAM) de la FAO para la Conservación y la Utilización Sostenible de los RFGAA (FAO, 1996b) enumera 20 actividades prioritarias en las siguientes áreas: conservación y mejoramiento *in situ*, conservación *ex situ*, utilización de los recursos fitogenéticos, y desarrollo de instituciones y de capacidades. El PAM representa una guía y una referencia importantes para fijar prioridades tanto a nivel nacional como de banco de germoplasma, así como al nivel de red regional. Se recomienda a los curadores de los bancos de germoplasma consultar este plan regularmente y cotejar los programas del banco con lo que establece el PAM, en particular con las prioridades 5 a 8, que tratan directamente sobre la conservación *ex situ*.

El impacto del Acuerdo ADPIC de la OMC

El Acuerdo de la Organización Mundial del Comercio (OMC) sobre los Aspectos de los Derechos de Propiedad Intelectual Relacionados con el Comercio (ADPIC) (conocido en inglés como el WTO-TRIPS Agreement) se pactó en 1994 para proteger los DPI y hacerlos cumplir, con el fin de promover la innovación tecnológica y la transferencia y difusión de la tecnología (WTO, 1994). Este acuerdo se interesa en los derechos de autor, en las marcas registradas, en las indicaciones geográficas, en los diseños industriales, en las patentes y en el diseño de circuitos integrados. El artículo 27 de la sección sobre patentes ofrece a los miembros la opción de excluir plantas y animales del derecho de patente, a condición de que la protección de las variedades vegetales y las razas animales sea provista por patentes, por un sistema *sui generis* efectivo, o por cualquier combinación de los anteriores (Leskien y Flitner, 1997; Louwaars, 1998; Anon, 1999). El principal impacto del Acuerdo ADPIC de la OMC ha consistido en

exigir a todos los miembros la introducción de un sistema de DPI para las variedades vegetales, y en establecer un fundamento de carácter internacional para la introducción de patentes en el mejoramiento vegetal, paralelo al sistema de derechos de los fitomejoradores. A diferencia de este último, la legislación sobre patentes no incluye las opciones de exención de los mejoradores ni de privilegio de los agricultores y puede causar, por tanto, un efecto de restricción en la disponibilidad de los genes derivados del germoplasma que se conserva en los bancos.

El curador de un banco de germoplasma debe estar enterado de que las patentes otorgadas a genes aislados del germoplasma distribuido desde sus colecciones pueden limitar, hasta cierto punto, el uso del germoplasma por terceros, en lo concerniente a los genes involucrados. Por lo general se cree que el patentamiento de los genes no restringe el uso del genotipo del progenitor en los programas convencionales de fitomejoramiento basados en el intercambio sexual de genes. Sin embargo, no se dispone todavía de una jurisprudencia que sostenga este concepto. Además, puede considerarse que la distribución de beneficios compensa las limitaciones que pone una patente a la utilización. Los curadores de los bancos de germoplasma deben estar enterados de esta opción y estar preparados para registrar ese uso y ponerse en contacto con el proveedor y el usuario para discutir los arreglos de la distribución de beneficios. En realidad, el nuevo TI sobre los RFGAA ofrece orientación adicional en este sentido.

Políticas y reglamentos nacionales e institucionales

A excepción del Convenio Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales de la Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales (UPOV), los otros convenios internacionales han sido firmados y ratificados por la mayoría de los países. Esta aceptación significa que tales convenios tienen fuerza jurídica y tendrán que ser incorporados en los reglamentos, la legislación o la política de los países. Por ejemplo, muchos países han desarrollado programas nacionales de recursos genéticos como actividad prioritaria, tal como se propone en una medida general del CDB (Art. 6) y en el PAM. Esos programas nacionales deben hacer una valoración de las necesidades y las prioridades del país, garantizar una capacidad adecuada del país, incorporar a la empresa privada, a las organizaciones no gubernamentales (ONG) y a las comunidades rurales e indígenas en asociaciones participativas, y tener un estatus formalmente reconocido (Spillane *et al.*, 1999). Al nivel internacional, estos programas nacionales pueden establecer relaciones eficaces con el Sistema Mundial de la FAO para la Conservación y la Utilización de los RFGAA y con

otras redes internacionales. Es posible que un programa nacional formalmente establecido reconozca adecuadamente el estatus que necesita el banco de germoplasma. Además, los objetivos de conservación y de uso sostenible de la diversidad biológica deben integrarse en otros planes, programas y políticas tanto sectoriales como intersectoriales.

Algunos países han sancionado legislación en el campo de la diversidad biológica, en general, y de los recursos genéticos, en particular, mientras que otros esperan a que éstas se fijen y elaboren en documentos.

En resumen, se aconseja a los curadores de los bancos de germoplasma emplear el PAM como punto de referencia para determinar prioridades, y estudiar el CDB y el nuevo TI sobre RFGAA para comprender mejor el ambiente político internacional cuando propongan elementos de política a las autoridades pertinentes. Es importante, además, lograr que las autoridades nacionales competentes reconozcan la importancia de la conservación de los recursos genéticos y de la elaboración de un marco político estructurado, en el cual el curador del banco de germoplasma desempeñe una función y la política del banco de germoplasma pueda encontrar una base. Más información sobre esto último puede encontrarse en Spillane *et al.* (1999).

2.2 Relación entre un banco de germoplasma y el programa nacional de RFG

Cuando las operaciones de un banco de germoplasma están recién integradas en el marco más amplio de un programa nacional de RFG, la administración del banco puede decidirse a reconsiderar y a redefinir la función de éste. En particular, un programa nacional puede incorporar actividades orientadas a la conservación *in situ*, la conservación en fincas y el desarrollo de los recursos genéticos, aunque si este no es el caso, podría representar una opción para el futuro. Muchos bancos de germoplasma tienen su origen en los programas de mejoramiento vegetal y de investigación, y no necesariamente están diseñados para asimilar los enfoques de conservación *in situ* y *ex situ*.

Ahora bien, como el personal de un banco de germoplasma es experto en hacer inventarios y en la dinámica de la diversidad genética, sería de gran ayuda en el trabajo de conservación tanto *in situ* como en fincas, puesto que por una parte lo hace consciente de las necesidades y prioridades de los posibles usuarios y, por otra, le ofrece una oportunidad para diseñar programas de trabajo que

aborden los asuntos más importantes y los sitúen en su contexto social. La conservación en fincas contempla también el valor del conocimiento autóctono y algunos aspectos más amplios de los recursos genéticos, como la idea de que una planta es más que el mero fenotipo, ya que las variedades cultivadas son el resultado de la selección consciente que hicieron los agricultores para obtener caracteres útiles. A su vez, los programas de conservación tanto *in situ* como en fincas requieren conocimientos y experiencia en los aspectos sociales, económicos y culturales de la agricultura, además de aptitudes para la administración y la organización.

Los programas nacionales de recursos genéticos tienen, por lo general, mandatos amplios que afectan el trabajo de los bancos de germoplasma. Muchas veces se incluyen en ellos los recursos genéticos animales, además de los recursos fitogenéticos. Asimismo, los programas nacionales miran no sólo la dinámica de la diversidad genética sino también las interacciones entre las especies cultivadas y los animales domésticos, y las funciones de las especies vegetales y animales en el entorno agroecológico general. En resumen, la incorporación de las actividades de un banco de germoplasma a un programa nacional de recursos genéticos expande las perspectivas, aumenta la responsabilidad del banco de germoplasma, y promueve una asignación de prioridades más equilibrada y realista (Engels y Visser, 2000).

2.3 Dirección del banco de germoplasma

Estatus del banco de germoplasma

En los años sesenta y setenta se hicieron propuestas para desarrollar bancos de germoplasma cuyo mandato trascendiera las fronteras nacionales y comprendiera agroecosistemas, zonas climáticas y centros de diversidad. Estas propuestas se materializaron en unos pocos casos solamente. En varios centros del GCIAl se establecieron bancos internacionales de germoplasma dedicados a especies cultivadas, cuyas colecciones son hoy un aporte importante a la conservación de los recursos fitogenéticos del mundo, tanto en número como en especie. Además, el Banco de Germoplasma de los Países Nórdicos (Nordic Gene Bank (NGB), <http://www.nordgen.org/ngb/>) y el Centro de Recursos Fitogenéticos de la Southern African Development Community (SADC), SADC Plant Genetic Resources Centre (SPGRC), <http://www.ngb.se/sadc/>), son el resultado de convenios entre estados para conservar conjuntamente los recursos fitogenéticos de los países nórdicos y de los del sur de África, respectivamente. La eficiencia en el manejo de los costos ha sido una consideración importante a la hora de establecer bancos regionales de germoplasma como los anteriores.

Muchos países han establecido un banco de germoplasma nacional y centralizado. La ventaja de un banco de este tipo es que reúne la experiencia y la inversión en una sola instalación. Su desventaja es que puede estar ligado a uno o a pocos institutos de mejoramiento o departamentos universitarios en vez de a la comunidad general de usuarios. Los bancos de germoplasma centralizados se inclinan a tener un estatus y un mandato bastante definidos, ya que quedan invariablemente bajo el auspicio de un gobierno central.

En algunos países, el manejo de los recursos genéticos ha estado totalmente descentralizado y, en general, estrechamente vinculado a los usuarios (e.g., el Reino Unido). Aunque este modelo promueve la utilización de las colecciones y pone ciertos conocimientos y experiencias a disposición, no fácilmente logra un financiamiento adecuado y sostenible, y puede crear incertidumbre sobre el estatus del banco de germoplasma y de las colecciones. Además, puede darse el caso de que los objetivos de la conservación a largo plazo y los del mejoramiento a corto plazo no sean compatibles, hecho que dificulta una conservación eficaz.

Algunos países (como Estados Unidos, India, China, Brasil, Kenia) eligieron la alternativa de establecer un modelo de red, constituido por una instalación central de coordinación en donde se ubica la colección base y unas colecciones activas descentralizadas. Esta estrategia, que procura combinar las ventajas de los enfoques de centralización y descentralización, requiere, sin embargo, una organización más compleja.

Varios motivos dieron lugar a una organización nacional especial para el manejo de los recursos genéticos, ya fuera ésta centralizada o descentralizada, y afectaron el manejo de los bancos de germoplasma:

- El CDB recalca la responsabilidad y la soberanía nacionales y, en la práctica, promueve las soluciones nacionales.
- Una consideración estratégica es que un arreglo de carácter nacional garantiza el acceso a los recursos mantenidos y el control de su calidad, y representa un posible aporte a las redes internacionales con base en contribuciones en especie.
- Un motivo 'biológico' para una organización nacional es que los recursos genéticos nacionales se adaptan mejor, probablemente, a los agroecosistemas locales.

En resumen, lo más importante es que, cualquiera sea la naturaleza de un banco de germoplasma, éste debe tener un estatus reconocido dentro del sistema nacional de investigación, con el fin de que se lo pueda financiar a largo plazo y que se pueda garantizar, también

a largo plazo, el mantenimiento de las colecciones. Conseguir un estatus semejante debe ser una prioridad para todo curador de un banco de germoplasma.

Financiación de la conservación

En la mayoría de los países, la conservación *ex situ* de los recursos genéticos ha sido una responsabilidad pública, que no excluye en absoluto la participación de los sectores privado y civil. Por ejemplo, la industria y las ONG privadas pueden participar en la evaluación del germoplasma; las ONG, a su vez, pueden ser socias en la recolección y el mantenimiento de germoplasma valioso que se encuentre en los campos de agricultores. La sociedad civil ha manifestado, en años recientes, su interés de participar en las discusiones políticas sobre la conservación de la agrobiodiversidad. Hay indicaciones claras de que este sector desea ser informado y participar activamente cuando pueda hacer una contribución válida. De modo semejante, la empresa privada ha participado en diversos trabajos para conservar y utilizar los recursos genéticos, como en el proyecto LAMP (Latin America Maize Project), orientado a la regeneración del maíz en América Latina.

A causa de la responsabilidad pública, generalmente aceptada, de conservar los recursos genéticos, el sector público proporciona gran parte del financiamiento de las operaciones de los bancos de germoplasma, al menos de los nacionales. La autoridad responsable varía según el país, dependiendo de la historia del país y del estatus del banco de germoplasma en el sistema de investigación y desarrollo. Una colección de germoplasma situada en una universidad por lo general es responsabilidad de un ministerio de ciencia, pero si se encuentra en una estación de mejoramiento es muy probable que sea de la competencia de un ministerio de agricultura.

Es frecuente que los ministerios apoyen directamente a los bancos de germoplasma que no pertenecen a organizaciones de investigación grandes. Los bancos de germoplasma que forman parte de tales organizaciones, como los adscritos a institutos nacionales de investigación agrícola, institutos de fitomejoramiento y universidades, por lo general reciben su financiación de dicha organización, a través de un rubro en el presupuesto general. Hay casos en que un banco de germoplasma ha recibido un 'estatus protegido' dentro de un instituto más grande por razones de responsabilidad pública nacional. Este estatus especial reduce la necesidad de que el banco tenga que competir por fondos con otras entidades que, en algunos casos, pueden estar trabajando en dirección opuesta a la conservación del germoplasma. Las

colecciones mantenidas por el GCIAl se financian, en gran parte, con fondos públicos de organizaciones donantes vinculadas a actividades de ayuda y desarrollo.

El curador de un banco de germoplasma necesita concentrarse no sólo en la financiación básica y en las relaciones que mantiene con los representantes de las entidades de financiamiento, sino también en la búsqueda de apoyo adicional que le permita desarrollar y mantener las operaciones del banco. El financiamiento adicional puede provenir de las siguientes fuentes:

- Proyectos de investigación patrocinados por organizaciones como el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM, <http://www.gefweb.org/Spanish/spanish.html>, conocido en inglés como el Global Environment Facility, GEF) y la Unión Europea (UE).
- Las organizaciones bilaterales de donantes y las instituciones de beneficencia también financian proyectos de los bancos de germoplasma, en especial si tienen componentes de desarrollo rural, seguridad alimentaria o mitigación de la pobreza.
- Los programas de investigación de orden tanto nacional como internacional y las organizaciones de conservación de la naturaleza, especialmente las orientadas a la conservación *in situ*, pueden convertirse también en socios colaboradores de los programas de los bancos de germoplasma.
- Las entidades privadas de mejoramiento de especies vegetales también pueden participar en misiones de evaluación y de recolección de fondos en pro de las especies cultivadas y de sus parientes silvestres que sean importantes para los programas de mejoramiento de tales empresas.

Participación de partes interesadas

Por lo general, los bancos de germoplasma independientes son gobernados por una junta directiva, cuyos integrantes han sido escogidos por un ministerio y no necesariamente representan las diferentes partes interesadas en el banco. Aunque dicha junta no exista, sigue siendo importante para un banco de germoplasma tener el equivalente de un comité directivo, sea éste una junta formal o un comité asesor; la alternativa sería recibir la asesoría directa de una comisión nacional de RFG. Lo mismo aplica a los bancos de germoplasma o colecciones que forman parte de una institución más grande, aunque muchas de estas instituciones anfitrionas rara vez consideran que las actividades de los bancos pertenecen a su estructura central. Una junta o comité asesor puede actuar de dos maneras: puede reunir a todas las partes interesadas en las actividades del banco de germoplasma, o puede dotar al banco de una red que le ayude a fortalecer su posición.

Las comisiones nacionales de recursos fitogenéticos han sido establecidas en muchos países y proporcionan un foro importante para el debate, la planificación y la revisión de las actividades de conservación y de utilización de los RFGAA. La participación de tales comisiones en la programación de las actividades de los bancos de germoplasma y el respaldo que proporcionan representa un impulso considerable hacia el fortalecimiento de ellos (Spillane *et al.*, 1999).

La participación de representantes de las diversas partes interesadas puede promover el uso óptimo de las colecciones mantenidas en los bancos de germoplasma. Un uso más intenso, a su vez, contribuye a asegurar la posición de dichos bancos y puede también facilitarles el establecimiento de asociaciones colaborativas. Quienes pertenezcan a los sectores público, privado y civil, y tengan intereses en los bancos de germoplasma deben estar representados en las comisiones mencionadas, para que se establezcan prioridades y se desarrollen los programas a un nivel óptimo.

2.4 Enfoques complementarios de la conservación (*in situ* y *ex situ*)

Las colecciones mantenidas en los bancos de germoplasma son generalmente el resultado de estrategias de conservación *ex situ*, cuyo complemento ideal es la conservación *in situ*. Este enfoque complementario es necesario, ya que las colecciones *ex situ* nunca podrán contener todos los acervos de genes y el germoplasma mantenido *in situ* continúa adaptándose a los cambios ambientales. La diversidad que se mantiene *in situ* es, a menudo, mucho menos accesible que la de las colecciones *ex situ* y su conservación a largo plazo es menos segura. La vinculación de los bancos de germoplasma con las iniciativas de conservación *in situ* o su participación en ellas favorece los intereses de los bancos, ya que les ayuda a definir prioridades y les permite ampliar la visión y la experiencia de su personal. La conservación *in situ* se interesa principalmente en el germoplasma presente en los campos de los agricultores (Engels, 2001).

Los obstáculos surgidos entre los diversos enfoques de conservación y las personas o entidades que tienen intereses en los bancos de germoplasma están desapareciendo gradualmente, y crece el convencimiento de que un intercambio de ideas más frecuente y una mejor colaboración entre dichas partes interesadas son actividades beneficiosas (ver por ejemplo, Christinck *et al.*, 2000). Un proceso continuo se hace evidente en las estrategias de conservación

solamente cuando los bancos de germoplasma toman parte en el manejo de la diversidad en fincas. Cuando esto ocurre, las organizaciones relacionadas con dicho manejo en fincas incluyen, generalmente, enfoques *ex situ* que complementan el trabajo desarrollado por las comunidades. Un proceso continuo se ha desarrollado también en los objetivos de quienes tienen intereses en los bancos de germoplasma. El manejo de la agrobiodiversidad en las fincas es ya aceptado por el sector formal como intrínsecamente vinculado con las metas de desarrollo y con la conservación a largo plazo de los recursos genéticos locales, que representan un valor para el sector informal. Partes interesadas de diversa procedencia han empezado a intercambiar experiencias y a colaborar y, en consecuencia, han surgido programas que incluyen organizaciones sectoriales formales e informales (ver por ejemplo, The Community Biodiversity Development and Conservation Programme (CBDC, http://www.cbdcprogram.org/final_sp/spindex.htm), y http://www.bioersityinternational.org/Themes/Conservation_and_Use/index.asp). Las organizaciones que participan en el manejo en fincas han comprendido la necesidad de hacer mayor impacto mediante la ampliación de la escala de sus operaciones, mientras que las organizaciones vinculadas a la conservación *ex situ* valoran la importancia del germoplasma localmente adaptado (Engels y Visser, 2000).

El germoplasma conservado en fincas puede mantenerse en un banco de germoplasma por razones de seguridad, con el fin de reintroducirlo si se pierde en el sitio en donde estaba. Aunque este manual insiste en la importancia de la conservación *ex situ*, la conservación *in situ* es también importante por numerosas razones, entre ellas las siguientes:

- No todos los recursos fitogenéticos se pueden almacenar *ex situ*. Los cultivos subutilizados y olvidados están mal representados en las colecciones de los bancos de germoplasma.
- El germoplasma mantenido *in situ* sigue adaptándose a los cambios ocurridos en el ambiente, incluyendo los que provienen de situaciones de estrés biótico y abiótico.
- El apoyo al mejoramiento de los recursos fitogenéticos mantenidos localmente y adaptados complementa las inversiones privada y pública hechas en el mejoramiento de los cultivos de primera necesidad y de otros cultivos valiosos, que ya tienen mercados o que reciben apoyo del gobierno.
- El apoyo al mantenimiento *in situ* permite introducir caracteres valiosos de variedades del sistema formal (desarrolladas por fitomejoramiento) en el germoplasma manejado localmente, mientras que el desarrollo continuo del germoplasma local lo

convierte en un recurso más valioso para el mejoramiento del sector formal.

- Apoyar el mantenimiento *in situ* de los recursos fitogenéticos contribuye de manera importante a que las comunidades locales se sientan con capacidad y más seguras en términos de alimentos e ingresos.

Las autoridades responsables del manejo de los parques nacionales y reservas naturales pueden contribuir al fortalecimiento de la conservación *in situ* de los parientes silvestres en los hábitats ricos en especies. En general, el manejo de las áreas protegidas no suele dirigirse a la conservación de la diversidad genética, y es necesario hacer mucho más para obtener toda la información posible, ya que ésta podría beneficiar la conservación del germoplasma.

En conclusión, interesa a los bancos de germoplasma vincularse con la conservación *in situ* o participar en ella, ya que esto por una parte facilita definir prioridades y, por otra, amplía la visión y la experiencia del personal de los bancos. La conservación *in situ* se refiere principalmente a los recursos fitogenéticos encontrados en los campos de los agricultores.

3. Objetivos

1. Introducción
2. Entorno del manejo de un banco de germoplasma
3. Definición de los objetivos de un banco de germoplasma
 - 3.1. Implementación de las políticas nacionales e internacionales
 - 3.2. ¿Qué se debe conservar?
 - 3.3. Definición de objetivos que promuevan la utilización
 - 3.4. Presupuesto e infraestructura
4. Consideraciones para mejorar los conceptos y estrategias de conservación y utilización
5. Procedimientos para el manejo de un banco de germoplasma
6. Racionalización del manejo de un banco de germoplasma
7. Costo financiero de mantener un banco de germoplasma en funcionamiento
8. Responsabilidad compartida
9. Referencias

3. DEFINICIÓN DE LOS OBJETIVOS DE UN BANCO DE GERMOPLASMA

*Bert Visser
y Jan Engels*

Dependiendo de las circunstancias, un banco de germoplasma de un país puede recibir de su gobierno un mandato de orden nacional. Si el banco no tiene mandato, un primer paso debe ser el trabajar en la formulación de uno, independientemente de su alcance. Luego, es importante examinar, con sentido crítico, los objetivos precisos del banco de germoplasma e identificar las limitaciones en sus operaciones. Si se establecen objetivos claros, será posible desarrollar cada año planes de trabajo detallados que permitirán evaluar con regularidad el comportamiento del banco y modificar algunas de sus prácticas.

Un marco lógico es un formato apropiado para desarrollar un plan de trabajo puesto que en él se detallan los antecedentes del programa, los objetivos establecidos a largo plazo, los resultados esperados, los enfoques adoptados para lograr resultados, y los criterios e indicadores que permitirán evaluar el progreso. En el marco lógico también se precisan los medios financieros, los recursos humanos, las instalaciones físicas y los elementos de consumo necesarios para llevar a cabo el programa con éxito.

Los objetivos de los bancos de germoplasma se deben examinar regularmente y modificarlos en respuesta a los cambios que se presenten en las necesidades de la sociedad, en la utilización del germoplasma, en los grupos de usuarios, en los presupuestos, en los organismos de financiamiento y en la política de los donantes. En general, hay que reconocer que los programas de RFG, de los cuales los bancos de germoplasma son un elemento importante, operan en el contexto más amplio del manejo de los RFG (manejo *in situ* y en fincas, así como trabajo del sector civil) y que por lo general complementan las operaciones de los bancos. Las actividades de los bancos de germoplasma deben

ajustarse a este esquema más amplio. El alcance de un banco de germoplasma depende de la importancia del patrimonio nacional, de la soberanía ejercida sobre los RFG, y de la naturaleza de los grupos de usuarios. Los nuevos grupos de usuarios del material genético contenido en un banco de germoplasma, entre ellos el sector agrícola orgánico y las comunidades de agricultores de los países en desarrollo, se han vuelto más y más importantes. La sociedad requiere que los enfoques de producción agrícola sean más sostenibles y que haya más seguridad alimentaria. Esta necesidad se presenta cuando el presupuesto de los bancos de germoplasma se ha reducido y cuando las políticas han restringido el acceso al germoplasma: tal situación ha hecho que los bancos de germoplasma revisen sus objetivos regularmente para poder formular planes de trabajo realistas que generen los resultados requeridos.

Actualmente se acepta que las normas para bancos de genes publicadas por el IPGRI y la FAO son idóneas y que constituyen una práctica adecuada para un banco de germoplasma. Sin embargo, se debe evitar seguirlas estrictamente en países cuyas instalaciones sean limitadas, ya que fueron diseñadas para una situación ideal que rara vez se da. Los curadores de los bancos de germoplasma deben interpretar estas normas y modificarlas según las condiciones locales sin que, al hacerlo, pongan en peligro la seguridad a largo plazo de las colecciones. Se recomienda a los bancos mantener un conjunto completo de las normas que aplican y, cuando proceda, una justificación de las mismas.

3.1 Implementación de las políticas nacionales e internacionales

Alcance del mandato y origen de la diversidad

Un tema importante relacionado con el alcance de una colección de germoplasma es si ésta se debe restringir a los materiales del país en que se encuentra el banco o si el mandato de éste debe extenderse para atender las necesidades de sus usuarios. Si se opta por esto último, la siguiente decisión sería definir la región o los límites geográficos del acervo de genes de especies cultivadas que debe incluirse. Decisiones de este tipo posiblemente no se tomarán internamente sino que las tomará la entidad responsable del financiamiento. El CDB (Artículo 8) recomienda la primera opción, aunque los programas de fitomejoramiento y de investigación colaborativa pueden solicitar a quienes toman las decisiones que adopten la segunda. Se han dado casos en que se han elegido ambas alternativas. Por ejemplo, el Banco de Germoplasma de los

Países Nórdicos (NGB) y el Centro de Recursos Fitogenéticos de la SADC (SPGRC) han optado por una estrategia de conservación de los recursos genéticos de las regiones donde operan. Muchos bancos de germoplasma relativamente antiguos, como el Instituto Vavilov de Rusia (VIR, N.I. Vavilov Institute of Plant Industry), el Instituto de Genética Vegetal y de Investigación de Cultivos (IPK, Institut für Pflanzengenetik und Kulturpflanzenforschung), de Alemania, y el Laboratorio Nacional de Recursos de Germoplasma (National Germplasm Resources Lab) de los Estados Unidos, al igual que el CGN (aun siendo éste mucho más joven), han optado por un cubrimiento más amplio de la diversidad genética para apoyar el mejoramiento y la investigación¹. En todos los casos, las colecciones contienen germoplasma que se puede usar en la producción y el mejoramiento agrícolas de los países a que ellas pertenecen y para atender las solicitudes de una amplia comunidad de usuarios. La cobertura de una colección dependerá, principalmente, de la magnitud del presupuesto del banco. Por ello, algunos bancos de germoplasma reciben el mandato de incluir todos los cultivos que cumplan una función en la agricultura nacional; para los demás cultivos hay que fijar las prioridades.

En vista de lo anterior, es importante que el curador de un banco de germoplasma reciba una orientación clara sobre el alcance de las colecciones que mantiene. Esta información deberá solicitarse a las autoridades competentes cuando no haya sido precisada en el mandato del banco de germoplasma.

Grupos de usuarios

La composición de una colección de germoplasma está determinada principalmente por las características de los grupos de usuarios que el banco desea atender. Muchos bancos de germoplasma de países desarrollados se establecieron para suministrar germoplasma a las actividades de fitomejoramiento e investigación, tanto del sector público como del privado. En los países en desarrollo, es más frecuente que las colecciones se establezcan para recoger las variedades de los agricultores y proteger así la diversidad tradicional. Cada vez más se comprueba que las comunidades de agricultores, las ONG y los servicios de extensión agrícola ejercen una fuerte influencia en el mantenimiento de la diversidad genética en las fincas y en el mejoramiento de las variedades de los agricultores. Con tales fines, las colecciones de los bancos de germoplasma pueden también servir de respaldo a la diversidad genética mantenida en el campo, y las accesiones contenidas en ellas se pueden emplear para el mejoramiento genético y para reintroducir el germoplasma en los campos de los agricultores (un resumen de este punto se encuentra en Almekinders y De Boef, 2000).

¹ Para obtener información más detallada, ver los sitios de internet del CGN (<http://www.cgn.wur.nl/uk/>), del NGB (<http://www.nordgen.org/ngb/>), del SPGRC (<http://www.ngb.se/sadc/>), del Instituto Vavilov (<http://vir.nw.ru/>), del IPK (<http://www.ipk-gatersleben.de/>), de Interent, y del GRIN (<http://www.ars-grin.gov>).

Tipos de germoplasma

Las decisiones que se tomen sobre el mandato de un banco de germoplasma y sobre sus posibles usuarios influyen directamente en la clase de germoplasma que se colectará e introducirá en el banco.

- Cuando los mejoradores privados forman un grupo importante de usuarios, el propósito de una colección puede ser adquirir accesiones que tengan caracteres útiles para ellos, como los relacionados con resistencias. Entre estas accesiones puede haber parientes silvestres y variedades desarrolladas por agricultores de otras regiones.
- Cuando las comunidades de agricultores son el principal grupo de usuarios, es importante adquirir y mantener variedades adaptadas a los agroecosistemas y sistemas agrícolas. El interés se desplaza entonces de las accesiones con caracteres individuales útiles a las variedades que tienen valor agregado.
- Cuando el mandato del banco de germoplasma especifica mantener la diversidad tradicional del país, es responsabilidad clara del banco coleccionar las razas nativas más antiguas, con el fin de conservar el patrimonio nacional biocultural.

Es natural que algunos bancos de germoplasma suministren accesiones a diversos grupos de usuarios, los cuales requieren que cada tipo de germoplasma tenga suficiente cubrimiento. Ahora bien, si la industria del mejoramiento mantiene los cultivares porque representan un valor comercial potencial, o si las variedades de los agricultores son mantenidas por muchas comunidades agrícolas que las prefieren por sus caracteres agronómicos, no parece muy razonable dar prioridad a tales variedades en la colección de un banco.

En términos generales, las siguientes categorías podrían servir de guía para incorporar materiales a un banco de germoplasma (Ramanatha Rao, comunicación personal):

- Accesiones cuyos caracteres son conocidos
- Accesiones que representan un amplio espectro de la diversidad genética
- Parientes silvestres de cultivos mejorados
- Razas nativas obsoletas
- Razas nativas que se usan comúnmente como progenitores (con antecedentes agronómicos de adaptación local) para desarrollar nuevos cultivares
- Razas nativas amenazadas.

Servicios prestados al usuario

Los servicios prestados por un banco de germoplasma a sus usuarios son muy variados, pero lo mínimo requerido del banco es que suministre

información de pasaporte sobre las accesiones. Si un banco de germoplasma desea promover el uso de su colección, debe esforzarse por dar información adicional sobre las accesiones, incluyendo datos de caracterización y evaluación. Existe una notable correlación entre la cantidad de información disponible sobre una accesión y el interés que ésta despierta en un posible usuario. La información puede suministrarse en forma escrita o electrónicamente a través de la internet, y la selección de las accesiones la puede hacer el curador o el usuario directamente. Las bases de datos están creando enlaces cuyo alcance es cada vez mayor, permitiendo seleccionar accesiones en una sola base de datos, que puede manejarse en diferentes localidades y por distintos bancos de germoplasma (como las bases de datos internacionales de cultivos). Las bases de datos SINGER (System-wide Information Network for Genetic Resources)(<http://singer.grinfo.net/>), GRIN (Germplasm Resources Information Network)(<http://www.ars-grin.gov/>) y EURISCO, sigla que corresponde a Catálogo de búsqueda por internet de los Recursos Fitogenéticos Europeos (<http://eurisco.ecpgr.org/>), suministran información, respectivamente, sobre las colecciones de los Centros del GCAI, sobre las que poseen los Estados Unidos, y sobre las de los bancos de germoplasma de Europa.

Un servicio adicional relacionado con el anterior consiste en establecer colecciones base, ya sea de nivel nacional o internacional, partiendo de los materiales de un banco de germoplasma. Una colección base sirve para ayudar a los usuarios a buscar germoplasma útil en un subconjunto representativo de la colección. Esta búsqueda se puede complementar con un análisis más detallado del germoplasma relacionado con el que se identificó en la primera búsqueda. Este enfoque de doble aproximación optimiza la probabilidad (y la eficacia respecto al costo) de ubicar accesiones útiles. Asimismo, pueden realizarse las siguientes actividades como servicios específicos prestados a los usuarios, a solicitud de ellos o en colaboración con ellos:

- búsqueda y adquisición de recursos genéticos en solicitudes hechas a bancos ubicados en el exterior
- realización de expediciones de colecta de germoplasma de alto valor potencial
- organización de subconjuntos de accesiones de una colección para evaluación
- expansión de la base genética o premejoramiento
- suministro de semilla en cantidades relativamente grandes
- suministro de ADN de las accesiones
- publicación de un boletín informativo

Todas las actividades de un banco de germoplasma, incluyendo las enumeradas anteriormente, necesitan recursos financieros que,

si no están disponibles, restringirán su desarrollo inevitablemente. Las entidades que financian los bancos de germoplasma pueden restringir las actividades de éstos dependiendo de sus planes y mandatos. Por ello, prestar ciertos servicios puede permitirle al banco de germoplasma atraer fondos adicionales.

3.2 ¿Qué se debe conservar?

Los recursos genéticos que se pueden conservar en un banco de germoplasma pueden ser de naturaleza diferente dependiendo de muchos factores. Algunos son obligatorios, como los requisitos políticos, otros se relacionan con las prioridades que establezca el curador del banco, y otros con limitaciones biológicas inevitables, relacionadas con las diferencias entre las especies y su propagación.

Requisitos de carácter político

El organismo que financia el banco de germoplasma –por lo general un ministerio del gobierno– es el que suele determinar la política del banco. Los curadores de los bancos de germoplasma tienen, no obstante, la responsabilidad de suministrar información a diversos individuos y organismos, para mantenerlos al corriente de los avances en la ciencia y la práctica de la conservación y de los cambios en las prioridades. La política por lo general determina el origen y el tipo de germoplasma que se debe conservar, al igual que quienes serán los principales usuarios de éste.

Convenios institucionales

Los bancos de germoplasma que están estrechamente asociados con las instituciones de mejoramiento o de investigación son, por lo general, sus principales proveedores de germoplasma. Esta relación puede tener ventajas mutuas, ya que los datos de evaluación obtenidos por un instituto de mejoramiento pueden ponerse fácilmente a disposición del banco de germoplasma asociado y, a su vez, promover el uso del germoplasma. Cuando esto ocurre, las colecciones suelen tener un uso intensivo. Importa, sin embargo, que los administradores de dichos bancos de germoplasma estén alerta ante intereses de corto plazo de un instituto de investigación asociado, que pueden entrar en conflicto con las responsabilidades de largo plazo del banco. Por ejemplo, la terminación de un programa de mejoramiento de cultivos no debe conducir al descuido o a la cancelación de una colección del banco de germoplasma. Por tanto es importante establecer cuidadosamente las relaciones interinstitucionales del banco para no poner en peligro la seguridad de las colecciones. Además, hay que considerar que tales relaciones pueden tener efectos en la asignación presupuestal. Se

han dado casos de bancos de germoplasma que se desarrollaron como una actividad colateral de un instituto. En algunos países, el manejo de las colecciones de un banco de germoplasma puede ser muy descentralizado y estar estrechamente vinculado a un instituto de investigación o de mejoramiento de cultivos específicos. Hay más propensión a descuidar, durante períodos relativamente largos, las colecciones de ese tipo, a menos que el gobierno asuma explícitamente la responsabilidad de dar un mantenimiento continuo a las colecciones descentralizadas.

Muchos bancos de germoplasma funcionan independientemente de las instituciones que utilizan su germoplasma. Aunque esto pueda parecer atractivo, implica un riesgo alto de tener poco contacto con los usuarios, lo cual a la vez supone tener acceso limitado al conocimiento de un cultivo y a las instalaciones necesarias para regenerar y caracterizar las colecciones. Lamentablemente, la información de retorno que los evaluadores envían al banco de germoplasma es normalmente escasa, aunque debería dársele mayor prioridad, y organizar programas de evaluación con los principales usuarios independientes en los que se haga seguimiento a las obligaciones aceptadas en los ATM.

En algunos casos, el principal objetivo de un banco de germoplasma es únicamente el de conservar el germoplasma a largo plazo, teniendo otros institutos la responsabilidad de utilizarlo a corto plazo. En estas condiciones aumenta el riesgo de aislamiento del banco de germoplasma, por lo cual se hace crucial el mejorar los contactos con los principales grupos de usuarios.

Algunos bancos de germoplasma reciben el mandato claro de evaluar el germoplasma, mientras que a otros les advierten explícitamente las entidades que los financian no emplear su presupuesto básico en hacer evaluaciones. Los bancos de germoplasma están en ventaja cuando mantienen vínculos estrechos con los usuarios. Esta relación les permite acceder a instalaciones y experiencias que, de otro modo, no estarían disponibles para ellos. Además, les ayuda a reducir los costos y a simplificar la política de manejo del banco.

Carga histórica

Existen colecciones cuyo tamaño y contenido se determinaron en el pasado por decisiones y programas de las instituciones que las establecieron. Esta herencia se denomina carga histórica. Una característica de los bancos de germoplasma es que se han derivado, parcial o totalmente, de colecciones de trabajo de institutos asociados con ellos o de institutos nacionales independientes. Es apenas lógico que el banco de germoplasma

asuma la responsabilidad exclusiva de tales colecciones aunque, en la práctica, esa responsabilidad puede significar encontrar un equilibrio entre dificultad y oportunidad. La carga histórica se debe tener en cuenta al formular los programas de trabajo.

Una colección de trabajo, que puede estar ampliamente documentada y evaluada, representaría un activo importante, posiblemente único, para un banco de germoplasma con capacidad para mejorarse y ampliarse.

Si una colección no encaja ya en las prioridades de un banco de germoplasma, hay que tratar de guardar ese germoplasma en otro sitio. Esta estrategia puede resultar atractiva si la colección heredada es relativamente pequeña o si requiere conocimientos prácticos e instalaciones muy especializados, aunque muchas veces es difícil mantener una colección cuando el germoplasma que contiene se solicita muy pocas veces. Los bancos de germoplasma que guardan colecciones muy grandes tienen mayor probabilidad de ser conocidos por los usuarios de un determinado cultivo. La política nacional en este campo determina, muchas veces, si un banco de germoplasma puede aprovechar esta opción. La alternativa es modificar una colección de trabajo heredada (ver Capítulo 6) para hacer eficiente el costo de mantenerla.

Necesidades de los usuarios

Un mandato de conservación requerirá que se conserve la diversidad genética de determinada especie cultivada, sin considerar ningún genotipo específico; sin embargo, las necesidades de los usuarios deben tenerse en cuenta antes de aceptar, de manera responsable, una colección. Las solicitudes de germoplasma pueden provenir del sector público, del privado o del civil:

- Los usuarios necesitarían el germoplasma para hacer mejoramiento, para investigar genes específicos, para hacer investigación básica, o para introducir o reintroducir materiales en los sistemas agrícolas.
- Los mejoradores y los investigadores estarán interesados en caracteres adaptativos que puedan incorporarse en materiales de mejoramiento, caracteres que estarían presentes en cualquier material desde una línea élite hasta un pariente silvestre.
- Las comunidades agrícolas requieren, en general, variedades provenientes de agroecosistemas comparables al propio para adaptarlas.

La regeneración sexual puede llevar a la pérdida de un genotipo específico, aunque la conservación de esos genes en otros genotipos bastaría para el mejoramiento futuro. Hay que determinar, además,

si algunos caracteres y rasgos específicos están ya contenidos en otras accesiones de la colección. Ahora bien, el mantenimiento de genotipos específicos es importante para la reintroducción directa en un sistema agrícola. En resumen, si se prevé el uso del germoplasma, puede definirse a menudo la forma de conservarlo, ya sea como un genotipo específico o como una población en que el genotipo de una planta individual no se fije a través de las generaciones. En cualquier caso, los bancos de germoplasma cumplen la función específica de hacer disponible un germoplasma al que quizás no podría accederse fácilmente por otra vía (ver también Greene y Morris, 2001).

En algunos casos, una especie cultivada puede ser importante en un sistema agrícola dominante, y así se hace merecedora de la conservación *ex situ* de esa diversidad genética, aun en ausencia de un programa activo de fitomejoramiento. Hay también casos en que una variedad ya no puede cultivarse en una determinada localidad, aunque puede haber programas de fitomejoramiento para ese cultivo en otro sitio (el caso del lino de Holanda).

En su mayoría, los bancos de germoplasma desempeñan funciones de carácter nacional o regional o tienen usuarios bien definidos. Ahora bien, a consecuencia de la globalización y de los adelantos de la tecnología de la información, cada vez más usuarios nuevos, de sitios distantes, hacen contacto con un banco de germoplasma en busca de materiales. Los curadores de estos bancos necesitan desarrollar una política sobre la prestación de servicios a usuarios no tradicionales, ya que es poco probable que éstos puedan retribuir algo al banco.

El curador de un banco de germoplasma tiene que valorar plenamente las necesidades de los usuarios actuales y potenciales, a la luz del mandato y de los objetivos del banco. También es necesario considerar cómo acomodar la política de conservación del germoplasma a una óptima utilización de éste. Por tanto, deberá tomar, con cuidado y atención, tres decisiones concretas:

1. Asignar prioridades a las colecciones de especies cultivadas, asignación que depende de la disponibilidad de germoplasma en otros sitios.
2. Limitar la cobertura de una colección, ya sea a germoplasma proveniente de una zona agroecológica específica o de un origen geográfico particular, o a partes del acervo de genes de un cultivo.
3. En la representación de los materiales en una colección, establecer un equilibrio entre cultivares avanzados, cultivares más antiguos, variedades de agricultores, parientes silvestres y otros materiales.

Consideraciones de carácter geográfico

El mandato de un banco de germoplasma puede contener restricciones a la obligación de conservar el germoplasma proveniente de localidades específicas. Por ejemplo, el NGB tiene el mandato de conservar solamente la diversidad de la región nórdica y el WARDA (Africa Rice Center) tiene la responsabilidad de mantener y desarrollar el germoplasma de arroz que se cultiva en África (ver, por ejemplo, Hijmans *et al.*, 2000).

La reglamentación fitosanitaria también puede influir en algunas políticas de conservación. La estricta legislación de la UE sobre los virus convierte en requisito indispensable para los mejoradores mantener a corto plazo, en los estados que integran la UE, el germoplasma de papa que utilicen. Si se manejan perspectivas de largo plazo para la conservación, sería suficiente el mantenimiento que se da en la región andina. Por consiguiente, para utilizar los recursos genéticos en el corto plazo, hay que almacenar el germoplasma durante un tiempo extra en Europa. Un ejemplo similar es la necesidad de cuarentena vegetal intermedia en un tercer país, que puede dar lugar a la generación de bancos de germoplasma. Por razones de cuarentena, por ejemplo, Barbados hospeda una colección de germoplasma de cacao para distribución posterior, estrechamente vinculada a la colección mundial de cacao mantenida en la University of the West Indies, en Trinidad y Tobago (Eskes *et al.*, 1998).

La distribución de muchos cultivos subutilizados se restringe muchas veces a una determinada región (Chweya y Eyzaguirre, 1999). Los bancos de germoplasma de esa región tienen la responsabilidad específica de conservar esas especies cultivadas, ya que no es probable que sean conservadas en otra parte. Esa responsabilidad se deriva del CDB, que establece en su Artículo 8, que cada país debe tomar las medidas que le permitan conservar su propia diversidad biológica.

Ubicación geográfica

El clima puede afectar seriamente el éxito de las operaciones de un banco de germoplasma. La regeneración del germoplasma proveniente de ecosistemas muy diferentes a aquél en que está situado el banco puede plantear problemas, generar costos adicionales y dar lugar a grandes cuellos de botella genéticos, situaciones que no reportan beneficios. Transferir germoplasma de día corto a condiciones de día largo puede fácilmente ocasionar efectos indeseables. La regeneración, bajo diferentes condiciones climáticas, de parientes silvestres genéticamente heterogéneos también puede causar problemas (Brown *et al.*, 1997). Esto indican

los resultados de varios estudios sobre la erosión genética de la cebada mantenida en bancos de germoplasma, ocurrida por el cambio y la deriva genéticos (Parzies *et al.*, 2000). En teoría, el cambio genético se puede evitar regenerando el germoplasma en su zona de origen, pero con frecuencia esta operación es logísticamente compleja o hasta imposible, por muchas razones. Por consiguiente, los efectos biológicos pueden restringir el desarrollo de colecciones mundiales de germoplasma dedicadas a importantes especies cultivadas con la misma intensidad con que lo hacen las políticas. Por tal razón, mantener el germoplasma en el país en que se originó o en su misma zona agroecológica debe tomarse en serio como una alternativa viable en comparación con el almacenamiento en un sitio lejano.

Presupuesto e infraestructura

Las limitaciones de presupuesto e infraestructura de los bancos, afectan, por lo regular, el normal funcionamiento tanto del banco como de las colecciones. Cuando esto ocurre, es preciso dar prioridad a los objetivos de conservación.

Cuando hay limitaciones de presupuesto, el banco debe adoptar una política proactiva y establecer estrategias claras para manejar las colecciones y mantenerlas en un tamaño conveniente. Los costos de regeneración de un número determinado de accesiones se pueden calcular. Puesto que cada banco de germoplasma tendrá que regenerar no sólo las accesiones de germoplasma recién introducidas, sino también las que están a punto de agotarse y aquéllas cuya viabilidad ha descendido bajo el umbral aceptable, dichos bancos podrán mantener con éxito solamente una colección limitada que ocupe un espacio restringido. El máximo presupuesto disponible para regenerar determina la capacidad real de regeneración del germoplasma y de introducción de nuevo germoplasma. En otras palabras, el tamaño actual y la viabilidad de la colección existente determinarán la fracción del presupuesto que estaría disponible para ampliar la colección. Los curadores de los bancos de germoplasma deben calcular cifras exactas en esas dos categorías (tamaño y viabilidad).

Obviamente, ningún banco de germoplasma dedicará todo su presupuesto a la regeneración descuidando la colecta, la documentación, los servicios de información, el manejo de semillas, las pruebas de viabilidad, la distribución y la evaluación de las colecciones. No obstante, muchos bancos de germoplasma apenas acatan el protocolo que instruye sobre la regeneración óptima y a menudo la dejan de lado, aun en la etapa de planificación. La regeneración es, por su parte, una actividad que atrae poco la

financiación de donantes y, en consecuencia, debe planificarse con mucha antelación si se desea proteger la inversión hecha en el establecimiento de las colecciones.

A diferencia de lo que ocurre con otras operaciones del banco, no es posible dar una cifra concreta del costo de la regeneración, aunque determinar la fracción del presupuesto disponible para ella es un punto muy importante a la hora de asignar prioridades. Para hacer más compleja la situación, la regeneración no se puede tratar independientemente de otras actividades. Por ejemplo:

- adquirir un gran número de nuevas accesiones afectará los costos totales, incluyendo el de regeneración;
- hacerse a un mejor sistema de documentación y de información estimulará la demanda, contribuirá a que se agoten los inventarios, y requerirá que una parte relativamente grande del presupuesto de regeneración se gaste en el mantenimiento ordinario de las accesiones, lo cual limitará además las oportunidades de ampliar la colección;
- aumentar el gasto en evaluación, tendrá un efecto similar, aunque más lento, en el incremento de solicitudes de germoplasma y, con el tiempo, acelerará el agotamiento de las reservas.

La asignación de prioridades es causa también de que una fracción relativamente alta de la totalidad del presupuesto disponible se gaste en muy pocas colecciones de cultivos de un banco de germoplasma, en especial de los que tienen un porcentaje muy alto de accesiones únicas, o de aquéllas en que se interesan mucho los usuarios.

Por ejemplo, el CGN se ha comprometido a gastar en regeneración menos del 50% del total de su presupuesto central disponible, el cual proviene del Ministerio de Agricultura de Holanda. Asimismo, gasta un 80% de su presupuesto central solamente en ocho colecciones prioritarias, de más de 20 que conforman el total de ellas. Los criterios para seleccionar las colecciones prioritarias fueron la demanda de los usuarios, la representatividad de la colección, y la disponibilidad del germoplasma en colecciones situadas en otros lugares.

La siguiente pregunta tiene su importancia: ¿es efectivo el almacenamiento del germoplasma como semilla, o hay que considerar métodos de almacenamiento más costosos y menos confiables, como la conservación *in vitro*, la crioconservación o los bancos en campo? Lo más lógico es aconsejar que se restrinja el número de colecciones de cultivos que produzcan semillas recalcitrantes, o que sólo puedan propagarse vegetativamente, a un nivel que esté al

alcance del banco de germoplasma y que el banco pueda mantener a largo plazo. Si este consejo parece oponerse a la obligación de un país de conservar su propio germoplasma, una posible solución sería buscar la colaboración internacional o compartir responsabilidades con otras instituciones en el ámbito regional.

Finalmente, la infraestructura disponible y la pericia del curador pueden influir en el tamaño de una colección y en la prioridad que se asigne a un cultivo. El almacenamiento del germoplasma de algunos cultivos requiere invernaderos, instalaciones para el mantenimiento *in vitro* o para la crioconservación, y personal calificado para las labores de manejo. En general, todas las colecciones base de especies cuya semilla puede conservarse deben almacenarse en condiciones óptimas, de preferencia a -18°C . Sin embargo, las semillas de algunos cultivos permanecerán viables durante muchos años, aun a $+4^{\circ}\text{C}$, con tal que su contenido de humedad sea suficientemente bajo y las semillas estén en recipientes especiales, como las bolsas de aluminio, herméticamente sellados (Walters y Engels, 1998).

Estrategias de colecta

Dos factores contribuyen al desarrollo de una estrategia de colecta de germoplasma, si consideramos que ésta tendrá sentido sólo si se dispone de instalaciones para regenerar, suficientes y de buena calidad. El factor cuantitativo se describió en la sección anterior sobre presupuesto e infraestructura. El total del presupuesto disponible para regenerar menos el costo de regenerar las accesiones ya introducidas indicará las opciones para incorporar nuevas accesiones; así pues, las estrategias de colecta deben tener en cuenta esta capacidad máxima anual.

Desde el punto de vista cualitativo, el PAM ofrece una orientación en su actividad prioritaria 7. Éste declara que, entre los objetivos de largo plazo, deben estar la colecta del germoplasma amenazado y de la información asociada con éste, y la colecta del material para el cual se ha previsto ya un uso. Un objetivo intermedio es que un material pueda llenar vacíos en la diversidad genética de las colecciones existentes. Con tal propósito, es preciso evaluar los resultados de colectas anteriores en términos de diversidad, empleando sistemas de información georreferenciada o técnicas de caracterización morfológica o molecular, o dos o tres de ellas a la vez (ver información detallada en Ferguson *et al.*, 1998; van Treuren, 2001). No toda la diversidad mantenida en fincas o existente en condiciones naturales está en peligro de perderse y, por tanto, coleccionarla debe tener una baja prioridad. Además, los bancos de germoplasma deben elaborar cuidadosamente inventarios en que aparezca el germoplasma ya adquirido por otros bancos y

que pueda adquirirse libremente. Sólo en casos excepcionales se justifica coleccionar de nuevo en el sitio original un material previamente colectado, en vez de regenerarlo a partir de este último.

En general, las expediciones de colecta deben concentrarse en cultivos que no sean alimento básico, o en cultivos de primera necesidad cuyas zonas de distribución estén muy limitadas, puesto que ya existen colecciones *ex situ* muy grandes de cultivos de primera necesidad para el mundo. Las políticas también repercuten en las estrategias de colecta, especialmente en las misiones internacionales. El CDB establece tanto el derecho de las partes contratantes de requerir el consentimiento fundamentado previo antes de dar acceso a los recursos genéticos, como la obligación de respetar el conocimiento de las comunidades indígenas en lo referente a la conservación y al uso sostenible. Quizás no sea fácil identificar la autoridad gubernamental adecuada que debe facilitar el acceso, aunque las recientemente adoptadas Directrices de Bonn del CDB indican que se identifique en cada país la Autoridad Nacional Competente. El Código Internacional de Conducta de la FAO para la Recolección y Transferencia de Germoplasma Vegetal, cuya versión final apareció en 1993:

- propone algunos procedimientos para solicitar u otorgar la licencia para una misión de colecta;
- establece normas para los recolectores de germoplasma;
- extiende responsabilidades y obligaciones para quienes patrocinan las misiones, para los curadores de los bancos de germoplasma y para los usuarios del material genético;
- solicita la participación de los agricultores y de las instituciones locales en las misiones de colecta; y
- propone que los usuarios del germoplasma compartan los beneficios derivados del uso de los recursos fitogenéticos con el país anfitrión y con sus agricultores.

Las recientemente redactadas Directrices de Bonn sobre Acceso a los Recursos Genéticos y Participación Justa y Equitativa de los Beneficios Provenientes de su Utilización (sección IV), así como el nuevo TI sobre los RFGAA (Artículo 12), dan más instrucciones sobre los pasos que deben seguir en la colecta de germoplasma.

Se recomienda enfáticamente a los bancos de germoplasma no emprender misiones internacionales de recolección sin el consentimiento de la autoridad nacional competente del país donde se planea desarrollar esa misión. Aun en las colectas que se hagan dentro del país en que funcione el banco de germoplasma, deberá obtenerse una forma de consentimiento de la comunidad local. Asimismo, enterarse de las relaciones existentes en una localidad

es esencial para identificar las personas o entidades apropiadas que suministran el consentimiento fundamentado previo, cuando se solicita acceso a la diversidad mantenida en fincas. Socios colaboradores del banco de germoplasma en una localidad, respetados por las comunidades locales, contribuyen a que se acuda a las personas y a los grupos adecuados para obtener el consentimiento fundamentado previo.

3.3 Definición de objetivos que promuevan la utilización

El principal objetivo del manejo de un banco de germoplasma es impulsar el uso de las accesiones para promover la seguridad alimentaria y la producción agrícola sostenible. Uno de los principales usos es el mejoramiento (Dudnik *et al.*, 2001); entre los usos alternos están la reintroducción de la diversidad *in situ* y el apoyo a proyectos comunitarios de desarrollo basados en el uso de los RFG. Las inversiones en caracterización, evaluación y documentación por lo general incrementan la utilización y requieren, por tanto, que se les preste la máxima atención.

La investigación científica depende también de la disponibilidad de acceso al material del banco. En el pasado, un uso al que se le ha dado, y quizás se le siga dando, poca importancia es el suministro de material genético para estudios de biología de las especies, evolución de los cultivos y determinación de patrones de diversidad. El desarrollo logrado por la biología molecular y por los medios de diagnóstico ha facilitado nuevos enfoques. Los resultados de tales estudios benefician a los curadores en el manejo de las colecciones, ya que aumentan notablemente sus conocimientos sobre la estructura de las colecciones y les permiten estar bien informados para tomar decisiones sobre las prioridades que exige el mantenimiento del banco. El continuo trabajo de conservación de la diversidad genética contribuirá al progreso de aspectos relacionados con la biotecnología y el mejoramiento de los cultivos.

Aunque la conservación para uso futuro es la labor básica de todos los bancos de germoplasma, el uso de los materiales a corto plazo es muy importante porque permite anticipar más fácilmente las necesidades futuras. No toda la diversidad se usará con igual intensidad, si es que llega a usarse, pero las necesidades futuras hacen la conservación necesaria. De modo semejante, se pueden justificar diferencias en las tareas con que se promueve la utilización, tanto en una colección como entre colecciones. Algunas colecciones se usan activamente en fitomejoramiento y otras

se convierten exclusivamente en colecciones de conservación, sin vínculos especiales con el mejoramiento de los cultivos, dependiendo del interés que tengan el sistema agrícola y el mercado de la localidad en productos de alto valor derivados de los programas de fitomejoramiento.

Conservación

La conservación óptima del germoplasma se apoya en las razones que justifican conservar. Dependiendo del costo de almacenamiento, de la disponibilidad del germoplasma, de la disponibilidad de accesiones alternas y de otros factores, los curadores de los bancos de germoplasma se decidirán por el almacenamiento a largo, mediano o corto plazos. Esta decisión se estudiará detalladamente en el Capítulo 4.

Definición de usuario

Las decisiones sobre la distribución del germoplasma están condicionadas por el estatus del usuario (situación jurídica y nacionalidad) y por el uso que se le dará al germoplasma. A veces es necesario poner las accesiones de germoplasma sólo al alcance de grupos organizados –comunidades, universidades, empresas– para optimizar la eficiencia de los costos. Un usuario aislado no podría usar el germoplasma eficazmente porque carecería de acceso a las instalaciones necesarias, de competencia en el manejo, y de acceso a redes de usuarios.

El Sistema Multilateral del TI sobre RFGAA requiere que todas las partes que contribuyen al sistema faciliten el acceso al germoplasma designado. En muchos casos, esto significa que no deben hacerse distinciones basadas en la nacionalidad cuando la parte solicitante actúe dentro del cubrimiento que proporcionan el TI y su Sistema Multilateral. El acceso incluye la información relacionada con el germoplasma, a menos que la disponibilidad de tal información esté restringida (http://www.planttreaty.org/index_es.htm). En el caso de colecciones no amparadas por el TI sobre RFGAA, el CDB especifica que el acceso a los recursos genéticos se debe dar en términos mutuamente acordados. Los bancos de germoplasma, por su parte, deben respetar el Código de Conducta de la FAO para la Recolección de Germoplasma y suministrar el germoplasma a los usuarios sólo en los términos del Código, del TI y del CDB.

Muchas veces es necesario emplear un ATM (tal como se requiere en el Sistema Multilateral del TI) que garantice que todo el germoplasma suministrado a una de las partes quede al alcance de cualquier otra, y que no se puedan obtener patentes de ningún tipo de germoplasma sin un consentimiento fundamentado previo. Esta medida no

representa una restricción al acceso con fines de uso que requiera el banco, sino que protege a otros usuarios de las restricciones que presentarían las patentes que obstaculizan el acceso gratuito.

El acceso al germoplasma de cultivos no contemplados en el Sistema Multilateral depende exclusivamente de la política de los países, aunque debe estar de acuerdo con el texto general del TI sobre RFGAA y del CDB, especialmente de las Directrices de Bonn sobre el Acceso a los Recursos Genéticos y la Participación Justa y Equitativa de los Beneficios Provenientes de su Utilización (que es de aceptación voluntaria). El TI sobre RFGAA solicita a cada parte integrante elaborar una política y establecer medidas legales para promover el uso sostenible de los RFG (Artículo 6). El CDB requiere que las partes se esfuercen "por crear condiciones que faciliten el acceso a los recursos genéticos para usos ecológicamente razonables" (Artículo 15).

Los bancos de germoplasma deben exigir a sus clientes el cumplimiento de ciertos requisitos para el uso del germoplasma. Por tanto, se invita a los curadores de los bancos de germoplasma a revisar estos requisitos para saber si se ajustan a las condiciones del TI y del CDB. Igualmente, se les recomienda, de manera especial, tomar decisiones previa consulta con las autoridades nacionales, una vez identificadas éstas.

Caracterización y evaluación

El uso del germoplasma se promueve mejor cuando éste está bien caracterizado y evaluado. Esta labor la puede hacer el banco de germoplasma o puede encargarla a terceros de los sectores privado, público o civil. En general, la caracterización se puede realizar junto con la regeneración; la evaluación, en cambio, requiere un mayor aporte financiero, más competencia técnica, instalaciones especiales y un conocimiento detallado de las necesidades de los usuarios. Por consiguiente, son pocos los bancos de germoplasma que pueden llevar a cabo programas importantes de evaluación bajo su propia dirección y empleando los fondos básicos del banco. Sin embargo, existen varias opciones viables de manejo de la evaluación cuya eficacia ha sido demostrada, especialmente cuando cuentan con la participación colaborativa de otros bancos de germoplasma:

- En primer lugar, los bancos de germoplasma pueden conseguir una financiación adicional del gobierno o de fuentes privadas para llevar a cabo un programa de evaluación de uno o varios caracteres de un determinado cultivo, para los cuales el banco posee una notable diversidad genética. Esta opción es fundamental para los bancos de germoplasma que no pueden costear ese trabajo con su presupuesto central.

- En segundo lugar, los bancos de germoplasma pueden cooperar en el plano nacional, regional o internacional y compartir tareas de un programa de evaluación; cada banco evaluaría, respecto a uno o varios caracteres específicos, un conjunto igual de accesiones del germoplasma mantenido por los bancos colaboradores. Las ventajas de esta cooperación son el ahorro de costos y el acceso a los datos de evaluación de la propia colección del banco y de las colecciones de otros bancos de germoplasma.
- En tercer lugar, los bancos de germoplasma pueden colaborar con un solo usuario o con un grupo de usuarios para promover la evaluación de algunos caracteres de interés. En general, el banco puede poner a disposición de los usuarios una cantidad muy grande de germoplasma, puede participar en la inspección y las mediciones de los caracteres elegidos o responder por ellas, y hacerse cargo de los documentos en que aparecerán los resultados. Los usuarios tienen dos ventajas: una, que tienen acceso directo a los datos disponibles sobre accesiones específicas; otra, que pueden decidir compartir los resultados obtenidos con un programa de evaluación multilateral antes de que muchos otros usuarios dispongan ampliamente de tales resultados.

Cada uno de estos enfoques puede requerir la firma de un contrato por las partes interesadas.

Documentación y manejo de la información

La documentación es esencial en el buen manejo de un banco de germoplasma porque permite que éste se utilice de manera eficiente y eficaz. Los datos de caracterización y evaluación son de poca utilidad si no están documentados adecuadamente e incorporados a un sistema de información que facilite el acceso a ellos.

Existen muchos sistemas de documentación de bancos de germoplasma. En general, un sistema se define por los recursos de que dispone (equipo electrónico, red, programas y conocimientos) y por su capacidad (volumen de datos, tipo de datos, número y tipo de usuarios, y uso planeado). Aunque todavía se emplean sistemas sencillos basados en notas escritas, el creciente número de usuarios y de accesiones, y los requisitos cada vez más estrictos hacen del computador una herramienta esencial. Esta situación exige, inevitablemente, tener programas de manejo de bases de datos, programas (software) diseñados para manejar bancos de germoplasma, y acceso a la internet.

Los sistemas de documentación sofisticados por lo general contienen tres tipos de datos:

- los datos de pasaporte, que identifican las accesiones (nombre, origen, etc.);

- los datos de caracterización y evaluación, que describen el fenotipo de las accesiones; y
- los datos de manejo relativos a la ubicación del material o de las accesiones en el sitio de almacenamiento, a la cantidad y calidad de la semilla, a la distribución de ésta, etc.

Los sistemas de documentación o manejo de información de un banco deben facilitar el acceso a los datos. Deben ser seguros y proteger los datos contra modificaciones accidentales y no autorizadas o contra pérdidas, pero a la vez ser flexibles para que faciliten entrar, convertir y consultar los datos. Los sistemas con que se maneja la documentación de un banco de germoplasma por lo general se basan en programas comerciales de manejo de bases de datos, como MS Access, Oracle o FoxPro. Cuanto más complejo el sistema, mayor será su capacidad; sin embargo, también será mayor el nivel de pericia necesario para mantenerlo. El acceso a los conocimientos generados por la experiencia, aun tratándose de aplicaciones independientes relativamente sencillas (como el pcGRIN), es esencial, especialmente porque el intercambio de información es un factor muy importante en las áreas de documentación y coordinación de un banco de germoplasma. La creación de un sitio de internet que permita el acceso, en todo el mundo, a la información de un banco de germoplasma es una opción muy recomendada para promover la utilización de los materiales y la colaboración. El sitio incluiría, junto a los datos sobre el germoplasma, información sobre la política de conservación del banco y las condiciones de acceso al germoplasma.

La documentación de un banco de germoplasma es frecuentemente de mala calidad, incompleta y poco confiable, especialmente cuando se trata de datos de evaluación. También es difícil interpretar la mayor parte de los datos sin la ayuda del curador del banco. Esta situación reduce el valor de la información, que en vez de ser una ayuda en la selección se convierte en una descripción escueta de las propiedades del material. La presentación de los datos en el mejor formato posible, que le facilite a los usuarios el acceso a ellos, requiere la participación de expertos y puede resultar costosa.

Es necesario instituir medidas de seguridad para proteger la información sobre el germoplasma contra daños y pérdidas; asimismo, hay que garantizar el funcionamiento estable del sistema de documentación, y el acceso fácil y sin restricciones a los datos. La designación de un especialista en manejo de la información, que responda por la información del banco y maneje el sitio web de éste, trae consigo muchos beneficios.

Bases de datos internacionales para cultivos específicos

Algunas instituciones han desarrollado bases de datos sencillas para varios cultivos, lo cual se puede hacer aplicando dos enfoques: uno, establecer una base de datos nueva en la cual se recolecten datos provenientes de determinadas colecciones y bases de datos; otro, construir una base de datos virtual que ofrezca un único punto de acceso y facilite el acceso a información manejada en otra parte. La mayoría de las bases de datos internacionales han sido establecidas para especies cultivadas; algunos ejemplos son la International Beta Database, la Base de Datos de la Papa que vincula a varios bancos de germoplasma (Huamán *et al.*, 2000) y las muchas bases de datos del European Cooperative Programme for Plant Genetic Resources (ECP/GR), como la base de datos europea sobre el género *Brassica* (Boukema *et al.*, 1997). Existen también bases de datos institucionales, como la del System-wide Information Network on Genetic Resources (SINGER), que permiten el acceso a los datos de las colecciones en custodia mantenidas por los centros del GCIAl (<http://singer.cgiar.org>).

El Sistema Mundial de Información y Alerta Rápida sobre los RFGAA (WIEWS)

El Sistema Mundial de Información y Alerta Rápida sobre los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura (WIEWS) es una base de datos internacional (http://apps3.fao.org/wiews/wiews.jsp?i_l=ES) que contiene metadatos sobre los RFGAA de más de 1500 colecciones nacionales, regionales e internacionales. Fue establecido por la FAO como un mecanismo dinámico de alcance mundial, para fomentar el intercambio de información entre los países y como un instrumento para evaluar periódicamente el estado de los RFGAA en el mundo. Se creó siguiendo los Artículos 7.1 (e) y 7.1 (f) del CI sobre RFGAA y las recomendaciones de la Comisión de RFGAA (CRGAA).

Actualmente, WIEWS presta servicio a una comunidad creciente de usuarios y proveedores de información, mediante un sistema multilingüe (árabe, inglés, francés y español) instalado en la internet, que permite buscar información, generar informes y hacer actualizaciones a distancia. En WIEWS se almacenan también dos tipos de información: los informes de los países presentados a la IV Conferencia Técnica Internacional de la FAO sobre RFGAA, y los informes sobre el estado de la ejecución del PAM respecto a la Conservación y el Uso Sostenible de los RFGAA.

En conclusión, una de las principales ventajas de las bases de datos internacionales es que ofrecen a los usuarios acceso rápido a la información sobre el germoplasma, cualquiera sea el banco de donde ésta proceda. Además, promueven la utilización de los recursos

genéticos, en particular cuando la diversidad se ha distribuido entre un gran número de bancos de germoplasma. Los curadores de los bancos de germoplasma deben reflexionar si están en posición de suministrar, a las bases de datos internacionales, información sobre las especies cultivadas de las colecciones que mantienen en su institución, y contribuir al establecimiento de las mismas.

Estructuración de las colecciones

Algunas colecciones han tenido un crecimiento considerable y muchos bancos de germoplasma tienen en sus colecciones las mismas especies cultivadas. Para facilitar el uso de tales colecciones, Frankel (1984) sugirió el establecimiento de colecciones núcleo. La colección núcleo se puede definir como una de tamaño limitado, con una semejanza mínima en sus entradas. Debe representar la máxima diversidad genética presente en una colección grande, en un cultivo o en un grupo de especies relacionadas con un cultivo. Una colección núcleo siempre será mucho más pequeña que la colección (o colecciones) de donde se deriva. Puede ayudar a conocer la distribución de la diversidad genética de la colección original, a identificar vacíos y prioridades en esa colección, a determinar el valor del uso potencial del germoplasma que se ha incorporado en diversos ambientes, y a distribuir responsabilidades entre los que poseen las colecciones.

El PAM (FAO, 1996) recomienda el desarrollo de colecciones núcleo como una actividad prioritaria. Los procedimientos para establecer una colección núcleo se describen en el Boletín Técnico No. 3 del IPGRI (Van Hintum *et al.*, 2000; http://www.bioversityinternational.org/Publications/pubfile.asp?ID_PUB=902). Otros subconjuntos estructurados de colecciones, aunque no necesariamente buscan representar la máxima diversidad de toda la colección de la especie cultivada en cuestión, se pueden centrar en captar la máxima representación de la diversidad disponible en caracteres específicos (como en ciertas resistencias) y atender así las necesidades de grupos específicos de usuarios.

Varios bancos de germoplasma, incluido el del International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics (ICRISAT), han adquirido experiencia en cambiar de forma dinámica la composición de algunos subconjuntos de colecciones, basados en caracteres específicos, o en regiones geográficas, para promover el uso de las colecciones (Ramanatha Rao, comunicación personal, 2002).

Ampliación de la base genética y premejoramiento

La expansión de la base genética y el premejoramiento acortan la brecha entre el germoplasma básico y los genotipos de los cultivos

comerciales; de ese modo promueven el uso de las colecciones de los bancos de germoplasma. Los fitogenetistas y otros usuarios se sienten a menudo indecisos de emplear materiales que vengan directamente de un banco de germoplasma, porque muchas veces están muy poco adaptados para que puedan usarse inmediatamente en cruces con líneas élite. El objetivo de la expansión de la base genética y del premejoramiento es, con frecuencia, combinar diversas fuentes de material genético interesante en una sola población, y practicar después, a veces, una ligera selección masiva en condiciones apropiadas de estrés. En general, los bancos de germoplasma pueden llevar a cabo la expansión de la base más fácilmente que el premejoramiento. El objetivo de esta expansión es aumentar la diversidad genética de que se dispone para trabajos de utilización, al combinar las características potencialmente útiles de varios genotipos en una sola población; de este modo, la expansión permite que se desarrollen nuevos genotipos para incorporarlos en los programas de mejoramiento (Cooper *et al.*, 2000).

Para incrementar el uso de las colecciones de un banco de germoplasma por medio de la expansión de la base genética y del premejoramiento, es necesario que haya buena comunicación entre los usuarios y los proveedores del germoplasma. Ahora bien, sólo una pequeña cantidad de los recursos totales, tanto humanos como financieros, asignados al fitomejoramiento por los programas de mejoramiento públicos y privados se asigna al premejoramiento y a la expansión de la base genética.

Otras necesidades de los usuarios

En general, los investigadores y los mejoradores necesitan que los bancos de germoplasma les suministren solamente cantidades pequeñas de semilla. Es posible que los clientes del sector civil y las comunidades agrícolas no estén muy capacitados para multiplicar por su cuenta la semilla obtenida, por lo cual solicitan cantidades relativamente grandes para proyectos de evaluación y de introducción. Sus necesidades de información también varían. Los investigadores y los mejoradores estarían interesados en caracteres específicos y en el conocimiento detallado de tales caracteres, incluyendo la información de tipo molecular y bioquímico, mientras que los agricultores están más interesados en propiedades agronómicas. La capacidad de los usuarios para interpretar y analizar la información estándar es variable y pueden necesitar que se les preste apoyo. El germoplasma se solicita cada vez con más frecuencia para el análisis genómico y para el aislamiento de genes. El ADN de una accesión puede aislarse en los bancos de germoplasma y es posible que, mediante el pago de una tarifa, les sea suministrado a los clientes como se hace con el germoplasma corriente.

3.4 Presupuesto e infraestructura

Limitaciones

Muchos bancos de germoplasma enfrentan limitaciones financieras graves. Esta situación es el resultado de no reconocer la importancia y los costos de operación del banco, aunque puede provenir también de un manejo financiero deficiente. Los bancos de germoplasma tienen que enfrentar el reto de ampliar sus colecciones cuando sus fondos pueden estar disminuyendo. Si no se vigila cuidadosamente el crecimiento de un banco de germoplasma, es inevitable que surjan problemas. Establecer nuevas colecciones o incrementar su tamaño son decisiones que deben tomarse después de analizar cuidadosamente los costos de mantener la colección a largo plazo. El manejo deficiente de una colección se traduce en erosión genética y puede poner en peligro toda la colección.

Dos factores merecen especial atención cuando se calculan los costos de mantener una colección a largo plazo:

- En primer lugar, la distribución de los materiales puede ocasionar el agotamiento de las reservas de la colección activa. Por tanto, es necesario hacer un seguimiento cuidadoso de la distribución y conocer las reservas que quedan. En lo posible, deben hacerse proyecciones de los patrones de uso futuro para poder planificar la inversión necesaria para mantener la colección activa.
- En segundo lugar, es necesario hacer un seguimiento constante a la viabilidad de las accesiones de la colección base. Cuando la viabilidad de algún material de reserva de la colección base desciende por debajo de un umbral establecido (85% de la germinación inicial, en las Normas para Bancos de Germoplasma) hay que regenerar la respectiva accesión. Gran parte de esta información se puede derivar de la experiencia y ya ha sido documentada.

El IPGRI ha diseñado un sistema experto para ayudar a los curadores de los bancos de germoplasma a ejercer un control más eficaz de sus colecciones.

Los cálculos del uso futuro y de la posible viabilidad del germoplasma de los bancos de germoplasma deben arrojar luz sobre los costos de mantenerlos. Estos datos deben contribuir, además, a mejorar el manejo financiero. La promoción del uso del germoplasma no es un simple asunto de mantenimiento de existencias. Debe disponerse de fondos suficientes para establecer y mantener un buen sistema de documentación, para suministrar información a posibles usuarios y para facilitar el estudio adicional del germoplasma, ya sea en forma autónoma o en estrecha colaboración con terceros (Engels, 2002).

Los curadores de los bancos de germoplasma pueden pensar en separar un porcentaje de su presupuesto básico para las otras actividades esenciales mencionadas y evitar así la degeneración de la colección. Los costos varían de un banco a otro, y pueden ser muy elevados. Por ejemplo, en el CGN el límite máximo del gasto en mantenimiento de las colecciones es el 50% del presupuesto central.

Actividades contratadas con terceros

A veces, los bancos de germoplasma realizan tareas que otros pueden hacer mejor y a menor costo. Ejemplos de estas tareas son la colecta, las pruebas de viabilidad, la documentación y el suministro de información. También encajan en esta categoría el desarrollo de sistemas de información, el desarrollo y mantenimiento de sitios de internet, y la caracterización molecular del germoplasma. Si existe un mercado competitivo de tales servicios, puede ser más económico contratar el trabajo fuera del banco y mantener o mejorar la calidad del servicio. Las opciones dependerán, en gran medida, del entorno institucional del banco y de la pericia acreditada de que se disponga fuera del banco. Los bancos de germoplasma pueden unir sus fuerzas en la contratación externa o distribuir tareas entre ellos mismos.

Oportunidades de financiamiento

La mayoría de los bancos de germoplasma recibe su financiamiento básico de una fuente pública, que suele ser un ministerio del gobierno. Ahora bien, la asignación de un presupuesto a las actividades de un banco de germoplasma no es siempre sencilla, especialmente si el banco funciona dentro del esquema de trabajo de un instituto más grande. Asimismo, cuando el financiamiento básico se recibe de una fuente pública, es probable que su duración sea de corto plazo. Un financiamiento a largo plazo es un logro incierto en estos casos.

Muchos bancos de germoplasma han informado que sus presupuestos descienden (Clark *et al.*, 1997) aunque su labor es, por naturaleza, de largo plazo. En una posición similar a la de los bancos de germoplasma se encuentran muchos institutos de investigación respecto a la reducción de sus finanzas. La búsqueda de financiamiento complementario se ha convertido, muchas veces, en una actividad esencial para un banco de germoplasma.

Los bancos de germoplasma pueden competir con éxito por fondos destinados a la investigación, en particular en las áreas dedicadas al análisis del germoplasma, al mejoramiento genético y al desarrollo de sistemas de información. Estos intentos serán más exitosos si

se hacen junto con otras entidades colaboradoras. Otra alternativa son las organizaciones donantes que financian actividades para fortalecer el manejo *in situ* y en fincas de los recursos fitogenéticos, iniciativas a las que pueden asociarse los bancos de germoplasma. Existe una base de datos con oportunidades de financiamiento ofrecidas por Europa para aquellos proyectos orientados al desarrollo; esta base de datos es mantenida por Bioersity y se encuentra en la dirección <http://www.bioersityinternational.org/Regions/Europe/index.asp>.

Con frecuencia, los fitogenetistas, especialmente, y la industria de la biotecnología financian actividades específicas como las enumeradas en la sección 3.1, que se añaden a los servicios suministrados por los bancos de germoplasma. Muchas veces, estos son convenios *ad hoc*; un banco de germoplasma debe decidir entonces si puede satisfacer tales requisitos dado el mayor flujo de fondos que recibirá.

Finalmente, algunas actividades de los bancos de germoplasma, en especial la evaluación y también la regeneración y la caracterización, pueden ser financiadas o patrocinadas por los usuarios mediante su participación directa. Los usuarios pueden poner al alcance de estos bancos las instalaciones y las técnicas para que se realicen dichas tareas. Estos trabajos de colaboración dependen, generalmente, de la presencia de un programa activo de mejoramiento. En Francia, por ejemplo, esa colaboración se ha institucionalizado y es fundamental en la forma en que se organizan la conservación y la utilización de los recursos fitogenéticos. Es posible también lograr descuentos específicos y exenciones de costos para cuarentenas vegetales, pruebas de viabilidad, etc.; sólo se requiere negociar con las autoridades competentes.

Fuentes de ingreso adicionales

Cierto número de bancos de germoplasma ha considerado, en diversas ocasiones, cobrar honorarios por la distribución del germoplasma. La justificación de tales honorarios estaría en el total de costos de la colecta, la regeneración, la caracterización, el almacenamiento y la distribución, o simplemente en el costo de procesar la solicitud. Este cobro representaría, naturalmente, un mayor ingreso para el banco de germoplasma. Una estrategia que incluya honorarios se ajusta al criterio moderno de que los usuarios deben pagar por los servicios y, además, a la idea de que un servicio gratuito rara vez va acompañado de buena calidad. El cobro de honorarios podría disuadir a algunos usuarios de solicitar más material del que, en realidad, necesitan o pueden usar, y de solicitar varias veces las mismas accesiones. Ahora bien, el cobro de honorarios no siempre es la mejor solución por las siguientes razones:

- Este cobro puede disuadir a los usuarios de contribuir con fondos a actividades de los proyectos o de colaborar con el banco de germoplasma, pensando así en compensar por el incremento de los costos.
- Para los recursos vegetales amparados por el Sistema Multilateral del TI, sólo se permiten honorarios por manejo, lo que reduce el ingreso que podría generarse mediante una tarifa.
- Habrá que hacer excepciones para las muestras solicitadas por otros bancos de germoplasma, por las partes firmantes del país de origen, por los usuarios de escasos recursos, por las organizaciones de colaboradores asociados, etc., lo que reduce de nuevo el ingreso agregado.
- Para fijar los honorarios se necesitaría introducir un sistema de administración que absorbería parte del ingreso adicional.
- Los usuarios pueden buscar otros bancos de germoplasma que ofrezcan materiales idénticos o similares sin costo alguno o que cobren honorarios más bajos.
- La aplicación de honorarios altos que cubran todos los costos puede oponerse al cumplimiento de objetivos y obligaciones respecto a la promoción del uso de los recursos genéticos.

Estas dificultades han motivado al IPGRI a sugerir la siguiente política:

El IPGRI estimula a los bancos de germoplasma a encontrar formas de promover el uso de la diversidad genética. Cobrar tarifas, aunque sea reducidas, por manipulación puede ser contraproducente y desalentar solicitudes de posibles usuarios. La dificultad en muchos países para obtener divisas para pagar honorarios reducidos por manipulación puede restringir las solicitudes de material a un banco de germoplasma. El costo y el esfuerzo requeridos para establecer un sistema que recupere fácilmente los costos de manejo puede exceder los beneficios derivados de dicho sistema. Sin embargo, es comprensible que haya costos exigibles cuando se soliciten cantidades grandes de germoplasma que impliquen gastos sustanciales de multiplicación y despacho.

Al considerar la posibilidad de iniciar un cobro por manipulación del germoplasma, el IPGRI cree que debe prestarse especial atención a las siguientes opciones:

- No cobrar por la manipulación de las solicitudes provenientes de países en desarrollo.
- No cobrar por manipulación al germoplasma que se intercambie con otros bancos de germoplasma (un convenio recíproco de libre intercambio es, a menudo, más apropiado).

- Eximir del cobro por manipulación a las instituciones, incluyendo las compañías privadas, que estén de acuerdo en que su propio germoplasma (reservas genéticas, líneas avanzadas, etc.) quede a disposición del banco de germoplasma (Hoekstra *et al.*, 2001).

El IPGRI promueve también la idea de que los bancos de germoplasma se autofinancien. Por ejemplo, se ha instado a los socios colaboradores del Banco Internacional de Germoplasma de Coco a que generen ingresos mediante actividades adicionales que van desde el mercadeo de la producción hasta la venta de nueces aptas para la siembra (Ramanatha Rao, comunicación personal, 2002).

Es posible desarrollar un financiamiento adicional ofreciendo otros servicios, no en forma de un proyecto que genere una financiación adicional sino como una transacción que traiga consigo un ingreso *ad hoc*. El criterio para escoger esos servicios debe ser que el banco de germoplasma y sus usuarios los consideren servicios nuevos que se agregan a los que normalmente suministra el banco. Su costo puede ser pagado por el usuario o por terceros, pero a un precio competitivo que refleje la calidad del servicio. Por ejemplo, el suministro de muestras de ADN, especialmente cuando ya se disponga de ellas mediante operaciones corrientes del banco de germoplasma, puede ajustarse a una transacción basada en una tarifa. Asimismo, los servicios de información prestados a los bancos de germoplasma extranjeros y el análisis de muestras solicitadas por ellos o el trabajo de facilitarles las solicitudes pueden justificar una transacción basada en una tarifa. Este tema al parecer requiere mucha atención de la comunidad de los bancos de germoplasma.

4. Consideraciones

1. Introducción
2. Entorno del manejo de un banco de germoplasma
3. Definición de los objetivos de un banco de germoplasma
4. **Consideraciones para mejorar los conceptos y estrategias de conservación y utilización**
 - 4.1 Parámetros biológicos
 - 4.2 Conceptos de conservación y estructuración de las colecciones
 - 4.3 Combinación de estrategias de conservación y utilización
 - 4.4 Relación entre el banco de germoplasma y las colecciones de los mejoradores
 - 4.5 Manejo de la calidad y normas de los bancos de germoplasma
5. Procedimientos para el manejo de un banco de germoplasma
6. Racionalización del manejo de un banco de germoplasma
7. Costo financiero de mantener un banco de germoplasma en funcionamiento
8. Responsabilidad compartida
9. Referencias

4. CONSIDERACIONES PARA MEJORAR LOS CONCEPTOS Y ESTRATEGIAS DE CONSERVACIÓN Y UTILIZACIÓN

*Ruaraidh Sackville Hamilton,
Jan Engels
y Theo van Hintum*

Aunque la organización y el funcionamiento efectivo de un banco de germoplasma dependen mucho de los antecedentes económicos, sociales y legales que hayan rodeado su establecimiento y del apoyo continuo que reciba, también es necesario que se apliquen en él métodos científicos sólidos que den razón de las diferencias entre una y otra especie. La naturaleza biológica de los acervos de genes de las especies cultivadas afecta el muestreo, la conservación y la utilización. En muchos casos hay que desarrollar prácticas propias para algunas especies. No se puede emplear un solo conjunto de normas científicas para todas las especies.

En general, la conservación de germoplasma responde a dos objetivos. El primero consiste en conservar material a largo plazo, con la intención de preservar la información genética de las accesiones; el segundo comprende el mantener el material que está actualmente en uso o que se usará pronto.

Los trabajos internacionales de recolección en gran escala, muchos de los cuales fueron apoyados por el IBPGR a fines de los setenta y en los ochenta, se orientaron principalmente a los principales cultivos alimenticios del mundo. Entre éstos había cereales, algunas leguminosas y unos cuantos cultivos de raíces o tubérculos. Muchos de estos cultivos producen semillas 'ortodoxas', que pueden tolerar la desecación y la exposición a temperaturas bajas sin perder su viabilidad. Se desarrolló entonces un procedimiento adecuado para conservarlos reduciendo el contenido de humedad de las semillas hasta el 5%, aproximadamente, y almacenándolos a una temperatura de -18°C (IBPGR, 1985). La investigación posterior se concentró en optimizar las condiciones para el almacenamiento de semillas y llevó a la adopción de una estrategia de conservación de dos niveles:

- La conservación a largo plazo de 'colecciones base' de semillas sometidas a un secado adecuado,

que generalmente se almacenaban a -18°C en recipientes herméticamente cerrados.

- El almacenamiento a corto plazo de 'colecciones activas' en condiciones relativamente menos estrictas: $+5^{\circ}\text{C}$ y un control de la humedad del aire de $\pm 35\%$ HR.

Estos procedimientos y condiciones fueron ampliamente adoptados como el método convencional para la conservación *ex situ* de semillas ortodoxas en instalaciones denominadas bancos de germoplasma de semilla. Lamentablemente, muchas veces esta adopción ocurrió sin que se definieran los mejores procedimientos para las condiciones de dependiendo de su infraestructura y suministro de energía de los bancos, la necesidad que hubiera de conservar especies de semilla no ortodoxa, la falta de personal con suficiente capacitación, el grado de colaboración con los usuarios del germoplasma, y un entorno en que la tecnología de la información y los derechos de propiedad intelectual cambiaban con gran rapidez. Este capítulo se escribió en ese contexto.

Las limitaciones de los procedimientos convencionales de almacenamiento de semillas y el contexto histórico en que se establecieron las primeras colecciones *ex situ* de germoplasma vegetal ocasionaron un relativo exceso de representación, en los principales bancos de germoplasma del mundo, de cultivos alimenticios que producen semillas ortodoxas. Se necesitaban además métodos alternos para conservar cultivos de propagación vegetativa y que no se benefician de la conservación de sus semillas, como la papa, la yuca y el banano. De ahí que se prestara debida atención al establecimiento de bancos de germoplasma de campo —es decir, colecciones de plantas mantenidas como especímenes vivos— y más tarde al desarrollo de colecciones *in vitro* en las que se conserva el germoplasma como cultivo de tejidos en recipientes de vidrio o de plástico.

4.1 Parámetros biológicos

Manejar con efectividad el germoplasma en un banco requiere contar con cierta información básica sobre la biología de la floración y de la producción de semillas, sobre los sistemas de polinización, los modelos de diversidad genética y los métodos para mantener la integridad de una población aplicando prácticas de cultivo apropiadas. Hay que conocer también algunas características fisiológicas, como la latencia de las semillas y su germinación, y la capacidad de las semillas para ser almacenadas; tratándose de materiales vegetativos, hay que conocer el tipo de crecimiento del cultivo de tejidos en condiciones *in vitro*. Parte de esta información

ya existe pero hay que crear la parte que falta. Por tanto, se aconseja hacer una búsqueda bibliográfica intensa antes de definir los detalles de los procedimientos de manejo de las especies para las que no se dispone de suficiente información sobre sus condiciones óptimas de conservación.

Algunos temas importantes relacionados con la metodología de conservación y utilización de RFG, determinados por la biología de las especies, se presentan a continuación en forma de preguntas:

- (i) Si la especie produce semillas, ¿cuál de las características de éstas se debe tener en cuenta en la conservación? ¿Produce la especie objetivo semillas ortodoxas que se puedan conservar en condiciones estándar de temperatura y humedad? ¿Produce la especie semillas intermedias o recalcitrantes? ¿Tiene que mantenerse en forma de clon? Si la especie objetivo no produce semillas, ¿cómo se puede conservar?
- (ii) ¿Cuál es el alcance de la variación genética que existe entre muestras y entre accesiones, y dentro de ambas, es decir, en poblaciones, mezclas, líneas o clones puros? ¿Qué se puede hacer para que se reduzca, en la regeneración, el impacto del cambio y de la deriva genética?
- (iii) Si la especie objetivo se reproduce sexualmente, ¿cuál es la naturaleza del sistema de polinización? ¿Cuál es el grado de autopolinización? ¿Cuál es el grado de polinización cruzada y cómo afectaría el funcionamiento del banco de germoplasma? ¿En qué condiciones, y hasta qué punto, se convertirá en un problema la contaminación con polen? Esto último puede determinarse solamente por el conocimiento de poblaciones experimentales cercanas, ruderales y silvestres, de especies compatibles. Es necesario tomar decisiones respecto al aislamiento que se requiera para hacer la regeneración.
- (iv) ¿Qué se sabe acerca de la fecundidad, es decir, del número de semillas producidas respecto al número de semillas sembradas? ¿Puede optimizarse la producción de semillas para ajustarla a la demanda esperada?
- (v) ¿Qué se sabe acerca de la longevidad de las semillas, tanto respecto a la especie como a la accesión individual, en condiciones específicas de almacenamiento? ¿Cuál es el contenido de humedad óptimo de la semilla para poder

extender su longevidad en determinadas condiciones de almacenamiento? ¿Qué tamaño deben tener los lotes de semilla de una determinada accesión para que se facilite la ejecución de las pruebas de semilla requeridas?

- (vi) ¿Cuánto se sabe acerca de la variación genética, en el contexto de la longevidad, tanto entre accesiones como al interior de ellas? ¿Cómo se puede diseñar un monitoreo de viabilidad para determinadas accesiones? ¿Las infecciones causadas por agentes patógenos afectan la longevidad?
- (vii) ¿Qué tan grandes son las semillas y cuántas se necesitan por lote para regenerar y distribuir? ¿Qué volumen de semilla requiere cada accesión para poder representar, de manera adecuada, su variación genética? ¿Cuáles son los recipientes más apropiados para almacenar semillas? ¿Deben almacenarse submuestras de una accesión para facilitar su manejo?
- (viii) ¿Cuál es el propósito de conservación cuando se almacena material en forma vegetativa? ¿Es para seleccionar clones que se van a usar luego, conservar materiales en un banco de germoplasma en campo o en una colección *in vitro*, o manejar el material para propagarlo como ocurre con algunas especies arbóreas de múltiple propósito? ¿Cuántas accesiones o entradas se pueden mantener y qué área de manejo e instalaciones de laboratorio requieren?
- (ix) Si el material son clones y se utiliza el cultivo *in vitro* como medio de conservación o erradicación de enfermedades, ¿la tecnología que se empleará se relaciona con instalaciones de multiplicación rápida? ¿Es esa tecnología parte de una estrategia de conservación complementaria, es decir, está ligada al manejo de la diversidad de un banco de germoplasma en campo o de un material almacenado como semilla?

4.2 Conceptos de conservación y estructuración de las colecciones

Un buen conocimiento de la biología de las especies permitirá definir métodos apropiados de conservación y precisar los requisitos de un banco de germoplasma. En esta sección describiremos brevemente el concepto tradicional de conservación, que se basa, en gran parte, en el manejo del germoplasma de semilla ortodoxa de la colección base y de la activa. Se hará enseguida una descripción de nuevos enfoques y estrategias que han sido ensayados en muchos bancos de germoplasma de países desarrollados y en desarrollo. Al final

de la sección se tratará brevemente el tema de la estructuración de las colecciones.

Conceptos y estrategias de conservación que se manejan actualmente

Un enfoque más sistemático del manejo de los bancos de germoplasma siguió al establecimiento del IBPGR en 1974. Este enfoque fue una respuesta a los éxitos logrados en el mejoramiento vegetal moderno de los años sesenta y principios de los setenta, asociados con las graves pérdidas de diversidad genética, especialmente de razas nativas, ocurridas en cultivos como el arroz y el trigo. Como era necesario coordinar el esfuerzo mundial de recolección de esas razas nativas amenazadas, el IBPGR, con la ayuda de un equipo de expertos, propuso un enfoque para conservar tanto las colecciones de semilla ortodoxa como el germoplasma de las colecciones base. El material se mantuvo también a temperaturas relativamente altas para usarlo en colecciones activas.

Una colección base contiene, en esencia, accesiones que se almacenan a largo plazo y sólo se usan para regeneración. La regeneración se mantiene al mínimo y el almacenamiento se realiza en condiciones óptimas para maximizar la viabilidad de las accesiones. Una colección activa comprende las mismas accesiones que la anterior, pero mantenidas en condiciones de almacenamiento menos estrictas y con mucho más fácil acceso. Es posible que haya que sembrar este material con mayor frecuencia para caracterizarlo y evaluarlo; además, debe estar disponible para ser distribuido a los usuarios. Cuando una accesión de la colección activa muestra un cambio genético notorio, se reemplaza con material regenerado de la colección base. La colección activa se puede mantener en condiciones de conservación menos rígidas porque la colección base es suficientemente grande como para atender el almacenamiento a largo plazo y la regeneración.

Aunque gran parte de este trabajo ya se ha validado, hay que refinarlo según las circunstancias locales, los objetivos precisos del banco de germoplasma, la infraestructura existente, los recursos humanos disponibles y el nivel de recursos financieros. Algunas razones para hacer una evaluación crítica de los conceptos tradicionales y revisar las prácticas aceptadas se enumeran a continuación:

- Los costos de refrigeración pueden ser excesivamente altos en muchas partes del mundo y las instalaciones son propensas a problemas técnicos.
- Muchos bancos de germoplasma intentan mantener colecciones activas muy grandes que suelen usarse pocas veces.
- Los resultados de investigaciones sobre el secado de las semillas, especialmente sobre su contenido de humedad muy bajo, han

llevado a lograr una viabilidad prolongada en algunas especies a temperaturas de almacenamiento más altas que las normales.

- Muchos bancos de germoplasma han adquirido mucha experiencia en el uso de su germoplasma y han podido diseñar procedimientos de almacenamiento muy efectivos.
- Los sistemas de conservación *in vitro* se desarrollaron lentamente porque sus procedimientos se aplicaban con limitaciones para varias especies, y por los costos que tenían, en especial los de las operaciones de rutina. Esta situación ha dado un giro significativo durante el último decenio.
- Los recursos para financiar el funcionamiento de los bancos de germoplasma no han seguido el mismo ritmo que el incremento de sus costos ordinarios, y muchas veces han disminuido los presupuestos de los bancos.

Las especies de propagación vegetativa y las que tienen semillas recalcitrantes han sido tratadas de igual manera que aquellas que pueden propagarse por semilla ortodoxa, aunque el tratamiento no se diseñó para las primeras. Cuando esas especies se almacenan *ex situ* en bancos de germoplasma en campo, son propensas al estrés biótico y al estrés abiótico. El mantenimiento mencionado se considera viable sólo del corto plazo al mediano plazo, y corresponde al de una colección activa. El almacenamiento *in vitro* permite establecer y regenerar una colección base (tejidos en crioconservación), una colección activa (tejidos en condiciones de crecimiento lento) o una colección de trabajo (tejidos en cultivo *in vitro* sin tratamiento especial). En la mayoría de los casos, las colecciones *in vitro* complementan el germoplasma mantenido en los bancos en campo, ya que los últimos no garantizan una conservación segura de los materiales. Por otro lado, el germoplasma que se encuentra en los bancos en campo es de fácil acceso y se usa para caracterizar y multiplicar materiales, al igual que para conservarlos. Donde no se mantiene ninguna colección de semilla o *in vitro*, y la diversidad genética se conserva exclusivamente *ex situ* en bancos de germoplasma en campo, no tendría sentido diferenciar entre colección base y colección activa.

Por tales razones, se han desarrollado normas y procedimientos nuevos en diferentes bancos de germoplasma. En esta sección intentaremos reunir esas experiencias y proponer estrategias y procedimientos nuevos para el manejo de colecciones dedicadas a la conservación y a la utilización.

Revisión de conceptos y estrategias de conservación

Esta sección trata sobre los procedimientos más efectivos para conservar a largo plazo los materiales mantenidos en un banco de

germoplasma. Para facilitar la comprensión de estos procedimientos, se definen primero los tipos de colección y luego los procedimientos. Cabe anotar que se describe la situación 'ideal', que si realmente existe, rara vez se da. Por consiguiente, es mejor trabajar para alcanzar la situación ideal sin poner en riesgo el funcionamiento del banco.

La colección **base** es un conjunto de accesiones, cada una con las siguientes características:

- es diferente de las demás
- es lo más cercana posible a la muestra original en cuanto a integridad genética
- se conserva a largo plazo, y
- no está disponible para distribución.

La colección **activa** comprende accesiones disponibles para multiplicación y distribución a usuarios.

Un **duplicado de seguridad** de una colección comprende accesiones de la colección base o de la colección activa, que se depositan en una localidad diferente de aquella en que está la colección base o la activa, para garantizar su seguridad frente a eventos imprevistos.

Una colección de **archivo** consta de accesiones de germoplasma que se almacenan pero no reciben un mantenimiento activo. Algún banco de germoplasma ha renunciado a la responsabilidad de conservar o distribuir estas accesiones.

Las normas sobre condiciones de almacenamiento, tamaño de muestras, control de la cantidad de muestras, viabilidad y umbrales para la regeneración se describen en más detalle en el Capítulo 5 y se resumen en el Anexo 2.

Conservación a largo plazo

Cuando una colección se mantiene para conservarla a largo plazo, las accesiones se deben manejar cuidadosamente para garantizar una mínima pérdida de su integridad genética. El tipo de colección que contiene esas accesiones se denomina 'colección base' y consta de 'las muestras más originales' y un duplicado de seguridad de ellas. La descripción detallada de estos componentes se presenta a continuación:

- Hay que identificar la 'muestra más original' (MMO), que estaría genéticamente lo más cerca posible de la población original que se quiere representar. La MMO puede ser una submuestra del lote original de semilla. Si este lote requiere regeneración inicial antes del almacenamiento, la MMO alterna sería una muestra de semilla tomada del primer ciclo de regeneración. La regeneración debe

emplear el mejor protocolo posible para mantenerla integridad genética y producir semilla de alta calidad.

- La MMO debe ser preparada y almacenada en las mejores condiciones posibles para asegurar su supervivencia a largo plazo.
- La semilla de la MMO nunca se debe usar para distribución (ver FAO/IPGRI [1994] y Sackville Hamilton y Chorlton [1997]).
- Una submuestra (la 'MMO primaria') se debe almacenar en el banco de germoplasma responsable de conservarla.
- El número de semillas de la MMO primaria (ver Sackville Hamilton y Chorlton (1997)) debe ser la suma de las siguientes categorías:
 - La semilla requerida para *regenerar la MMO*.
Es, al menos, la cantidad mínima de semilla que representa la diversidad genética de la muestra original, y la cantidad mínima necesaria, por lo menos, para producir el número requerido de semillas de la siguiente generación, cualquiera sea el mayor de estos dos mínimos. Estos cálculos deben corresponder a tasas de germinación de <100% y deben incluir una cantidad adicional como factor de seguridad. Estas semillas se mantendrán intactas hasta que empiecen a perder su viabilidad.
 - La semilla que se necesita para la *prueba corriente de viabilidad*. Con esta semilla se detecta la pérdida de viabilidad y, en consecuencia, se determina el momento en que se debe regenerar la MMO.
 - La semilla necesaria para regenerar el *germoplasma que se distribuirá*. Se adiciona una cantidad extra porque puede haber varios ciclos de regeneración, y así se garantiza que quedará suficiente semilla intacta hasta que la MMO empiece a perder su viabilidad.

Las tres categorías de semilla de la MMO primaria pueden mantenerse en un solo recipiente o en varios, según lo que decida el curador, siempre y cuando todas se mantengan en las mismas condiciones, que serán las óptimas.

- Para mayor seguridad, se debe enviar una segunda submuestra más pequeña (la 'MMO secundaria') a un banco de germoplasma distante como duplicado de seguridad. Ésta se mantiene en condiciones de caja negra que serán, al menos, tan estrictas como las que se emplearon para la MMO primaria. El segundo banco de germoplasma que se contrate para almacenar la MMO secundaria lo hará en las mejores condiciones posibles; aparte de esto no tendrá ningún derecho o responsabilidad respecto al mantenimiento o la distribución de la MMO secundaria.
- Nunca se debe acudir a la MMO secundaria, excepto cuando

ocurra un desastre imprevisto que conduzca a la pérdida de la MMO primaria.

- La MMO secundaria debe contener apenas el material suficiente para regenerar la MMO, incluyendo el factor de seguridad como se dijo antes (ver Sackville Hamilton y Chorlton, 1997).
- Hay que establecer una rutina de monitoreo de la viabilidad para asegurarse de que la MMO se regenere antes de que pierda viabilidad. Si se decide almacenar la colección activa aparte de la MMO, será apropiado hacer pruebas de viabilidad solamente en la colección activa, al menos al principio de la vida de la MMO. Si la colección activa se almacena en condiciones menos estrictas que las óptimas, la viabilidad de esta colección descenderá antes que la de la MMO. Cuando se llegue a este punto, habrá que hacer pruebas de viabilidad separadas en la MMO misma.
- Cuando la MMO empiece a perder viabilidad, se debe regenerar empleando el protocolo más apropiado para mantener su integridad genética y producir semilla de alta calidad.
- Después de la regeneración de la MMO, se debe separar una muestra de la semilla producida para constituir la siguiente MMO, que se conservará de manera igual que la anterior, incluyendo la submuestra de reemplazo, que se mantiene en un segundo banco de germoplasma como duplicado de seguridad.

Obsérvese que la MMO no se mantiene, necesariamente, como una entidad físicamente diferenciada. Lo importante es no distribuir nunca algunas semillas de la muestra original, sino tenerlas aparte para conservarlas. Esta separación se logra más fácilmente si la semilla que se va a distribuir se mantiene físicamente separada de la MMO, aunque no hay ninguna exigencia absoluta al respecto. Cuando es más fácil desde el punto de vista administrativo y más eficiente en términos económicos, un banco de germoplasma puede optar por mantener una muestra de cada accesión para conservación y otra para utilización.

En el caso de las especies que producen semilla ortodoxa, la semilla mantenida y almacenada a largo plazo para conservación se denomina 'colección base' del banco de germoplasma. No se debe confundir con las 'colecciones base' designadas tanto en el plano nacional como en el internacional, que se fundamentan en un concepto diferente.

Duplicado de seguridad

Del mismo modo en que un duplicado de la colección de conservación (colección base) de un banco de germoplasma se envía a un segundo banco para ser almacenado en condiciones de seguridad, así el banco debe proporcionar instalaciones seguras

de caja negra para albergar duplicados de colecciones base almacenadas en otro sitio.

Las condiciones de almacenamiento deben ser las mismas que las de la colección base duplicada o aún mejores, es decir, óptimas para el almacenamiento a largo plazo; lo normal es que sean las mismas que tiene la colección base local.

Fuera de proporcionar las mejores condiciones de almacenamiento posibles, un banco de germoplasma local que acepte una colección como duplicado de seguridad no asume ninguna responsabilidad adicional para garantizar la viabilidad permanente de las accesiones. La preparación de las semillas (secado, limpieza, empaque) para el almacenamiento es responsabilidad del banco que posee el duplicado de la colección base. El banco de germoplasma local nunca debe usar, regenerar o distribuir el germoplasma del duplicado seguridad. Este germoplasma no se debe tocar, excepto en dos casos:

- Para devolverlo a solicitud del banco de germoplasma responsable (ante una eventualidad excepcional, como cuando ocurre un desastre en el banco primario).
- Para sustituirlo, a petición del banco responsable, por germoplasma recién regenerado. Esto no requiere ninguna documentación diferente del simple registro del material recibido para mantenimiento.

Archivo

En ciertos casos, un banco de germoplasma puede decidir almacenar, a bajo costo, otras accesiones que no representen una colección base (lo cual aplicaría sólo al almacenamiento de semillas), y renunciar, al mismo tiempo, a la responsabilidad de conservar o distribuir ese germoplasma, es decir, decide 'archivar' unas accesiones de germoplasma por razones (oportunistas) relativas a meras eventualidades (ver abajo).

Dada la probabilidad de que algunas accesiones que podrían estar incluidas en la colección de archivo aparezcan en el duplicado de seguridad, es lógico que puedan permanecer físicamente en éste. Cuando se crea un archivo real de accesiones, éstas se deben mantener en condiciones óptimas de supervivencia a largo plazo, pero sin hacer inversiones adicionales en el monitoreo el mantenimiento de su viabilidad e integridad genética. A diferencia del duplicado de seguridad, el germoplasma archivado no se duplica cuando está bajo la responsabilidad de otros bancos de germoplasma.

Entre las razones que hay para agregar germoplasma a la colección de archivo están las siguientes:

- La conservación en caja negra de líneas experimentales que podrían estar ligadas a derechos de propiedad intelectual (reales, pendientes o posibles). Como ocurre con las accesiones de un duplicado de de seguridad, el banco de germoplasma que retiene las accesiones nunca las regenerará o distribuirá, aunque las devuelva a solicitud de quien posea el derecho de propiedad intelectual.
- La necesidad de desintegrar una colección, por ejemplo por falta de financiamiento. Si las accesiones de esa colección quedan por fuera del mandato del banco de germoplasma, el banco tiene aún la opción de rescatarlas para impedir su total desaparición. Lo ideal es que se identifique otro banco que tenga un mandato pertinente, para que las archive sólo durante un tiempo.
- Cuando, después de una revaloración del mandato de un banco de germoplasma, el curador decide que algunas accesiones no están dentro de dicho mandato o ya no se necesitan en la colección. En lugar de descartarlas completamente, se las archiva. Lo ideal es ubicar otro banco de germoplasma con un mandato pertinente, para que archive las accesiones durante un tiempo.
- Cuando, después de reevaluar sus objetivos y limitaciones, un curador decide que el tamaño de la colección base se debe reducir eliminando accesiones que están dentro de su mandato. Si hay que racionalizar, el banco de germoplasma se vería forzado a reducir el tamaño de su colección base. Esta reducción puede llevar a la remoción de accesiones duplicadas y de accesiones cuyos caracteres se superponen notoriamente con los de otras. En vez de descartar todas estas accesiones, el curador puede archivarlas. Si más tarde cambian las circunstancias –por ejemplo, aumenta el nivel de financiamiento o se descubren decisiones erróneas en el proceso de racionalización que llevó a suspender el mantenimiento de las accesiones– el curador puede traerlas de vuelta a la colección de conservación. Estas accesiones deben tener una documentación completa.

Estructuración de las colecciones

El curador de un banco de germoplasma puede desear organizar las colecciones de manera que se facilite su conservación y utilización. Cuando la colección es grande o cuando el banco ha llegado a un arreglo de colaboración con otros bancos puede ser necesario organizar la colección de cierta forma.

Un ejemplo de este último caso es el arreglo propuesto por los bancos que participan en el Programa Cooperativo Europeo para las

Redes de Recursos Genéticos de Especies Cultivadas (ECP/GR). A cada banco se le pide que identifique las accesiones genéticamente únicas que mantiene, y que acepte la responsabilidad, a largo plazo, de conservarlas y compartirlas libremente y sin dificultad con otros bancos. Estas colecciones, denominadas nacionales, constituyen, al juntarse, la 'colección base europea'. Si esta colección se desarrolla plenamente, se reduciría significativamente el número total de accesiones que los bancos de germoplasma poseen en conjunto, en tanto también es alto el número de accesiones duplicadas que mantienen actualmente.

Hay ejemplos, aunque menos frecuentes, del establecimiento de una colección núcleo en la que se mantienen todas las accesiones de una especie o cultivo. El Centro Internacional de la Papa (CIP) ha creado un tipo de colección núcleo partiendo del

Recuadro 1. Eliminación de clones duplicados y división de accesiones de semilla en la Colección de Papa del CIP

Estudio de caso realizado en el Centro Internacional de la Papa (CIP), en Lima, Perú

La conservación de clones de papa en un banco de germoplasma en campo es costosa. En materia de costos, es más efectivo emprender una evaluación exhaustiva de los duplicados y hacer un ahorro importante reduciendo el tamaño de la colección de 15,000 a 3500. En tanto las accesiones almacenadas como semilla son genéticamente variables, se decidió considerar si debían dividirse y se encontró que tal división no es necesaria.

Los cultivares se mantienen como clones en un banco de germoplasma en campo y se siembran de nuevo cada año. El banco de germoplasma en campo está respaldado por el almacenamiento de los tubérculos en cámaras frías, por el cultivo *in vitro* de diversas accesiones en dos localidades, y por la conservación de la semilla convencional de accesiones fértiles. La semilla botánica se almacena seca en cámaras de mediano y largo plazo, de conformidad con las normas internacionales para la conservación de semillas. Esta práctica es necesaria para garantizar la conservación pero es costosa.

Por tanto, se decidió buscar y eliminar los clones duplicados. La búsqueda incluyó un proceso de caracterización morfológica en secuencia, para hacer una identificación preliminar de los posibles duplicados; a este proceso siguieron una caracterización morfológica completa de los duplicados y un análisis electroforético de las proteínas y las isozimas de esterasa contenidas en los tubérculos de las accesiones morfológicamente idénticas (Huamán, 1994; 1998). Este análisis condujo a identificar 3500 cultivares genéticamente diferenciados entre sí, en la colección original de 15,000 accesiones clonales, y a eliminar los duplicados.

Mantener las accesiones almacenadas como semilla es relativamente barato, pero la variación genética significativa que ocurra dentro de esas accesiones crea un riesgo de pérdida de diversidad por deriva genética. Para probar esa deriva en la colección de semillas *ex situ* se usaron marcadores RAPD y se hicieron colectas repetidas para comparar los niveles de deriva en condiciones *ex situ* e *in situ*. Se detectaron cambios notables *in situ* (Rio *et al.*, 1997a) pero no se detectó deriva significativa durante la regeneración *ex situ* (Rio *et al.*, 1997b). En consecuencia, se concluyó que no es necesario dividir las accesiones para reducir la deriva genética *ex situ*.

Unidad de Recursos Genéticos del CIP, Lima, Perú

banco de germoplasma de papa para reducir drásticamente el número de accesiones que mantiene en campo y las que duplica por razones de seguridad en su colección *in vitro*. La estrategia, que ha reducido sustancialmente los costos, se detalla en el Recuadro 1.

Enfoques similares han sido estudiados por los países del Pacífico Sur para garantizar la conservación de toda su diversidad genética, especialmente de los cultivos de raíces y tubérculos y garantizar una conservación sostenible (Taylor, 2002).

La estructuración de las colecciones serviría también para destacar esa parte de la colección que representa mejor los caracteres o rasgos específicos y no la diversidad genética de toda la colección núcleo, como por ejemplo los caracteres de resistencia. Esta estructuración, como se explicó antes, requerirá más un trabajo virtual que uno físico (van Hintum *et al.*, 2000).

4.3 Combinación de estrategias de conservación y utilización

El punto central de la sección anterior fue la conservación a largo plazo. En la mayor parte de los bancos de germoplasma, la conservación a largo plazo es justificable y sostenible solamente si se usan las accesiones. Para conseguir que se usen, se presentan ahora opciones que permiten combinar de manera óptima la conservación a largo plazo y la utilización inmediata o inminente. Esta sección trata, por tanto, del manejo de las accesiones de la colección activa que se almacenan para la investigación y la distribución, y de las relaciones entre estas actividades y la conservación a largo plazo del germoplasma de la colección base.

Existen numerosas *opciones de almacenamiento*; la única regla general es emplear las condiciones que den la más alta viabilidad a un precio económico. Por ejemplo:

- Para las especies de semilla ortodoxa, se acostumbra mantener la colección activa de semillas a un contenido de humedad del 5%, aproximadamente, y a una temperatura entre 0 y 4°C. En general, este ambiente proporciona una longevidad más que adecuada y reduce la necesidad de hacer regeneraciones para mantener la viabilidad.
- En comparación con el almacenamiento en frío, el almacenamiento a temperatura ambiente es aceptable si el uso de las accesiones es considerable y si la regeneración adicional es relativamente barata y efectiva. En todo caso, la regeneración no debe

interferir con la conservación efectiva de la MMO.

- En el otro extremo, puede ser más efectivo, en términos económicos, mantener la colección activa en almacenamiento a largo plazo junto con la colección base, ya que esta práctica requiere un sistema de almacenamiento en vez de dos. Entre los factores que la hacen compleja están los siguientes:
 - Los mandatos de conservación a largo plazo y de utilización a corto plazo pueden asignarse a diferentes institutos (como en Estados Unidos e India). Habría así una colección base centralizada para la conservación y un conjunto disperso de colecciones activas, mantenido principalmente por los usuarios. En tales casos, la colección base y la activa tienen que mantenerse separadas físicamente.
 - Es posible que el banco de germoplasma se construya con una instalación para la conservación a largo plazo y otra para la utilización a mediano y a corto plazo. En estos casos, el sitio de almacenamiento a largo plazo no es, a veces, suficientemente grande como para contener tanto la colección base como la activa, situación que requiere que las dos colecciones estén separadas físicamente.
 - Algunas instalaciones de almacenamiento a largo plazo, entre ellas los congeladores, son lógicamente inapropiadas para el acceso frecuente y fácil. Si se decide colocar la colección base en éstos, es posible que el sitio de almacenamiento a largo plazo no se pueda usar para la colección activa.
- Para ajustarse mejor a las condiciones locales, la colección base y la activa no sólo pueden alojarse en la misma instalación de almacenamiento sino que pueden conservarse también en un solo recipiente, como un frasco grande de vidrio; en tal caso se prefiere tomar varias submuestras para facilitar el manejo y aumentar la seguridad. La ventaja de este sistema es que se requiere un solo conjunto de recipientes; en consecuencia, el procedimiento para hacerle seguimiento a la cantidad y a la calidad requiere sólo un recipiente por accesión. En este caso, debe prestarse especial atención a los procedimientos requeridos para retener la MMO.

Dependiendo de las posibilidades de almacenamiento y del grado de utilización esperado, puede ser necesario modificar el número de semillas o de propágulos de cada accesión. Una orientación más precisa sobre el tema se encuentra en la guía para tomar decisiones sobre la regeneración (Sackville Hamilton y Chorlton, 1997; Rao y Engels, 1998 (disponibles en http://www.bioversityinternational.org/Publications/pubfile.asp?ID_PUB=210 y <http://www.bioversityinternational.org/Publications/Pdf/1.pdf>, respectivamente)).

4.4 Relación entre el banco de germoplasma y las colecciones de los mejoradores

Es importante tener presente que muchas de las actuales colecciones de germoplasma administradas por los bancos se basan en colecciones suministradas por fitomejoradores. Por consiguiente, se incluye alguna información sobre las denominadas colecciones de los mejoradores, para comprender mejor las relaciones entre las colecciones activas y las colecciones de los mejoradores.

Es una tradición de los fitomejoradores basar sus programas de mejoramiento en colecciones de genotipos muy bien seleccionados de determinada especie cultivada, cuyos caracteres útiles son dignos de ser incorporados en una variedad adaptada. En consecuencia, las colecciones de los mejoradores son dinámicas y se modifican según las necesidades. Esto significa que un mejorador descartará las muestras que ya no son útiles. Los especímenes atípicos en una muestra se retirarán siempre por medio del cultivo y de la eliminación manual que se hacen cada año en toda la colección. De este modo, sólo se admite una fracción mínima de la diversidad genética presente en la colección del mejorador e incorporada luego en la colección del banco.

4.5 Manejo de la calidad y normas de los bancos de germoplasma

El aumento en número y tamaño de las colecciones *ex situ* requiere que se establezcan normas internacionales para el manejo de los bancos de germoplasma. El IPGRI y su predecesor, el IBPGR, en estrecha cooperación con la FAO y la Comisión de Recursos Genéticos de esta organización, desarrollaron las Normas para Bancos de Genes (FAO/IPGRI, 1994, disponible en http://www.biodiversityinternational.org/Publications/pubfile.asp?ID_PUB=1250), que tratan, principalmente, del almacenamiento de colecciones de semilla, tanto base como activas, y de temas relacionados. Sin embargo, para la mayoría de las operaciones corrientes de los bancos no se han estudiado las normas con mucha dedicación.

Es necesario desarrollar procedimientos y normas detallados de carácter internacional para el funcionamiento ordinario y para las operaciones clave de los bancos, con el fin de promover una mayor cooperación regional e internacional y de mejorar la distribución de tareas entre los bancos de germoplasma (ver también Capítulo 8).

¿En qué consiste el manejo de calidad?

La calidad del manejo de un banco de germoplasma se juzga, consciente o inconscientemente, con base en el personal del

banco, por quienes lo financian y lo usan, y por las instituciones que colaboran con él. El manejo de calidad procura instalar y aplicar un sistema de manejo que guíe y administre, de manera activa y explícita, una organización que se rige por unas normas. Dicho sistema se puede certificar para garantizar la adhesión a las normas acordadas de calidad y que se observan y ejecutan los pasos críticos de los procesos.

Un sistema de manejo de calidad puede verse como un instrumento de gestión para vigilar y mejorar los procesos de una organización. Tal sistema se esfuerza por llegar a una calidad uniforme y segura. Sin embargo, el sistema debe poder acomodarse a los cambios que ocurran en el entorno de trabajo de la organización. Un sistema de manejo de calidad bien desarrollado da como resultado usuarios satisfechos (y entidades financiadoras contentas), costos reducidos que derivan de menor número de fallas en la producción, personal consciente de la calidad, y mejores oportunidades de colaboración. Un sistema semejante requiere participación activa de la administración y de los miembros del personal, capacidad adecuada, y un diseño práctico y apropiado. Los factores que obstaculizan la puesta en marcha de un sistema de manejo de calidad tienen más que ver con medidas incompletas que con cambios totales, y con la falta de claridad acerca de por qué es importante hacer un manejo de calidad y cómo lograrlo.

El manejo de calidad de una organización requiere pensar en términos de sistemas y de procesos. Esto significa que el banco de germoplasma identifica las actividades y los pasos requeridos para conservar el germoplasma y promover su uso, así como los medios con que puede alcanzar estos objetivos, mediante la documentación y la investigación.

Implica también un conjunto claro de políticas que den orientación al manejo. Hay que poner por escrito todos los pasos del proceso primario en un 'Manual de Calidad', que debe proporcionarse a todo el personal y actualizarse con regularidad. El manual debe contener dos elementos:

- procedimientos, es decir, pasos que se dan en los procesos, por ejemplo, la forma de decidir si se debe incluir una accesión nueva en el banco de germoplasma;
- protocolos, o sea, modos de ejecutar ciertas actividades, por ejemplo, el modo de regenerar la colección de determinadas especies cultivadas.

La Figura 1 presenta un esquema del proceso básico.

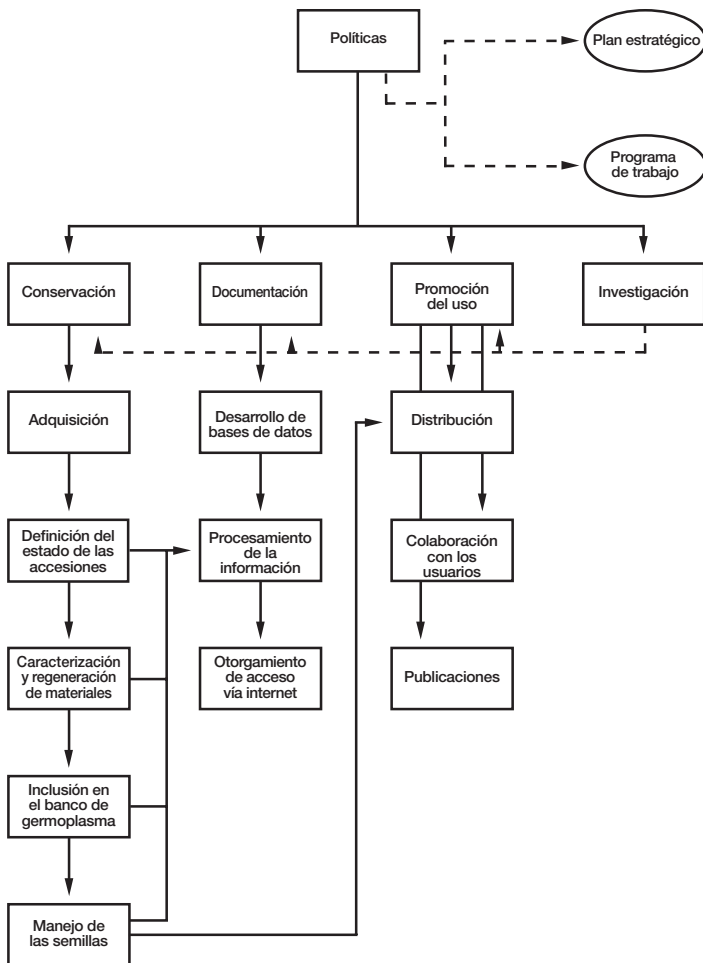


Figura 1. Diagrama de flujo que muestra el proceso básico de las actividades de un banco de germoplasma, como se desarrollan en el CGN.

² La "Organización Internacional de Normalización" (ISO) es una federación mundial de organismos que establecen normas nacionales y que representa más de 140 países. ISO es una organización no gubernamental fundada en 1947. La misión de ISO es promover el desarrollo mundial de la normalización y de las actividades relacionadas con ella, a fin de facilitar el intercambio internacional de bienes y servicios, y de desarrollar la cooperación en las esferas de la actividad intelectual, científica, tecnológica y económica. El trabajo de ISO conduce a convenios internacionales que se publican como Normas Internacionales. <<http://www.iso.org/iso/home.htm>>.

El sistema internacional más adecuado de control de calidad se basa en la Norma ISO 9000². Este sistema se emplea en el sector privado y en el público y comprende el equipamiento de los procedimientos y las normas de control de calidad en una gran diversidad de organizaciones y para una amplia variedad de procesos del sector industrial y de las entidades gubernamentales. Hay organizaciones especializadas independientes que le harán seguimiento, si se les solicita, al sistema del manejo de calidad de una organización (por ejemplo, de un banco de germoplasma) para saber si satisface los requisitos acordados, a nivel internacional, de la Norma ISO. Por ejemplo, los bancos de germoplasma del NGB y el CGN se están preparando actualmente para obtener la certificación de la Norma ISO.

En varios países se han propuesto otros esquemas de certificación pero no es tan fácil aplicarlos en los bancos de germoplasma. Ejemplos de estos sistemas son las normas STERLAB, STERIN (de NKO/STERLAB/STERIN), GMP y GLP (buenas prácticas de manufactura y buenas prácticas de laboratorio, respectivamente).

Debe recalcar que la certificación implica solamente una descripción detallada de los procedimientos y de las normas adoptadas por un banco de germoplasma, sin que se haga una estricta revisión de su calidad. Aunque está muy clara en la acreditación ISO 9000 la forma en que funciona un banco de germoplasma (“diga lo que usted hace, haga lo que usted dice y muestre que usted hace y dice”), falta todavía un acuerdo entre los bancos de germoplasma unidos por la colaboración sobre la calidad que se desea para las normas. En general, la adopción de un sistema externo de control de calidad permitiría referirse fácilmente a los procedimientos, contribuiría a que se compartieran responsabilidades entre los bancos, y proporcionaría una base para formalizar dicha colaboración y, de ese modo, contribuir a que la conservación en el mundo sea más eficiente y efectiva. Además, la adopción de un sistema de control de calidad mejora enormemente el funcionamiento interno de los bancos de germoplasma. La alternativa sería designar una institución neutral independiente que observe si los bancos de germoplasma que colaboran entre sí cumplen con las normas acordadas. Esta vigilancia proporcionaría, a su vez, una base más sólida para la confianza y la cooperación, animaría a los bancos a entregar la responsabilidad de colecciones atendidas por otros y, en consecuencia, reduciría las duplicaciones.

En el Anexo 2 se presentan pormenores de las normas para los bancos de germoplasma que actualmente se recomiendan, a modo de referencia fácil.

Aunque se ha reconocido que las normas actuales para bancos de genes de IPGRI/FAO son adecuadas y representan la mejor práctica para estos bancos, hay quienes han observado que se da un cumplimiento rígido y no creativo a estas normas; otros, en cambio, consideran que estas normas son un ideal difícil de realizar. Los administradores de los bancos de germoplasma deben ser cuidadosos en la interpretación de estas normas y en las decisiones que tomen relacionadas con ellas. El control de calidad del funcionamiento de un banco de germoplasma se considera un requisito previo importante para la colaboración eficaz, el intercambio de germoplasma y el manejo confiable de

los datos. Es posible que sea necesario un sistema internacional de certificación para los bancos de germoplasma. En todo caso, los bancos deben elaborar un manual que contenga en detalle sus procedimientos de funcionamiento. Tales procedimientos deben describir cuidadosamente lo que en realidad se hace, incluyendo las normas que se describen a continuación.

1. Introducción
2. Entorno del manejo de un banco de germoplasma
3. Definición de los objetivos de un banco de germoplasma
4. Consideraciones para mejorar los conceptos y estrategias de conservación y utilización
- 5. Procedimientos para el manejo de un banco de germoplasma**
 - 5.1 Estrategias de colecta
 - 5.2 Métodos de conservación
 - 5.3 Ejemplos de protocolos de conservación
 - 5.4 Monitoreo de la viabilidad
 - 5.5 Estrategias de regeneración orientadas a mantener la integridad
 - 5.6 Enfoques para la caracterización y la evaluación
 - 5.7 Manejo de la información
 - 5.8 Sanidad del germoplasma y cuarentena vegetal
 - 5.9 Condiciones para el intercambio de germoplasma
 - 5.10 Desarrollo del manual de funcionamiento de un banco de germoplasma
6. Racionalización del manejo de un banco de germoplasma
7. Costo financiero de mantener un banco de germoplasma en funcionamiento
8. Responsabilidad compartida
9. Referencias

5. PROCEDIMIENTOS PARA EL MANEJO DE UN BANCO DE GERMOPLASMA

*Jan Engels
y Bert Visser*

Este capítulo contiene una visión en secuencia de las operaciones de rutina de un banco de germoplasma que afectan el manejo de las colecciones, empezando con la colecta de germoplasma y terminando en la distribución de las muestras. En lo posible, se presentarán opciones y enfoques alternativos, con el fin de ayudar a los curadores y al personal de los bancos de germoplasma a tomar decisiones con conocimiento de causa.

5.1 Estrategias de colecta

La estrategia de muestreo para la colecta se determina con base en el mandato específico del banco de germoplasma y en los objetivos de la misión, que pueden ser llenar vacíos en la colección, dirigir la colecta a genotipos específicos, o reducir las pérdidas de diversidad genética debidas a la erosión genética. También se presta atención a aspectos de cubrimiento geográfico, de tamaño de las muestras, de diversidad genética, etc. Guarino *et al.* (1995) publicaron una guía técnica muy completa sobre colecta de recursos fitogenéticos, y en ella hacen muchas sugerencias prácticas y de tipo administrativo. Cuando se trata de misiones de colecta con un objetivo determinado, es aconsejable incluir en el equipo, en lo posible, a un fitogenetista experimentado para beneficiarse de sus conocimientos sobre las especies cultivadas y asegurarse de que se tienen en cuenta las necesidades de los mejoradores. Cuando la misión de recolección se orienta principalmente a los cultivos locales o tradicionales, es muy útil incluir en el equipo a un etnobotánico para que atienda los aspectos socioeconómicos del trabajo.

El objetivo fundamental de una colecta de recursos fitogenéticos es captar la máxima cantidad de variación genética útil en el menor número de muestras (Marshall y Brown, 1975). El desarrollo de estrategias de muestreo eficaces depende de la información disponible sobre el tipo y la cantidad de

variación genética presente en las poblaciones de los taxa elegidos y sobre la distribución de éstos en la región geográfica escogida (Allard, 1970). Cuando la información sobre las especies elegidas y sobre el área de recolección es escasa, es prudente organizar una misión de exploración para recopilar esa información.

El parámetro básico para medir la variación de una determinada población es su riqueza alélica, es decir, el número de alelos distintos que hay en un solo locus. Por lo general, este dato se conoce evaluando un gran número de loci de marcadores después de tomar la muestra (Brown y Marshall, 1995). Cuando se muestrean varias poblaciones en una determinada área, el grado de divergencia genética (una medida de la distancia genética que separa las poblaciones) y la variación genética total entre las poblaciones tienen importancia. Este último parámetro se refleja en la diversidad y en el patrón de distribución de cierto número de alelos por locus (Schoen y Brown, 1991). El criterio generalmente aceptado para recolectar germoplasma es garantizar que la muestra recolectada incluya por lo menos una copia con 95% de los alelos a una frecuencia mayor que 0.05 (Marshall y Brown, 1975). Si se toma una muestra de 50 individuos en cada población se reunirán estos requisitos, aunque ya se sabe que esos números no siempre serán factibles. Mayor información sobre la estrategia básica de muestreo, el número y la ubicación de los sitios de muestreo, el número de plantas que se toman como muestra en un sitio, la elección de plantas individuales, y el número y tipo de propágulos por planta, puede hallarse en Brown y Marshall (1995).

El conocimiento y la comprensión de la estructura genética de muchas poblaciones vegetales han aumentado notablemente, lo que proporciona una base más segura para desarrollar estrategias de muestreo. Por ejemplo, los parientes silvestres de los cultivos se tornan cada vez más valiosos para los mejoradores, ya que la biotecnología proporciona las herramientas que mejoran los cruzamientos amplios. Ahora bien, las especies silvestres son diferentes de las domesticadas en muchos aspectos, por ejemplo en la distribución de la especie, en su abundancia en la localidad, en la migración entre las poblaciones, en la diversidad de los hábitat, en características de la historia vital como la duración del ciclo de vida, en la estructura de edad poblacional, en la reproducción vegetativa, en la fecundidad, en la determinación de la floración y de la maduración de la semilla, en el sistema de fertilización (exogamia, autofertilización o apomixis), en la modalidad de polinización y en los polimorfismos evidentes. Una consecuencia de estas diferencias es que la estrategia de muestreo de las especies silvestres puede diferir sustancialmente de la que se aplica a las especies cultivadas (Brown y Marshall, 1995).

Técnicas de recolección

Las técnicas de recolección y el equipo que se emplee dependerán del tipo de material que se deba recolectar, es decir, semillas, polen, propágulos vegetativos o plantas enteras. Para conservar la integridad de la población o de la variedad de las razas nativas, la muestra debe ser del tipo empleado por el agricultor. Por ejemplo, debe recolectarse semilla si el cultivo se propaga por semilla (maíz, arroz), y muestras vegetativas si la especie se propaga mediante clones (por ejemplo, los tubérculos de la papa y los vástagos del banano); algunas de esas especies nunca producirán semilla. Donde sea el injerto la técnica de propagación empleada por los agricultores, hay que cultivar los rizomas. Sin embargo, hay que comprender que, para conservar la diversidad genética como tal, no es un requisito previo mantener la integridad de la población o de la variedad; existe, por tanto, la opción de mantener en las semillas la diversidad presente en las especies que se propagan por clones.

La semilla de muchas especies cultivadas, en especial de los frutales del trópico, que tiene un contenido alto de humedad, no se puede almacenar en las condiciones de frío seco que normalmente se emplean en los bancos de germoplasma. La comprensión inicial del problema de transportar la semilla recolectada de las plantas tropicales llevó al invento de la ‘caja de Wardian’ –que es, en realidad, un invernadero portátil– el cual se desarrolló alrededor de 1830 para transportar plantas y plántulas en la cubierta de los barcos durante los largos viajes marítimos anteriores al advenimiento del transporte aéreo (Hepper, 1989). En años más recientes, se han tomado muestras de embriones cigóticos y tejidos vegetativos como yemas caulinares, brotes o ápices, las cuales han sido tratadas, transportadas y posteriormente cultivadas en condiciones adecuadas en sitios distantes. Withers (1995) trató en detalle la aplicación de las técnicas *in vitro* a la recolección del germoplasma. Engelman (1997) consideró varios casos en que la colecta *in vitro* puede ser más ventajosa, como en las misiones largas a áreas remotas en los siguientes casos: cuando es posible que el material vegetativo o las semillas no sobrevivan; cuando el tamaño y el peso de las semillas plantean problemas; cuando es alto el riesgo de transmitir plagas o enfermedades (el caso de las partículas de suelo que permanecen en el material recolectado); y, finalmente, cuando el número de semillas que se debe recolectar no es suficiente.

Se han establecido protocolos, procedimientos y equipos para la recolección y el transporte del material de varias especies cultivadas, los cuales pueden adaptarse a otras especies. Entre

ellos está la recolección de yemas caulinares, que se describe para el cacao (Yidana, 1988), la extracción de embriones cigóticos, que se describe para el coco (Assy Bah *et al.*, 1989), el empleo de esquejes de nudo caulinar, descrito para el algodón y para especies relacionadas con él (Altman *et al.*, 1990), y el uso de plántulas o material herbáceo como explantes, que se describe para algunas gramíneas forrajeras (Ruredzo, 1989). La recolección de material rico en ADN, como las hojas y los nódulos de la raíz, puede hacerse con poco esfuerzo adicional cuando los especímenes se recolectan para herbarios o para bancos de germoplasma. El material debe almacenarse junto con un desecante o sumergirse en una solución tampón estabilizadora inmediatamente después de la recolección, para poder asegurarse de que la extracción del ADN, que se hará más tarde, tenga éxito. Estas prácticas representan un método sencillo de almacenamiento a largo plazo (Adams, 1997). Sin embargo, debe entenderse que el ADN sólo podrá constituirse en fuente de introducción de caracteres individuales cuando se apliquen los métodos pertinentes de la biotecnología. Además, a diferencia de las semillas, el ADN no es regenerable y su reserva se agotará tarde o temprano. Esto significa que el almacenamiento del ADN nunca puede sustituir el almacenamiento de materiales vivos, ya sea en semilla, en tejidos *in vitro* o en materiales crioconservados.

Las decisiones importantes que debe tomar el recolector se refieren a la cantidad de semilla de cada accesión que debe recogerse, no sólo desde la perspectiva de la diversidad genética sino también desde el ángulo del manejo del banco de germoplasma. Si el banco desea evitar la regeneración inicial y emplear, en cambio, el material recolectado como punto de partida para el trabajo de conservación, se necesita una cantidad considerable de semilla para cada accesión. El banco de germoplasma del Royal Botanic Gardens de Kew, en el Reino Unido, está aplicando este procedimiento. No obstante, hay que señalar que puede ser difícil recolectar semillas de condición fisiológica óptima, tal como desearía cualquier curador, para garantizar así la longevidad óptima de la semilla conservada a largo plazo.

Asimismo, es importante vigilar cuidadosamente el material recolectado, controlar su estado fitopatológico (ver también la Sección 5.8 sobre este aspecto), y hacerle una caracterización y, posiblemente, una evaluación preliminar. Sólo entonces podrá el curador de un banco de germoplasma tomar las decisiones correctas para que el manejo que haga sea eficiente y efectivo. En la práctica no es frecuente encontrar las condiciones óptimas para recolectar un número grande de semillas.

5.2 Métodos de conservación

Actualmente se acepta que la conservación se puede hacer en el hábitat en el que los materiales se encuentran originalmente (*in situ*) o en un lugar diferente a éste (*ex situ*). En esta sección se describirán brevemente estos enfoques y métodos de conservación y otros que se utilizan.

Conservación *in situ*

El CDB (UNEP, 1992), que abarca tanto las especies silvestres como las domesticadas, tiene una definición compleja de la conservación *in situ*: es “*la conservación de los ecosistemas y de los hábitats naturales y el mantenimiento y recuperación de poblaciones viables de especies en sus entornos naturales y, en el caso de las especies domesticadas y cultivadas, en los entornos en que hayan desarrollado sus propiedades específicas*”.

Puede haber grandes diferencias en la forma de enfocar la conservación de las especies silvestres y las domesticadas. Por ejemplo, para conservar especies silvestres se evitaría la introgresión de genes extraños en las poblaciones objetivo. Se ha discutido, en cambio, que la introgresión de genes de especies silvestres en las poblaciones de especies cultivadas es un suceso evolutivo y una ventaja de la conservación *in situ*, y que por ello se debe permitir que ocurra (Altieri y Merrick, 1987 y muchos otros).

La puesta en marcha del CDB y de la Agenda 21 en 1992, y la adopción del PAM por los países participantes en la Cuarta Conferencia Técnica Internacional sobre Recursos Fitogenéticos (FAO, 1996), dieron un fuerte impulso a la conservación *in situ*. En los últimos años, las actividades de conservación en fincas han estado estrechamente ligadas a los trabajos de desarrollo, entre ellos a la labor de despertar en los agricultores la conciencia de su capacidad (Jarvis y Hodgkin, 2000a).

Áreas protegidas. Por lo general, estas áreas se consideran clave para la conservación *in situ* de los parientes silvestres en tanto permiten que los parientes silvestres de las especies cultivadas y de los animales domésticos estén en ecosistemas naturales y seminaturales, lejos de la influencia de la actividad agrícola, y que su conservación se ajuste bien al sistema existente de reservas naturales.

Muchas propuestas se apoyaban en este enfoque (Ingram, 1984; Prescott-Allen, 1984; Prescott-Allen y Prescott-Allen, 1984; Wilcox, 1990) aunque, hasta hace poco, unas cuantas de ellas fueron financiadas. Actualmente, la conservación de la agrobiodiversidad

en áreas protegidas no figura en los planes de desarrollo; este componente de la diversidad biológica prácticamente no se trata. Una característica de esta clase de conservación es que los procesos evolutivos continúan actuando y hacen posible que poblaciones enteras experimenten cambios y se extingan. Una desventaja de la conservación en áreas protegidas es que no permite disponer fácilmente del material allí conservado para fines agrícolas. Además, si las oportunidades de manejo son limitadas, es poco lo que el germoplasma se puede caracterizar y evaluar, y esto restringe su uso como recurso genético (Maxted, *et al.*, 1997b).

Conservación en fincas. En todo el mundo, los agricultores han practicado la conservación en fincas desde que la agricultura ha existido, y la han considerado necesaria en la producción de cultivos. Para ellos, las prácticas de manejo más efectivas han sido las que combinan los rendimientos más altos con la mayor seguridad alimentaria. Por lo general, estas prácticas se basan en la diversidad existente tanto en las especies como entre ellas, y que sobrevive en las regiones a donde no llega la agricultura moderna que requiere muchos insumos. Además de los cultivos, hay también especies silvestres y arvenses compañeras relacionadas con la agricultura. Se han sugerido formas de intervención que impulsarían la eficacia de los procesos tradicionales de conservación en fincas. Jarvis *et al.* (2000b) ofrecen sugerencias y procedimientos detallados para el manejo en fincas de estos recursos, enmarcándolos en los sistemas tradicionales de explotación agrícola; con ellos pueden mantenerse y evolucionar continuamente las razas nativas tradicionales y las especies silvestres y arvenses compañeras que dependen de las prácticas agrícolas tradicionales para su supervivencia. Las ventajas y desventajas que pueda tener la conservación en fincas deben ponderarse respecto a la idoneidad de su aplicación a la conservación, así como respecto al impacto que tendrían en los medios de vida de los campesinos.

Huertos familiares: Los huertos familiares son una reserva de diversidad de frutales, hortalizas y ganado doméstico menor. La proximidad a los hogares permite hacer una selección detallada, por ejemplo, de las variantes de color que exhiben las plantas y los animales, en su mayoría, y genera la inagotable variación morfológica que existe en muchas especies domesticadas. Varios autores (Maxted *et al.*, 1997a; Damania, 1996; y Engels, 1995) tratan por separado la conservación de la diversidad fitogenética en huertos familiares. En lo concerniente a la conservación en fincas, el método es dinámico y puede requerir incluir una comunidad de huertos, ya que la diversidad intraespecífica dentro de un huerto individual es, a menudo, limitada, mientras que la variación entre un huerto y otro suele ser sustancial (Engels, 2002b).

Se han sugerido muchas ideas y propuestas para la conservación *in situ* de la agrobiodiversidad, que van desde los ‘reservorios masivos’ (Simmonds, 1962; Frankel y Bennett, 1970; Frankel *et al.*, 1995) hasta las recomendaciones de los etnobotánicos (Brush, 1986 y 1999; Oldfield y Alcorn, 1987; Altieri y Merrick, 1987). Otros proponen que la contribución a la conservación en fincas estaría en la ampliación de la base genética a través de la adaptación descentralizada, en múltiples sitios, de poblaciones combinadas. Una buena revisión de las lecciones aprendidas sobre conservación en finca se encuentra en Jarvis *et al.* (2000b).

Conservación *ex situ*

Almacenamiento de semillas. El almacenamiento de la diversidad genética en forma de semilla es el método de conservación *ex situ* mejor investigado, más ampliamente usado y más conveniente. Existe mucha información sobre el tratamiento óptimo que requiere la semilla de la mayoría de los principales cultivos alimenticios. Una revisión inicial del tema se encuentra en Harrington (1970). Entre los requisitos se destacan:

- un secado adecuado, es decir, un contenido de humedad de 3% para las semillas de especies oleosas y de 5% o más para las de especies harinosas;
- una temperatura de almacenamiento apropiada: se recomienda -18°C para el almacenamiento a largo plazo; y
- una producción cuidadosa de semillas de calidad para garantizar la mayor longevidad posible (Rao y Jackson, 1996).

La investigación reciente señala que un contenido de humedad muy bajo no resulta óptimo y requiere cuidados adicionales.

Ahora bien, las semillas de muchas especies cultivadas, en especial las arbustivas y leñosas del trópico, perderán su viabilidad si se secan (son las denominadas semillas ‘recalcitrantes’). Las semillas de algunas especies se pueden secar hasta cierto punto pero no pueden sobrevivir a un almacenamiento a temperatura baja, por lo cual sus características de almacenamiento son intermedias. En esta categoría están el café, los cítricos, el caucho y otros cultivos. Además, las semillas de los parientes silvestres no siempre se comportan igual a las de las especies domesticadas, por lo que hay que determinar las condiciones de almacenamiento óptimo para cada caso.

Actualmente se dispone tanto de un protocolo del IPGRI en que se definen las características precisas de almacenamiento para las semillas de algunas especies poco investigadas (Hong y Ellis, 1996), como de un compendio de datos disponibles sobre el comportamiento en almacenamiento de unas 7000 especies;

ambos instrumentos contienen referencias a especies concretas (Hong *et al.*, 1996; Engels *et al.*, 2001).

La mayoría de los bancos de germoplasma nacionales mantiene las semillas en instalaciones de almacenamiento en frío. Esas instalaciones dependen de un suministro confiable de electricidad, lo que puede convertirse en un problema en algunos países. Para resolverlo, se han desarrollado procedimientos alternos de almacenamiento a bajas temperaturas, entre ellos la denominada tecnología de 'semilla ultraseca'. Si se secan las semillas hasta un contenido de humedad del 1% (para semillas oleosas) o de un 3%, aproximadamente (para semillas harinosas) y se empacan herméticamente, es posible almacenarlas durante períodos largos a temperatura ambiente. Hay que tener cuidado de no sobrepasar los límites de secado de las semillas (Walters y Engels, 1998).

Algunos bancos de germoplasma han hecho también experimentos con el almacenamiento de semillas en nitrógeno líquido. Además del peligro, ya mencionado, de secar las semillas (ortodoxas) en demasía, el tamaño de éstas tiene importancia para lograr una crioconservación económica. Este enfoque sería ventajoso en lugares donde el suministro de electricidad no es muy seguro.

Almacenamiento de polen. La técnica para almacenar polen es similar a la del almacenamiento de semillas, ya que el polen se puede secar (a menos de 5% de contenido de humedad respecto al peso seco) y almacenar a menos de 0°C. Hay poca experiencia de supervivencia y capacidad de fertilización de polen crioconservado con más de 5 años de edad (Towill, 1985). Hoekstra (1995) estudió la información proveniente de más de 1500 especies vegetales pero no llegó a encontrar una correlación clara entre el potencial del almacenamiento del polen y de la semilla de una misma especie. El polen representaría una alternativa interesante para la conservación a largo plazo de especies de difícil almacenamiento (IPGRI, 1996). Ahora bien, como el polen tiene una vida relativamente corta en comparación con las semillas (aunque esto varía significativamente entre especies), las pruebas de viabilidad pueden resultar lentas y antieconómicas. Es por esto que el polen se ha usado poco en la conservación de germoplasma (Hoekstra, 1995). Otras desventajas del almacenamiento del polen son las siguientes: muchas especies producen pequeñas cantidades; los genomas de los organelos no se transmiten mediante el polen; los genes ligados al sexo se pierden en las especies dioicas; y el polen adolece de una incapacidad general para regenerar las plantas (Hoekstra, 1995). Tiene una ventaja: las plagas y las enfermedades rara vez se transmiten por el polen (excepto algunas enfermedades virales), lo que permite que

el movimiento y el intercambio del germoplasma como polen sean seguros.

Bancos de germoplasma en campo. Los bancos en campo se usan para conservar cultivos clonales, cultivos de semilla recalcitrante y cultivos que rara vez producen semilla. La regla de oro es emplear las mismas técnicas de propagación que usa el agricultor; por ejemplo, no perturbar clones adaptados mediante la segregación genética en un ciclo de semilla. Muchos frutales arbóreos de zonas templadas y tropicales cumplen una o varias de estas condiciones, y lo mismo ocurre con muchos cultivos básicos como el cacao, el caucho, la palma de aceite, el café, el banano y el coco, y con la mayor parte de los cultivos de raíces y tubérculos. Un ejemplo de la escala en que se maneja un banco de germoplasma en campo es el de los recursos genéticos de la palma de aceite en Malasia, que se plantan a una densidad de 140 palmas por hectárea; otro es la colección de esta palma en Nigeria, que ocupa 200 ha. Puesto que la semilla de la palma oleaginosa no se puede almacenar durante más de 2 años y su polen durante 3 años solamente, su único método práctico de conservación, aunque costoso, es una colección viva. De modo semejante, el banco de germoplasma de café, situado en Jima, Etiopía, contiene más de 1600 accesiones en árboles de cafeto provenientes del centro de diversidad de este cultivo.

El manejo puede ser el mismo que se aplica en la agricultura ordinaria, y los métodos de cultivo se pueden adaptar a las circunstancias locales. El material conservado se puede caracterizar y evaluar fácilmente y emplearse luego en investigación y en otros usos. Es posible que ocurra algún tipo de selección natural en las accesiones o entre ellas, pero el manejo debe estar diseñado para impedirlo. Entre las principales limitaciones que enfrenta un banco de germoplasma en campo están los costos y todos los riesgos naturales de un cultivo, como las plagas, las enfermedades, la sequía, la inundación, los huracanes, etc. (Engelmann y Engels, 2002).

Conservación *in vitro*. Cuando un método de conservación está expuesto a riesgos inevitables, como ocurre con los bancos en campo, debe emplearse también un método alternativo que sea complementario del primero. La conservación *in vitro* implica el mantenimiento de explantes en un ambiente estéril y libre de agentes patógenos, y se emplea extensamente para la conservación y la multiplicación de especies que producen semillas recalcitrantes o que no producen semillas (Engelmann, 1997). Aunque la investigación sobre las técnicas *in vitro* se inició hace apenas 20

años, éstas se han aplicado para multiplicar, almacenar y, más recientemente, para coleccionar el germoplasma de más de 1000 especies (Ashmore, 1997).

Se usan diversos métodos de conservación *in vitro*. Para el almacenamiento a corto plazo y a mediano plazo, el objetivo es prolongar los intervalos entre los subcultivos por medio de un crecimiento reducido. Esta reducción se logra modificando las condiciones ambientales, entre ellas el medio de cultivo, para obtener la denominada conservación de crecimiento lento. La técnica que más se aplica es la reducción de la temperatura (varía de 0 a 5°C para especies tolerantes del frío, y de 9 a 18°C para especies tropicales) que puede combinarse con una disminución en la intensidad de la luz o el almacenamiento en la oscuridad (Engelmann, 1997) y un ajuste del medio de crecimiento. Entre los métodos alternos (respecto a la conservación estándar de crecimiento lento) están la modificación del ambiente gaseoso de los cultivos, la desecación y la encapsulación de los explantes. El último se denomina semilla sintética, y la idea es usar los embriones somáticos como semillas sexuales. Los embriones encapsulados en gel de alginato se pueden almacenar después de una deshidratación parcial y sembrarse directamente *in vivo* (Janick *et al.*, 1993).

Si la cantidad de material es pequeña, se puede lograr un almacenamiento a largo plazo colocando los cultivos crioconservados a temperatura ultrabaja, generalmente por medio de nitrógeno líquido (-196°C). A esta temperatura se detienen, prácticamente, todas las divisiones celulares y los procesos metabólicos y, en consecuencia, el material vegetal se puede almacenar (en teoría) sin alteración o modificación, indefinidamente (Engelmann, 1997).

Jardines botánicos y arboretos. Los jardines botánicos han desempeñado una función histórica en el intercambio y la introducción de los recursos genéticos de especies cultivadas. Las colecciones de los jardines botánicos constan, generalmente, de uno o algunos individuos por especie (FAO, 1998), aunque en años recientes hubo una tendencia a establecer allí unidades de conservación, entre ellas bancos de semilla (Laliberté, 1997). Lamentablemente, la mayoría de los jardines botánicos tiene un interés reducido o escasa competencia en recursos genéticos de especies cultivadas, aunque se está trabajando bastante para modificar esta situación (Heywood, 1998).

Almacenamiento de ADN. Esta técnica, de muy reciente desarrollo, está cobrando mucha importancia. La extracción del ADN del

núcleo, de la mitocondria y de los cloroplastos y su almacenamiento son ya un asunto de rutina. Para analizar el ADN, éste se inmoviliza muchas veces en hojas de nitrocelulosa, en las que puede ser objeto de sondeo, incluso con genes clonados. El desarrollo actual de la RCP (reacción en cadena de la polimerasa) ha permitido amplificar el número de oligonucleótidos y genes específicos de manera rutinaria. La tecnología de clonación del ADN ha facilitado aún más el uso eficiente de secuencias del ADN. Estos adelantos han conducido a la formación de una red internacional de depósitos de ADN para el ADN genómico (Adams, 1997). El almacenamiento de ADN tiene la ventaja de que es efectivo y sencillo, y supera muchas de las limitaciones físicas que caracterizan otras formas de almacenamiento. Su desventaja reside en los problemas que trae el consiguiente aislamiento de los genes, su clonación y su transferencia y, lo más importante, que no permite la regeneración de organismos verdes (Maxted *et al.*, 1997a; para actualizaciones recientes, ver también www.cgn.wageningen-ur.nl/pgr/).

Complementariedad de las estrategias de conservación

La agricultura es, de por sí, el método original de conservación, y está ligada directamente a la utilización. Pero la agricultura es cambiante, y vuelve superflua la conservación de la diversidad en las fincas dado el desarrollo del mejoramiento especializado de los cultivos. La mayoría de los agricultores no se puede dar el lujo de convertirse en curador de un museo vivo de la agrobiodiversidad, ni desearía serlo (como sugirió Wilkes, 1971). Por fortuna, el amplio espectro de métodos de conservación se puede ajustar a una gran variedad de condiciones. Puesto que la extensa diversidad genética queda incluida en la conservación, la seguridad y la accesibilidad pueden equilibrarse con la factibilidad y la relación entre costo y eficiencia. Muchas veces no basta con elegir un solo método de conservación: métodos diferentes y complementarios tendrán sus ventajas y desventajas. Al momento de elegir, es importante tener una visión holística de la labor de conservación que se busca, y situarla en un contexto más amplio que incluya los grupos de usuarios actuales y potenciales, siempre que esto sea aplicable. Es importante también examinar cuidadosamente los recursos técnicos y humanos disponibles, así como el ambiente administrativo y político en que se hará la conservación, para que las dificultades se reduzcan a un mínimo (Engels, 2002a).

Cuando se escogen métodos de conservación alternos o complementarios, los que más obviamente contrastan entre sí son los enfoques *in situ* y *ex situ*. Los procesos dinámicos de la conservación *in situ* podrían combinarse con el enfoque más seguro, por lo regular, de la conservación *ex situ*, y mejorar así la facilidad de

acceso al germoplasma. Como un efecto de la presión ejercida por las enfermedades y de la selección natural, existe la probabilidad de que se presente una adaptación continua que mejore, posiblemente, el valor de las poblaciones conservadas en fincas, convirtiéndolas en fuente de variabilidad para el mejoramiento por resistencia a las enfermedades. Este potencial contenido en la explotación del proceso evolutivo ocurrido durante la conservación en fincas fue observado por Allard (1990) respecto a la resistencia a una enfermedad (del patosistema de la escaldadura foliar en la cebada). Ahora bien, no se conoce la tasa de adaptación mencionada, y no se han desarrollado todavía métodos rigurosos de muestreo o de evaluación en el campo para hacerle seguimiento a este proceso (Maxted *et al.*, 1997a).

Muchos cultivos importantes en su localidad tienen poca importancia económica y han sido olvidados por los curadores y por los bancos de germoplasma *ex situ*. Para estos cultivos y para sus parientes silvestres, la conservación *in situ* (incluida la conservación en fincas) es la apropiada. Aun reconociendo las ventajas de la evolución continua en las fincas y la notable diversidad del material que puede conservarse en ellas, el acceso a esos recursos será limitado, no se dispondrá de caracterización y evaluación adecuadas, y se correrá el riesgo de que los agricultores, sometidos a presiones económicas, abandonen el cultivo de las razas nativas tradicionales. Siempre será necesario el seguimiento cuidadoso. La conservación mediante el uso *in situ* estaría expuesta a la pérdida de alelos o genotipos específicos como resultado de la adaptación continua, y se necesitaría entonces un sistema de reserva en la conservación *ex situ*. Hammer *et al.* (1996) hicieron hincapié en esta situación y hallaron que 96.8% de las muestras recogidas en Albania en 1941 estaban todavía intactas en el banco de germoplasma de Gatersleben, en Alemania, y que una encuesta hecha 50 años después en la misma región de Albania había arrojado un 50% de erosión genética. Los autores concluían que “es un resultado sorprendente, dado que el material tuvo que sobrevivir a la Segunda Guerra Mundial y a dos traslados”.

La biología de las especies puede señalar la elección de los métodos de conservación. Por ejemplo, si la especie cultivada no produce semillas (como ocurre con el banano), puede escogerse la conservación en fincas, el mantenimiento en un banco de germoplasma en campo, el crecimiento lento *in vitro* o la crioconservación (Sharrock y Engels, 1997). La yuca y la papa son ejemplos de acervos de genes muy estudiados que se emplearon para desarrollar técnicas *in vitro*, y ambos disponen ahora de una gran variedad de opciones de conservación.

5.3 Ejemplos de protocolos de conservación

Los protocolos y los procedimientos de tres bancos de germoplasma se presentan como anexos de esta guía. Los tres bancos se especializan, respectivamente, en cultivos de propagación sexual y principalmente de polinización cruzada (especies de gramíneas), en un cultivo de propagación vegetativa (el banano), y en cultivos múltiples.

5.4 Monitoreo de la viabilidad

El monitoreo de la viabilidad de las semillas almacenadas es importante para la conservación y mucho se ha investigado sobre la germinación y las pruebas de vigor. El curador tiene que poder evaluar con exactitud la viabilidad inicial de las accesiones antes de almacenarlas, y monitorearla luego durante el período de almacenamiento. La viabilidad y el vigor deben evaluarse poco después de la regeneración, ya que el procesamiento y el almacenamiento de materiales no viables son una pérdida de tiempo y dinero. Las normas para monitorear la viabilidad en los bancos de germoplasma están contenidas en el manual Normas para Bancos de Genes (FAO/IPGRI, 1994). Existen procedimientos específicos para hacer pruebas de viabilidad en los manuales del IPGRI sobre tecnología de semillas para bancos de germoplasma, que incluyen principios y metodología (Ellis *et al.*, 1985a), y traen información específica sobre la germinación y recomendaciones sobre algunas pruebas (Ellis *et al.*, 1985b). Por otro lado, se han desarrollado métodos que requieren una cantidad de semilla por prueba mucho menor que en los usados anteriormente, como a prueba de semillas en secuencia (Ellis *et al.*, 1980).

Se han desarrollado protocolos en la International Seed Testing Association (ISTA) para probar la viabilidad de numerosas especies cultivadas (Ellis *et al.*, 1985b). No obstante, no se ha desarrollado ningún enfoque específico de manejo para las pruebas y el monitoreo de la viabilidad, y esto ha dado lugar a la aparición de varias prácticas. En algunos bancos de germoplasma se prueban todas las muestras de semilla almacenadas a intervalos regulares, mientras que otros prueban, en períodos irregulares, accesiones elegidas aleatoriamente. Hay que tener presente que son escasos los datos sobre el modelo (forma de la curva) de la pérdida de viabilidad de la semilla en el tiempo. A veces puede obtenerse mucha información sobre protocolos disponibles en los jardines botánicos y en las asociaciones de productores de semilla. Cuando no se dispone de ellos, hay que establecerlos; se sugiere entonces emplear un enfoque de tipo experimental, ya que se ha registrado variación en las especies conocidas y entre una población y otra,

en especial en relación con la latencia y la dureza de la testa de la semilla. La determinación del vigor de la semilla puede darle al curador de un banco de germoplasma, además del porcentaje de germinación, una indicación oportuna de alguna disminución en la viabilidad (Bewley y Black, 1994).

Se observan a veces grandes diferencias en longevidad entre accesiones de una misma especie y aun entre genotipos de la misma accesión. Por consiguiente, es aconsejable hacerle un monitoreo cuidadoso a la viabilidad de las semillas. No debe emprenderse una regeneración innecesariamente porque, en general, es muy costosa y presenta riesgos cuando se mira desde la perspectiva de la diversidad genética. Se recomienda, por tanto, que cada banco de germoplasma desarrolle sus propios procedimientos de monitoreo que garanticen una conservación eficaz y eficiente.

5.5 Estrategias de regeneración orientadas a mantener la integridad

Muy pocas veces los bancos de germoplasma reciben material suficiente y listo para ser almacenado a largo plazo. En general, los bancos no reciben el germoplasma que necesitan para todas sus necesidades (conservación, distribución, pruebas de sanidad y de viabilidad, etc.). Además, los bancos deben emitir una certificación fitosanitaria del germoplasma que distribuyen y deben producirlo, por tanto, en condiciones de cultivo controladas. Si se recolecta semilla silvestre, o se obtiene de las reservas de semilla de los agricultores o de los mercados, su viabilidad y su estado sanitario son desconocidos. Por consiguiente, los bancos de germoplasma tienen que multiplicar o regenerar el material para asegurarse de que su cantidad y calidad son suficientes. La regeneración en condiciones controladas es crucial para poder garantizar la viabilidad y la sanidad del germoplasma y para mantener su integridad genética.

La regeneración de las accesiones es un proceso clave en el manejo de los bancos de germoplasma, porque las accesiones son vulnerables a pérdidas y a alteraciones. Es también un proceso costoso y muchas veces hay que hacer compromisos sin considerar las consecuencias que pueden manifestarse mucho más tarde. Por estas razones, el IBPGR publicó un trabajo científico que sirve de fondo al trabajo de regeneración y multiplicación del germoplasma que hacen los bancos de semilla (Breese, 1989).

Más recientemente se publicó una guía de las decisiones que se toman en la regeneración de accesiones de semilla, con el propósito de facilitar el desarrollo de procedimientos óptimos en

este campo (Sackville Hamilton y Chorlton, 1997). Esta guía ofrece a los curadores varias opciones para satisfacer los requisitos específicos de regeneración de diferentes accesiones, y para tener presentes las diversas circunstancias en que funcionan los bancos de germoplasma. Tiene un diagrama de flujo que destaca las decisiones más importantes que se toman durante el proceso de regeneración y proporciona así a los curadores una herramienta para optimizar el manejo de la regeneración. La guía trata de la identificación oportuna de las accesiones cuya semilla empieza a escasear en cantidad y a descender en calidad. También considera la regeneración de accesiones para producir semilla nueva de calidad óptima y en cantidad suficiente (también denominada rejuvenecimiento o multiplicación), con la mínima pérdida de integridad genética y con la máxima eficiencia respecto a los costos (Sackville Hamilton y Chorlton, 1997).

Los indicios de cambio genético y de deriva genética, conocidos por estudios de la genética de poblaciones, han conducido a desarrollar procedimientos para multiplicar y regenerar las accesiones de bancos de germoplasma que mantienen su integridad genética en el grado más alto posible. Las técnicas de genética molecular permiten hacer seguimiento de los cambios en la composición genética de las muestras mantenidas en los bancos de germoplasma. La cuestión de la inestabilidad genética, debida en particular a las mutaciones somáticas que experimenta el germoplasma conservado *in vitro*, es una inquietud real y debe prestársele la debida atención para que la conservación a largo plazo sea efectiva. Hay que establecer, como parte del proceso regenerativo ordinario, los caracteres genuinos de la especie.

Puesto que los fitogenetistas conocen muy bien sus cultivos, algunos bancos de germoplasma cooperan estrechamente con los mejoradores en actividades de regeneración; más aún, algunos subcontratan esta responsabilidad con un mejorador. Otros bancos organizan días de exhibición para los mejoradores y otros usuarios interesados, y cultivan materiales en el campo para que se familiaricen más con el germoplasma del banco y sientan interés por la evaluación y el uso que se les dará más adelante. En muchos casos, la regeneración se combina con un examen cuidadoso del material que incluye su caracterización sistemática; en otros casos, la regeneración se combina con la evaluación (Engels, observación personal). Ahora bien, esta última práctica no suele aconsejarse, en particular cuando el curador quiere calificar la resistencia a enfermedades, ya que el objetivo primordial debe ser producir semilla sana y de alta calidad para conservarla a largo plazo.

Se ha observado que en varios bancos de germoplasma la regeneración de las accesiones almacenadas no se considera una responsabilidad integral del banco. A veces la regeneración ha sido financiada mediante proyectos especiales, lo que crea una situación no sostenible. El resultado ha sido que la diversidad genética mantenida se ha puesto en riesgo y ha sido necesario acudir a acciones urgentes de rescate. Para evitar semejante situación, se recomienda enfáticamente que se considere la regeneración como una responsabilidad del banco de germoplasma, y se hagan las provisiones presupuestales necesarias para realizarla.

5.6 Enfoques para la caracterización y la evaluación

La caracterización de las accesiones, una actividad que siempre se ha considerado responsabilidad del curador del banco de germoplasma, consiste en determinar la expresión de los caracteres de muy alta heredabilidad, que van desde características morfológicas hasta proteínas de la semilla, incluyendo posiblemente los marcadores moleculares. Estos caracteres permiten también distinguir, de modo fácil y rápido, los fenotipos y agrupar en forma sencilla las accesiones, así como comprobar la autenticidad de muestras homogéneas; todo esto se hace, frecuentemente, según los criterios que aplican los mejoradores y otros usuarios del germoplasma. Los bancos de germoplasma deben pensar en establecer una estrecha cooperación con los fitomejoradores mientras caracterizan las accesiones, no sólo durante las actividades de campo y de laboratorio sino también antes, cuando se decide qué descriptores usar. La expresión de los caracteres, unida a un análisis molecular o en sustitución de él, sirve para establecer relaciones sistemáticas entre accesiones y aun entre cultivos, por ejemplo sus relaciones evolutivas. Este trabajo de caracterización facilita directamente el uso de las colecciones, permite detectar las identificaciones erradas e indica los errores que tal vez se hayan cometido en otras operaciones del banco (Bretting y Widrlechner, 1995). Además, conduce a una visión más profunda de la composición de la colección y del cubrimiento que tiene de la diversidad genética. Una caracterización adecuada también contribuye mucho a racionalizar los procedimientos de manejo, puesto que permite que el curador, estando bien informado, tome decisiones sobre el mejor sitio para regenerar el material (por ejemplo, los hallazgos de las razas de arroz japónica e indica, de Rao y Jackson, 1996), identifique posibles duplicados, agrupe accesiones de germoplasma, etc.

Berthaud *et al.* (1997) propusieron una versión modificada del modelo lineal tradicional de tres pasos (conservación, evaluación

y uso), en la que promueven el perfeccionamiento genético y el premejoramiento, con base en el conocimiento y en las actividades de los agricultores y de los mejoradores locales.

El ambiente influye, sin duda, en la expresión de los caracteres empleados en la evaluación (preliminar) de las accesiones de germoplasma. Entre los caracteres más apreciados en el fitomejoramiento están el rendimiento, el comportamiento agronómico y la resistencia a condiciones de estrés. Es obvio que una evaluación adecuada de la colección es un requisito previo importante para hacer un uso efectivo de ella, y es también una inversión considerable. El curador de un banco de germoplasma debe aprovechar cualquier oportunidad para hacer evaluar el material conservado. Cada vez más se decide investigar con marcadores moleculares la expresión de los caracteres importantes (Bretting y Widrechner, 1995). Puesto que no todos los bancos de germoplasma consideran esta actividad una responsabilidad típica de ellos, sino más bien como una tarea propia de fitogenetistas y otros usuarios, es fundamental que haya una estrecha cooperación entre quienes participan en el proceso de caracterización, con el fin de asegurar una aplicación útil de los resultados.

La técnica molecular apropiada para abordar un problema específico de manejo de germoplasma no es evidente de inmediato. El IPGRI (hoy Bioversity) publicó un boletín técnico en que proporciona a los curadores una guía para elegir la mejor técnica y la más efectiva en relación con los costos (Karp *et al.*, 1997). El CGN ofrece una actualización en línea de este tema (www.cgn.wageningen-ur.nl/pgr/).

Para facilitar la normalización de la información obtenida durante la caracterización y la evaluación, el IPGRI coordina la publicación de Listas de Descriptores, en estrecha cooperación con expertos en cultivos y curadores de bancos de germoplasma. Estas listas han sido elaboradas por consenso respecto a los descriptores de cada especie, y escritas en el idioma de los RFG que todos entienden, de manera que contribuyan a un intercambio más eficaz de información y uso del germoplasma. A la fecha en que se escribió este manual se habían publicado 85 listas de descriptores (IPGRI *et al.*, 2001; la lista actual se encuentra disponible en http://www.bioversityinternational.org/Themes/Germplasm_Documentation/Crop_Descriptors/index.asp).

5.7 Manejo de la información

Dado el impacto cada vez mayor de la globalización y la importancia política adquirida por los RFG, se ha intensificado la necesidad de tener

información sobre el germoplasma. Hay varios ejemplos del modo en que puede compartirse la información sobre el germoplasma. Está la Base de Datos de la Red de Información sobre Recursos Genéticos (GRIN) de los Estados Unidos, una base centralizada que contiene datos de pasaporte y de evaluación de las accesiones que están en el Sistema Nacional de Germoplasma Vegetal (NPGS). Están también los centros del GCIAl que poseen colecciones de germoplasma y tienen sistemas de documentación por computador; estos centros están vinculados a través de la Red de Información sobre Recursos Genéticos de los Centros del GCIAl (SINGER). Asimismo, los datos de pasaporte y los descriptores de un gran número de colecciones europeas pronto estarán disponibles en la base de datos EURISCO. Podrá disponerse libremente de toda esta información en internet. Un ejemplo en que se comparte la información relacionada con un cultivo específico es el Sistema de Información sobre Germoplasma del género *Musa* (MGIS) para el banano y el plátano, que fue desarrollado en la Red Internacional para el Mejoramiento del Banano y el Plátano (INIBAP).

La mayoría de las operaciones de rutina de los bancos de germoplasma generan una información clave para el funcionamiento efectivo del banco y para darle seguridad y eficiencia a la labor de conservación de los materiales. La mayor parte de los bancos maneja hoy los sistemas de documentación mediante computadores, lo que facilita enormemente el almacenamiento y mantenimiento de los datos, así como su recuperación. La complejidad de estos sistemas varía considerablemente de un banco a otro. Ejemplos de sistemas de documentación bien desarrollados y operativos en bancos nacionales de germoplasma son el GRIN en los Estados Unidos, el GENIS en Holanda y el del Banco de Germoplasma Nórdico en los países nórdicos.

Una síntesis útil de diversos aspectos inherentes a la documentación de los bancos de germoplasma aparece en la guía sobre documentación de los recursos genéticos (Painting *et al.*, 1993). Además, Guarino *et al.* (1995) proporcionaron información detallada sobre la forma de enfocar el manejo de la información durante la colecta de germoplasma.

5.8 Sanidad del germoplasma y cuarentena vegetal

La infección y la contaminación de las accesiones con agentes patógenos pueden causar varios problemas en el manejo del germoplasma. Además de afectar la longevidad de la semilla, es posible que la caracterización y la evaluación reciban una influencia negativa; además, los agentes patógenos se pueden difundir en la colección y destruir las accesiones susceptibles, al

igual que diseminarse en otros sitios junto con el germoplasma. Si no se trata adecuadamente, una infección creará problemas de cuarentena cuyo impacto se verá en el flujo del germoplasma. El banco debe tomar medidas adecuadas de manejo para eliminar la infección y la contaminación o, por lo menos reducirlas a un nivel tolerable. El IPGRI desarrolló un manual sobre estos temas y ha publicado una guía de sanidad del germoplasma orientada al manejo de la semilla de especies forestales (Sutherland *et al.*, 2002).

Antes de incorporar las muestras a una colección *ex situ*, es necesario averiguar si está presente en ellas alguna plaga o enfermedad (Frison y Jackson, 1995). En principio, todas las accesiones que pasen a distribución deben estar sanas para limitar así la propagación de enfermedades. Esta práctica tiene suma importancia en el caso particular de los cultivos de propagación vegetativa, porque con ellos se corre el riesgo de dispersar virus, viroides y micoplasmas. El curador del banco tendrá que diseñar una estrategia que le permita monitorear en detalle la sanidad del germoplasma, sin perder de vista los reglamentos nacionales de cuarentena. Esta tarea supondrá muchas veces emplear herramientas de diagnóstico o hacer una inspección exhaustiva de plantas provenientes de reservas de semilla para conservación y utilización. Además, cuando se trata de una transferencia de materiales de un país a otro, se pueden aplicar otros protocolos. La FAO y el IPGRI han trabajado durante años en esos protocolos y han expedido una serie de guías internacionales para el traslado seguro del germoplasma. Existen técnicas específicas para detectar infecciones virales, en especial, al igual que para detectar y erradicar otras enfermedades en varias especies vegetales.

Más información sobre el tema se encuentra en las guías de la FAO y el IPGRI para el traslado seguro de germoplasma (Diekmann y Putter, 1995). Lamentablemente, esas guías se diseñaron especialmente para los principales cultivos alimenticios. Varios bancos de germoplasma han previsto un artículo en sus ATM que los exonera de responsabilidad en caso de que aparezca una infección imprevista en el germoplasma distribuido.

5.9 Condiciones para el intercambio de germoplasma

La distribución del germoplasma a los usuarios puede considerarse el objetivo máximo de las operaciones de un banco de germoplasma, dado que es el paso que vincula la conservación y la utilización del mismo. De modo semejante, es importante que el banco reciba

nuevo germoplasma por medio de misiones de colecta o, para evitar duplicaciones, a través de programas de intercambio con otros bancos.

Hasta el establecimiento del CDB, el intercambio de recursos genéticos era libre. Aunque las variedades mejoradas provenientes del fitomejoramiento formal o de los programas de biotecnología se acogían a la protección de derechos de obtentor, se disponía de muestras de germoplasma para proseguir con ellas el fitomejoramiento y la investigación. El CDB, que favorece el intercambio bilateral, solicitó a los gobiernos reglamentar formalmente el acceso a la diversidad biológica, situación que ha conducido a una disminución en el flujo mundial de germoplasma.

El concepto de Derechos del Agricultor evolucionó a mediados de los ochenta durante la discusión del CI, y reconoció la contribución de los pueblos indígenas y de los agricultores al mantenimiento y al desarrollo de la diversidad genética. Los desacuerdos sobre este concepto provocaron una actitud renuente a otorgar acceso a la diversidad genética, puesto que no había normas claras especialmente en relación con la distribución de beneficios, otro objetivo difícil del CDB y del nuevo TI, que no había sido suficientemente aclarado ni implementado.

Aunque el CDB describe en detalle un enfoque bilateral del acceso, no requiere este enfoque. Los firmantes del Convenio están en libertad de aceptar el sistema que más les convenga. Para los recursos genéticos relacionados con la alimentación y la agricultura, en los que muchas veces no se puede determinar un país de origen, es lógico que el camino que debe seguirse es un sistema multilateral (Cooper *et al.*, 1994). El reconocimiento de este hecho fue, para los miembros de la Comisión de la FAO sobre Recursos Genéticos para la Alimentación y la Agricultura, el punto de partida en la renegociación del CI.

En resumen, el Sistema Multilateral para el Acceso y Distribución de Beneficios (SML) del TI fija las condiciones de acceso a las colecciones designadas para hacer parte de este sistema.

Los centros del GCAI, en estrecho contacto con el IPGRI y la FAO, han desarrollado y adoptado varios ATM a manera de contratos específicos para la transferencia de material genético. Varios depositarios de colecciones, tanto nacionales como institucionales, han adoptado contratos similares, en especial los miembros del Programa Cooperativo Europeo de Recursos Fitogenéticos (ECP/GR), que reglamentan el intercambio de germoplasma y su uso posterior

(ver en el Anexo 6 el texto del proyecto de ATM). Según el texto del nuevo TI, se desarrollará, a su debido tiempo, un ATM modelo para regular el intercambio que se haga bajo el SML. Todo intercambio de germoplasma que no esté amparado por el SML o por otras disposiciones del TI, será tratado como un ATM en vías de establecimiento. La VI Conferencia de las Partes en el CDB, reunida en La Haya en 2002, adoptó normas voluntarias. Más detalles sobre este tema se encuentran en la sección 2.1 de este libro.

Es de suma importancia que las accesiones de germoplasma que salgan de un banco vayan acompañadas de información relevante, es decir, de datos de pasaporte, caracterización, evaluación y manejo, además de una licencia de importación y un certificado fitosanitario cuando sean necesarios. Al mismo tiempo, es vital para el banco de germoplasma recibir información de retorno de parte de los usuarios sobre los siguientes aspectos: el comportamiento de las accesiones en los ensayos agronómicos, las actividades de mejoramiento, y los caracteres fenotípicos y genotípicos.

Algunas consideraciones estratégicas

Cada vez hay más información disponible sobre aspectos como el acceso, la distribución de beneficios, los derechos de los mejoradores y las patentes. Los temas son complejos y, a veces, entran en conflicto las posiciones de quienes tienen diversos intereses en la conservación y el uso de los RFG. Por consiguiente, se aconseja a los curadores de los bancos reflexionar sobre la elaboración de una política apropiada sobre los RFG, en particular en lo referente al acceso. Los comités nacionales de recursos genéticos que ya existan o estén en vías de establecerse son, al parecer, los organismos más indicados para elaborar o, al menos, para apoyar tales políticas y reglamentos, dado que hay en ellos representantes de las diversas partes interesadas antes mencionadas. Estos comités proporcionarán una plataforma excelente para el intercambio de ideas y opiniones.

Es importante que los curadores de los bancos de germoplasma se aseguren que tales políticas y reglamentos sean realistas y puedan ejecutarse, de que propicien el intercambio de germoplasma, y de que reciban el apoyo total de la comunidad de usuarios. Los siguientes puntos se ofrecen para que los consideren los lectores mientras desarrollan las políticas y los reglamentos:

- (i) Rara vez llega a ser óptima una legislación aprobada con premura. Una mala legislación puede obstaculizar un sistema de intercambio de materiales previamente acordado y funcional.

- (ii) La formulación de políticas nacionales basadas en normas voluntarias y en códigos de conducta que cubran el acceso al material y el acceso al conocimiento e incluyan temas sobre el consentimiento fundamentado previo y los términos aceptados por mutuo acuerdo permite validar los conceptos antes de sancionar la legislación.
- (iii) Los curadores de las colecciones *ex situ* necesitan considerar las conexiones de éstas con la conservación *in situ* en las reservas de la biosfera, en los parques nacionales y en las áreas protegidas, en especial donde los procedimientos de manejo involucran los departamentos del gobierno y las comunidades. Ellos deberán tener en cuenta los principios sobre distribución de beneficios.
- (iv) De modo semejante, para conectar la conservación *in situ* con la conservación en fincas se necesitará que las comunidades tomen decisiones en lo referente al consentimiento fundamentado previo, el acceso a los conocimientos y la protección de éstos, etc. Mientras no se documente la diversidad biológica de un pueblo, los curadores de las colecciones *ex situ* son responsables de que no se sancionen reglamentos que puedan afectar los métodos locales de manejo de la diversidad biológica, la protección del conocimiento autóctono, y el acceso de la comunidad local a los RFG.
- (v) Las estrategias que emplee un banco de germoplasma para evaluar los materiales tienen consecuencias serias en la conservación y en la utilización de éstos. Estudios moleculares recientes sugieren que es probable que la evaluación fenotípica hecha en una estación experimental sea sólo una indicación incompleta del valor de mejoramiento de una accesión, especialmente en lo que se refiere a los caracteres cuantitativos. Además de la invitación dirigida a los mejoradores para que usen las colecciones de germoplasma, la revitalización de la conservación en fincas y de la utilización tradicional del germoplasma pueden convertirse en una poderosa herramienta que sirva de alternativa a un banco de germoplasma empeñado en lograr una utilización sostenible, ya que existe la probabilidad de que esta acción revele caracteres escondidos. Una parte de este esfuerzo del banco sería el fitomejoramiento participativo. En esos casos, el organismo normativo apropiado necesita establecer un esquema de trabajo que contemple el acceso y la utilización desde el nivel local hasta el internacional. Asimismo, si se perfecciona más la metodología con que se caracteriza el potencial genético del germoplasma por medios moleculares, se habrá contribuido a mejorar la selección y la utilización de éste.

- (vi) Considerado el asunto en el campo del manejo estratégico, el banco de germoplasma puede aprender mientras actúa, en vez de esperar a que los encargados de diseñar una política le envíen esquemas de trabajo más rígidos.

5.10 Desarrollo del manual de funcionamiento de un banco de germoplasma

Mientras no se llegue a un acuerdo sobre los procedimientos y los protocolos de muchas operaciones de rutina de los bancos de germoplasma, y en vista de la cooperación cada vez mayor que se desarrolla entre estos bancos en el ámbito regional e internacional, es importante que cada banco mantenga registros exactos y detallados de sus procedimientos. El desarrollo de un manual de funcionamiento del banco facilitará su trabajo porque lo simplifica y mejora las actividades y los enfoques. Permitirá también que los miembros del personal, especialmente los recién contratados, asuman sus tareas y responsabilidades más fácilmente. Ese manual estimulará, además, la colaboración con otros bancos y hará más transparente el cumplimiento de las responsabilidades de carácter nacional e internacional, ayudando a hacerlo más confiable.

Para poder convertir los objetivos y estrategias del banco de germoplasma en acciones, el curador debe tener en cuenta, por lo menos, los siguientes puntos:

1. Conocer las normas científicas que representan buenas prácticas, y adherirse a ellas.
2. Interpretar esas normas y su interdependencia durante el proceso de traducirlas en un conjunto de procedimientos y protocolos.
3. Decidir con base en buenas prácticas, en ausencia de normas.

Para darle seguimiento a esta actividad, es importante establecer un manual detallado de procedimientos operativos para las principales actividades del banco. El manual debe escribirse en un lenguaje claro y conciso. Hasta la fecha, pocos bancos de germoplasma han desarrollado estos manuales. Entre los ejemplos recomendables están el del IRRI, en Filipinas (IRRI, 1995), el del CGN, en Holanda, que actualmente se actualiza para optar por la certificación ISO 9000 (van Hintum y Hazekamp, 1993), y el del ICRISAT, en la India (Rao y Bramel, 2000).

6. Racionalización

1. Introducción
2. Entorno del manejo de un banco de germoplasma
3. Definición de los objetivos de un banco de germoplasma
4. Consideraciones para mejorar los conceptos y estrategias de conservación y utilización
5. Procedimientos para el manejo de un banco de germoplasma
- 6. Racionalización del manejo de un banco de germoplasma**
 - 6.1 Razones para racionalizar
 - 6.2 Racionalización de la conservación
 - 6.3 Racionalización de la utilización
 - 6.4 Subdivisión de las accesiones
7. Costo financiero de mantener un banco de germoplasma en funcionamiento
8. Responsabilidad compartida
9. Referencias

6. RACIONALIZACIÓN DEL MANEJO DE UN BANCO DE GERMOPLASMA

*Ruaraidh Sackville Hamilton,
Jan Engels
y Theo van Hintum*

Se ha visto ya que los protocolos con que se maneja el germoplasma varían, a veces, considerablemente entre un banco de germoplasma y otro, dependiendo de las circunstancias particulares en que se encuentre el banco, de sus objetivos y de otros aspectos. Aunque las normas que se han publicado para los bancos de genes (FAO/IPGRI, 1994) abarcan una gran variedad de actividades de los bancos, se concentran principalmente en los procedimientos relacionados con el almacenamiento y el manejo de las colecciones de semilla ortodoxa. Asimismo, no han sido muchos los intentos de definir los procedimientos con que se optimiza el manejo –que difieren de los que se aplican en la regeneración– y existe el peligro de que los bancos de germoplasma no adopten una actitud crítica al interpretar sus propias normas y no den la debida consideración a su situación particular.

Este capítulo trata sobre la forma en que un determinado banco de germoplasma racionaliza el manejo de una colección. En él se consideran las decisiones que deben tomar el curador de un banco y el instituto relacionado con él para alcanzar un nivel óptimo de eficiencia en las operaciones del banco. No menciona el manejo coordinado de las colecciones mantenidas por diferentes bancos, el cual requiere que determinados organismos nacionales o internacionales tomen algunas decisiones. La eficiencia de la conservación y la utilización de los recursos genéticos, a nivel regional o mundial, se trata en los Capítulos 4 y 8.

6.1 Razones para racionalizar

En ciertas ocasiones, una colección se ha dejado incrementar indiscriminadamente, sin las debidas consideraciones sobre la capacidad financiera y operativa del banco, haciendo necesario racionalizarla, ya sea eliminando las accesiones no deseadas y eliminando o combinando las accesiones duplicadas.

Las entidades de financiamiento ejercen también presión sobre los curadores para que reduzcan los costos mediante la racionalización de las colecciones (un eufemismo que por lo general indica reducir el tamaño). A menudo se critica a los bancos de germoplasma porque muchas de sus accesiones (a veces la mayor parte) se solicitan muy de vez en cuando. Mantener una colección grande con poco uso es un asunto que merece discusión. La alternativa es racionalizar, es decir, reducir el tamaño de las colecciones y el costo de mantenerlas, incrementando además el uso de los materiales que contienen.

El significado convencional del término racionalizar es el de eliminar las accesiones no deseadas de toda una colección (sea ésta una colección base o de conservación). No obstante, también pueden ahorrarse costos si se mantiene disponible, para su uso activo, apenas un subconjunto de accesiones de una determinada colección, aunque se continúe conservando intacta toda la colección base. Ésta es otra forma de racionalización.

Cuando el curador de un banco de germoplasma tenga intenciones de racionalizar, debe sopesar los beneficios y los costos científicos y financieros de ambas formas de racionalización, y debe considerar las consecuencias de cada enfoque, particularmente las siguientes:

- Si se racionaliza toda la colección de conservación, las accesiones eliminadas quedarían permanentemente fuera de circulación o sería muy difícil recuperarlas. ¿Es esto aceptable?
- ¿Cuál es el riesgo de perder genes o genotipos?
- Si se racionaliza sólo la colección activa, el acceso a las accesiones eliminadas se suspendería sólo temporalmente; ahora bien, la reactivación de las accesiones de la colección base implicaría el retraso que trae consigo regenerarlas. ¿Es esto aceptable?
- Se necesita una política de reactivación para poder decidir cuál de las accesiones debe reactivarse. ¿Es posible formular una política aceptable de este tipo?
- ¿Qué medidas se van a tomar para satisfacer las solicitudes de semilla de las accesiones que no estén disponibles? ¿Son ellas parte integrante de la política de reactivación? Entre las opciones (que pueden variar entre una y otra solicitud) están las siguientes:
 - Ofrecer a cambio la semilla de una accesión similar a la solicitada (es decir, lo mismo que se hace cuando se racionaliza toda la colección).
 - Garantizarle al usuario que tendrá una muestra en un año (siguiendo las prioridades de regeneración).
 - No tomar ninguna medida. La accesión no estará disponible hasta que sea reactivada por otras razones.
- Existe el riesgo de que las accesiones no disponibles sean olvidadas y queden, por ello, permanentemente fuera de

circulación. ¿Puede reducirse este riesgo a un nivel aceptable?

- Si la justificación de la racionalización es que las accesiones están subutilizadas, el curador debe establecer la posible causa de la subutilización:
 - ¿Es porque la colección es más grande que la que se necesita para lograr los objetivos de conservación? En tal caso, se estudia la posibilidad de racionalizar toda la colección, es decir, la colección de conservación (colección base) y la de utilización (colección activa).
 - ¿Es porque sólo una fracción pequeña de la colección tiene importancia para los objetivos actuales del mejoramiento y la investigación (que, necesariamente, son más estrechos que los extensos objetivos de conservación a largo plazo)? En tal caso, se considera la posibilidad de racionalizar solamente la colección de utilización (la activa) mientras se mantiene intacta la colección de conservación (colección base).
 - ¿Es quizás porque se carece de suficiente información sobre el valor potencial de la colección? En tal caso, se estudia la posibilidad de cambiar la índole y la estructura del banco de germoplasma. Por ejemplo, se aumenta la publicidad, se inicia una colaboración proactiva con determinados usuarios, se intensifica la interacción con los usuarios, y se incrementa la competencia del personal del banco de germoplasma en las habilidades que competen a la investigación en diversidad biológica, para que el banco pueda hacer por la colaboración algo más que un mero servicio pasivo de distribución de semillas. Estos cambios pueden adoptarse en lugar de racionalizar la conservación o la utilización del germoplasma, o pueden añadirse a esta racionalización.

Debe señalarse que la subutilización no es, por sí misma, una razón para racionalizar toda la colección. Lo es para racionalizar la función de utilización, no la de conservación. El principal requisito que antecede a toda racionalización eficaz (de cualquiera de las dos formas antes mencionadas) es que debe ser posible asignar, de manera fácil, exacta y económica, un valor a cada accesión. La racionalización se da luego a la tarea de conservar las accesiones de alto valor, mientras elimina las accesiones de bajo valor. Si no se puede asignar un valor apropiado a las accesiones, la racionalización no sería eficaz y no se debe intentar. Conviene señalar también que la racionalización del material que se propaga vegetativamente puede representar una empresa de suma importancia, que permita al banco de germoplasma continuar con la conservación de los genotipos o clones más importantes (en lugar de perderlos todos). Un ejemplo de esta situación ha sido proporcionado por Nissilä *et al.* (1999).

6.2 Racionalización de la conservación

Puede ser apropiado racionalizar toda la colección base cuando es posible identificar un subconjunto de la colección original que cumpla adecuadamente los mismos objetivos de conservación. Un enfoque económico supone que el ahorro que se logra en los costos cuando se mantiene una colección más pequeña debe cubrir, durante un cierto tiempo, el costo de identificar el subconjunto que se retiene. En casi todos los casos, la racionalización de toda una colección de conservación implicará alguna pérdida de integridad genética y, por consiguiente, del valor que tiene conservar la colección como un todo. Los beneficios potenciales de la racionalización se deben ponderar respecto a las consecuencias negativas de ésta que no se puedan evitar.

- Para racionalizar toda la colección, las accesiones deben valorarse partiendo de su contribución a los objetivos de conservación del banco de germoplasma. El proceso de valorar una accesión tiene dos componentes: su importancia respecto al mandato del banco de germoplasma, y su grado de semejanza con otras accesiones de la colección. Las accesiones tienen un valor alto si son relevantes para el mandato de conservación recibido por el banco de germoplasma y si tienen características que las distinguen claramente de otras accesiones.
 - Las características *distintivas fundamentales* son la presencia de alelos específicos, de genotipos y de genomas (combinación de alelos en todos los loci o cualquier combinación de loci), así como la frecuencia de alelos, de genotipos y de genomas.
 - Las características *derivadas* son el fenotipo de la accesión (incluyendo la respuesta fenotípica al ambiente) y su origen.
- El valor de una accesión es cero si cae fuera del mandato de conservación o es genéticamente idéntica a otras accesiones de la colección.
- Las accesiones que caen dentro del mandato de conservación pero que son poco conocidas –es decir, no se puede apreciar lo que las diferencia de otras accesiones– se deben considerar de alto valor –al menos hasta que se caractericen y evalúen, y se compruebe su valor.

Eliminar accesiones no deseadas porque caen fuera del mandato del banco de germoplasma puede ser una estrategia de racionalización económica y efectiva respecto a los costos. Ahora bien, el banco debe considerar su obligación de conservar el germoplasma en una escala más amplia y determinar si las accesiones no deseadas deben ser transferidas a otro banco cuyo mandato sea diferente, en vez de simplemente destruirlas. Se recomienda por ello consultar a la FAO, al IPGRI o a las redes regionales de recursos fitogenéticos antes de destruir una accesión.

Otro enfoque que puede ser económico y efectivo respecto a su costo sería eliminar las accesiones no deseadas basándose en que fueron donadas por otro banco de germoplasma y que la entidad donante u otra cualquiera tienen su MMO. Antes de eliminar tales accesiones, el curador debe asegurarse con la fuente original de que la MMO continúa segura y es viable. Ahora bien, la eficacia de este enfoque depende de la capacidad de seguirle el rastro a la historia de tales accesiones hasta su fuente original, y esto requiere que todos los bancos de germoplasma relacionados con esa historia estén bien documentados. Asimismo, en muchos casos, especialmente en especies de polinización cruzada, la accesión habrá experimentado no sólo cambios genéticos por la deriva debida al muestreo y por la contaminación genética, sino también la alteración y la deriva ocurridas durante la regeneración, en una o varias de sus etapas, empezando en el punto en que se hace el segundo muestreo de la MMO. Antes de decidir la eliminación de una accesión donada cuya MMO, hasta donde se sabe, está segura e intacta, el curador del banco de germoplasma tendrá que ver si la amplitud y el valor probables de estos cambios genéticos dan méritos para conservar la accesión, además de que existe una MMO distante. Por ejemplo, si una muestra donada difiere de la MMO y ha sido caracterizada y evaluada intensamente, descartar la accesión donada eliminaría también datos valiosos, lo que representaría una pérdida inadmisibles.

Se está dando cada vez más atención a la racionalización de las colecciones mediante la identificación de accesiones duplicadas, y también por su combinación o eliminación. Los duplicados pueden identificarse partiendo de que tienen un origen común; así, dos accesiones que se derivan de una misma muestra original por causa del segundo muestreo, el intercambio de semillas y la regeneración son duplicados históricos. Alternativamente, los duplicados biológicos pueden definirse partiendo de su semejanza genética. El concepto de repetición biológica implica grados de semejanza que van desde la participación de alelos similares e identificados hasta tener todos los alelos presentes con frecuencias idénticas.

Los duplicados históricos son difíciles de identificar, muchas veces, por dos razones:

- la frecuente omisión de la norma de que una copia de todos los datos de pasaporte se mantenga con cada accesión; y
- los errores de mecanografía, de transcripción, de traducción o de alteración de la información.

Estas dificultades impiden la aplicación rutinaria de los programas (software) que identifican los duplicados, y exigen una comparación

manual intensiva de las accesiones, que debe ser practicada por funcionarios cuyo conocimiento de las colecciones sea excelente. Los costos laborales son, por ello, elevados y, después de todo, la confiabilidad es baja. Además, para las accesiones genéticamente heterogéneas y variables, los duplicados históricos no son, generalmente, duplicados biológicos; en consecuencia, la combinación o la eliminación de los duplicados históricos ocasionaría una pérdida de integridad genética o de diversidad genética, respectivamente, aun cuando esos duplicados pudieran ser identificados con exactitud.

Si la racionalización se debe basar en la combinación o la eliminación de los duplicados, sería preferible sin duda –desde la perspectiva de reducir al mínimo la pérdida de integridad genética de la colección resultante– determinar las accesiones que sean duplicados verdaderos (es decir, biológicos y no sólo históricos). Ahora bien, esta tarea es aún más formidable que la identificación de los duplicados históricos. Los ensayos convencionales con que se caracteriza y se evalúa el germoplasma son inadecuados para detectar los duplicados biológicos, por tres razones:

1. El objetivo de los ensayos de los mejoradores convencionales es la detección de fenotipos extremos mediante la evaluación de un gran número de accesiones. La identificación exacta del fenotipo más extremo es menos efectiva que la identificación provisional de un grupo de accesiones que incluyen, probablemente, al fenotipo extremo. Los ensayos convencionales, como tales, tienen un poder estadístico bajo, ya que usan a menudo sólo dos o tres repeticiones y aplican protocolos de calificación que, aunque rápidos, no son necesariamente exactos. Estos ensayos no tienen suficiente poder estadístico para identificar los duplicados biológicos. Para lograr este objetivo, sería necesario repetir los ensayos, hacer más repeticiones y medir con exactitud el fenotipo y el genotipo, prácticas que requerirían un costo mucho mayor.
2. La mayoría de los programas convencionales de caracterización y evaluación se basan en el fenotipo. Ahora bien, el genotipo es importante para identificar los duplicados. Actualmente se dispone de herramientas moleculares para identificar los genotipos, aunque siguen siendo mucho más costosas que los programas convencionales de caracterización y no son de uso frecuente. El problema se hace más difícil cuando la accesión consiste en una población o en una mezcla de genotipos.

3. Mayor importancia tiene el hecho de que las accesiones que difieren en genes potencialmente importantes pueden, aun empleando la metodología más precisa, considerarse incorrectamente como duplicados si no han sido caracterizadas respecto a esos genes. Siempre ocurrirá esto, a menos que se logre secuenciar todo el genoma de las plantas de cada accesión, lo que actualmente no es factible. Los ensayos convencionales y los análisis moleculares basados en marcadores aleatorios de ADN se concentran en un número muy pequeño de caracteres, y pasan por alto, ciertamente, muchas características agronómicas importantes cuya medición sería costosa, como la calidad o la tolerancia al frío, a la sequía, a enfermedades y a otras fuentes de estrés.

Esta última razón indica que es inevitable que ocurra una pérdida importante de integridad genética si los duplicados se definen simplemente midiendo su semejanza genética. Puede alegarse que el riesgo de que ocurra una pérdida inadmisibile de integridad genética al combinar dos accesiones sería pequeño cuando se sabe que éstas son duplicados tanto históricos como biológicos. Si ambas tienen el mismo origen, entonces la incapacidad de detectar diferencias entre ellas respecto a las características medidas indicaría que no han experimentado cambios genéticos desde su separación. El argumento anterior sería suficiente para sostener que dichas accesiones son duplicados biológicos en otros loci. Por otra parte, si las accesiones, aunque no tengan el mismo origen, son duplicados biológicos según los loci medidos, la probabilidad de que también sean duplicados biológicos con respecto a otros loci es sumamente baja.

Es inevitable que la racionalización de una colección de conservación lleve a decisiones apoyadas en información incorrecta. Accesiones únicas en términos biológicos se pueden identificar incorrectamente como duplicados de otras accesiones, y eliminarse o combinarse. Una protección contra tales errores es estudiar la forma de continuar almacenando las accesiones eliminadas en una colección de archivo, en vez de deshacerse de ellas. La factibilidad de esta opción depende de que el costo del almacenamiento no sea alto. Si la colección de archivo se usa de este modo, cuando se descubran errores en la racionalización las accesiones eliminadas simplemente se reincorporan a la colección de conservación. De este modo se repara cualquier daño que la racionalización haya hecho a la colección.

En conclusión:

- La racionalización de toda una colección siempre causará cierto grado de desgaste genético.

- Para identificar las accesiones duplicadas es esencial aplicar criterios tanto históricos como biológicos.
- La identificación de los duplicados históricos y biológicos es costosa.
- Es muy baja la probabilidad de que la racionalización de las colecciones mediante la identificación y combinación o eliminación de duplicados reduzca los gastos ordinarios de un banco de germoplasma, a no ser que el almacenamiento y los costos de mantenimiento sean también excepcionalmente onerosos.
- Si se desechan las accesiones descartadas, el daño genético que se le causa a una colección es permanente; por consiguiente, hay que asegurarse cuidadosamente de que los duplicados hayan sido identificados con exactitud.
- Si en vez de desechar las accesiones éstas se almacenan a bajo costo en una colección de archivo, el daño genético, teóricamente, se reduce, ya que se emplean criterios menos estrictos y, por ende, menos costosos, en la identificación de los duplicados.

6.3 Racionalización de la utilización

La racionalización de una colección activa implica conservar un solo subconjunto de la colección total disponible para distribución inmediata, dejando intacta la colección base en su totalidad; de este modo no se comprometen los objetivos de conservación. En la práctica, una colección activa racionalizada será, por lo general, un compuesto de varios subconjuntos en cuya identificación se aplicaron diferentes criterios.

Este concepto supone una pregunta fundamental, que no recibió una respuesta adecuada en el pasado: “¿Qué fracción de una colección de un banco de germoplasma debe estar disponible para uso inmediato?” Muchas veces se considera obvio que toda la colección debe estar disponible para uso inmediato. Después de todo, no hay razón para conservar *ex situ* el germoplasma a menos que éste sea utilizado. Siguiendo este pensamiento, muchos bancos reciben el mandato de facilitar el acceso a todas las accesiones de sus colecciones, lo que descarta cualquier consideración de racionalizar la colección activa. Se podría cuestionar la lógica subyacente así: se acepta que algunas accesiones no estén permanentemente disponibles cuando se racionaliza toda la colección; sin embargo, no se admite que algunas accesiones no estén temporalmente a disposición de los usuarios cuando se racionaliza la colección activa y se retienen en la colección base. Ahora bien, en un gran número de bancos de germoplasma la mayoría de las accesiones permanece allí sin uso.

Esto ocurre, en primer lugar, porque muy pocas accesiones son altamente valoradas. En general, se acepta que sólo un porcentaje mínimo del germoplasma tiene actualmente un valor agronómico alto. De la misma manera, en cualquier momento y por cualquier objetivo, sólo una fracción pequeña del acervo de genes disponible tendrá un valor alto. En este sentido carece de importancia que el objetivo sea el mejoramiento o la investigación, o que el valor del objetivo se haya definido de determinada manera. Por ejemplo, el valor que tenga una accesión para el mejoramiento o la investigación inmediatos se puede definir aplicando los siguientes factores:

- Su potencial de rendimiento (incluye los componentes del rendimiento y los factores que lo determinan, como la eficiencia fotosintética, la arquitectura del dosel de follaje, las propiedades del macollamiento, las características de sistema de raíces, etc.), su calidad (en proteína, minerales, grasas, carbohidratos, taninos, vitaminas, compuestos aromáticos, compuestos medicinales, fuerza estructural, etc.), su tolerancia del estrés (por calor, frío, sequía, inundación, enfermedad, pisoteo, volcamiento, sombra, competencia, suministro de nutrientes, compactación del suelo, etc.), y su sistema de reproducción.
- Las interacciones G x A (genotipo por ambiente) para cualquiera de los factores anteriores –incluyendo la interacción con el ambiente biótico (agricultores, plagas, agentes patógenos, competidores, simbiosis, herbívoros, polinizadores, organismos de la rizosfera) y también con el ambiente abiótico.
- El genotipo: los genes que determinan los fenotipos anteriores o su respuesta al ambiente, o los genes ligados a ellos, o los genotipos y los antecedentes genéticos que contribuyen a las interacciones de genes con genes.
- Los procesos y los mecanismos de tipo molecular, bioquímico y fisiológico y los del desarrollo, que participan en la comunicación entre el genotipo y el fenotipo y son la explicación básica de cualquiera de los factores antes mencionados.
- Los datos de pasaporte (ambiente, sistemas agrícolas y sociología) y las contribuciones de esta información al conocimiento de la distribución de la diversidad.
- Cuando se establece el valor de uso de las accesiones, lo que se ignore acerca de una accesión puede ser tan importante como lo que se sabe sobre ella. Por ejemplo, a una accesión que no tenga datos de caracterización o de evaluación debe asignársele una alta prioridad para el uso interno del banco de germoplasma, en el programa de selección del propio banco. Las accesiones recién recolectadas despiertan, muchas veces, un interés muy alto entre la comunidad de usuarios, precisamente porque su fenotipo o su genotipo son poco conocidos.

- La diferencia entre la accesión y otras accesiones en cualquiera de los términos anteriores. Por ejemplo, el estudio de las accesiones cuyos datos de pasaporte contrastan mucho entre sí es un enfoque efectivo para comprender la distribución de la diversidad genética en relación con el origen de las accesiones.

Las colecciones de germoplasma se pueden emplear para diversos fines y es probable que, para cada uno de ellos, sólo unas pocas accesiones sean útiles. En determinado momento, una organización, aun de las grandes, sólo puede acometer unos pocos objetivos, en los cuales podrán emplearse solo unas cuantas accesiones.

Independientemente de que la información de que se disponga para establecer el valor de las accesiones respecto a un objetivo dado sea insuficiente, también es poco efectivo examinar toda la colección. El concepto de colección base puede representar la primera etapa de un programa más eficaz de selección. Los resultados del examen preliminar se usarán después para definir un nuevo subconjunto de la colección que puede tener un valor mucho mayor.

No es de esperar que, en un momento dado, no se pueda emplear más que un número pequeño de accesiones de una colección de germoplasma. Las que se usen serán relevantes para los objetivos del fitomejoramiento y de los programas de investigación científica que predominen en ese momento. No se debe considerar que un banco sea deficiente porque la gran mayoría de sus accesiones no se usen. Es mucho más importante que las accesiones potencialmente útiles se puedan identificar y estén disponibles.

Racionalizar toda la colección con el fin de incrementar su utilización, como se ha recomendado muchas veces, pone en peligro el valor futuro de la colección. Los objetivos del mejoramiento y de la investigación cambian con frecuencia, lo que requiere un cambio en el patrón de uso de una colección. Esta necesidad de cambio continuo es una realidad actual y constante. Por ejemplo, en el último decenio, los objetivos del mejoramiento de gramíneas en el IGER (Instituto de Investigación de Praderas y el Medio Ambiente, Aberystwyth) han tenido que cambiar del mejoramiento del rendimiento en praderas de manejo intensivo que reciben muchos insumos al mejoramiento de la calidad, luego al fitomejoramiento de sistemas extensivos que reciben pocos insumos, más tarde a la tolerancia del estrés, y finalmente al uso recreativo (gramilla para actividades deportivas, pastizal para parques, etc.). La necesidad de disponer de recursos genéticos de gramíneas ha experimentado grandes cambios, y hubiera sido imposible satisfacerla si la colección de gramíneas del banco de

germoplasma hubiera sido racionalizada en forma inapropiada en cualquier momento del pasado.

Dadas estas razones, la suposición de que toda la colección se deba mantener en condición de acceso inmediato es discutible. Parece lógico que racionalizar una colección con el fin de aumentar la eficiencia de la utilización se deba basar en racionalizar la utilización como tal, no en racionalizar las labores de conservación. La aceptación de esta lógica sencilla tiene además la ventaja de que se pueda emprender la racionalización de toda una colección (la de conservación) simplemente con el objetivo de mejorar la eficiencia de la conservación, sin comprometer los parámetros de una utilización efectiva.

Se recomienda, por tanto, que todo banco de germoplasma que reciba el mandato de mantener todas las accesiones disponibles para distribución inmediata, considere el grado en que ese mandato reduce la eficiencia de la utilización y piense en la posibilidad de revisar el mandato.

Los párrafos anteriores señalan dos razones para emplear solamente un subconjunto de toda la colección:

- sólo algunas accesiones son útiles para los objetivos actuales, y
- aunque no se conozcan esas accesiones, el empleo de una colección núcleo es, generalmente, más eficiente respecto a los costos de manejo de toda la colección.

Hay dos componentes que corresponden al proceso de calcular el valor que representa una accesión para su uso corriente: la relevancia que tenga para los objetivos de utilización actual, y lo disímil que sea respecto a otras accesiones.

- Las accesiones tienen un alto valor de uso cuando se sabe que se diferencian mucho de otras accesiones.
- Las accesiones tienen un alto valor de uso si al presente son valoradas por los objetivos del mejoramiento y de la investigación (un punto tratado anteriormente).
- Las accesiones tienen un bajo valor de uso si sus diferencias respecto a otras accesiones son pocas o no se conocen, y si el valor que representan para los objetivos actuales del mejoramiento de la investigación es bajo.

Obsérvese que hay una estrecha correspondencia entre lo anterior y la forma en que se determina el valor que debe tener una accesión para ser conservada. En vez de tener relevancia respecto al mandato de conservación que recibe el banco de germoplasma, la relevancia que tiene respecto al mandato actual (o a los

mandatos) de utilización es más importante. En vez de destacar la duplicación genética respecto a otras accesiones, se hace énfasis en las diferencias (por genotipo o por origen) que tiene frente a otras accesiones. Obsérvese también que identificar accesiones muy diferentes entre sí es una tarea mucho más fácil que identificar accesiones duplicadas; asimismo, asignar un valor a los objetivos corrientes del mejoramiento y de la investigación exigirá, generalmente, más esfuerzo que definir la relevancia que tiene un material para un mandato de conservación.

La racionalización de la colección activa puede conducir a un ahorro significativo de costos, dadas dos condiciones:

- Cuando las colecciones de conservación (de base) y de utilización (activas) se mantienen como entidades físicamente distintas (ver Capítulo 4).
- Cuando es relativamente costoso mantener disponible para uso inmediato una accesión en la colección activa, y es relativamente económico, en cambio, conservar la accesión en una colección base. Mantener una accesión solamente en la colección base reduce los costos, pero la convierte en material no disponible para distribución inmediata.

En realidad, el banco de germoplasma podría aumentar la eficiencia de la utilización si cumple también los siguientes puntos:

- (i) El personal del banco de germoplasma puede identificar en forma eficiente, económica y exacta las accesiones que contribuirían mejor a los objetivos corrientes del mejoramiento y de la investigación. Para lograrlo, debe ser capaz de realizar lo siguiente:
 - Comprender los cambios ocurridos en los objetivos del mejoramiento y de la investigación y hacerles seguimiento, mediante la interacción y la colaboración con los usuarios primarios.
 - Comprender bien los procesos ecológicos, evolutivos, geográficos y sociológicos que controlan la distribución de la diversidad biológica en las especies incluidas en su mandato, en general, y en las de la colección, en particular.
 - Entender bien la estructura de la base de datos del banco de germoplasma.
 - Tener datos confiables y relevantes en la base de datos.
 - Ser experto en el manejo de la información, de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y del análisis estadístico.
 - Tener acceso a las herramientas de la tecnología de la información requeridas para desarrollar la pericia antes mencionada.

Estos atributos y aptitudes deben ser suficientes para que el personal del banco pueda interpretar lo que afirman los usuarios sobre sus objetivos actuales de mejoramiento y de investigación, y expresarlo como criterios de búsqueda y como un análisis formal estadístico o de SIG para identificar las accesiones que se podrían utilizar mejor.

- (ii) Se constituye una colección núcleo convencional –o sea, un subconjunto de toda la colección diseñado para contener la mayor parte de la diversidad genética presente en la colección completa– para satisfacer las solicitudes que no pudieron predecirse en el proceso anterior. En la mayoría de los casos, los posibles usuarios piden accesiones que no están disponibles de inmediato; sin embargo, se les puede ofrecer una accesión genéticamente similar que esté en la colección núcleo.
- (iii) La mayor parte de las solicitudes de semillas provienen de usuarios y colaboradores con quienes el personal del banco de germoplasma puede interactuar estrechamente. Esta situación reduce el número de solicitudes que se satisfacen ofreciendo accesiones similares de la colección núcleo, y garantizan que tales solicitudes sean solamente de usuarios ocasionales que contribuyen poco a los objetivos del banco de germoplasma.
- (iv) El desarrollo de los puntos anteriores implica dos niveles en la estructura del grupo de usuarios: los colaboradores que tienen prioridad, cuyas necesidades se consideran y se analizan cuidadosamente y para quienes se racionalizan las colecciones activas, y los usuarios casuales cuyas necesidades recibirían menor atención que en el primer caso. Esta diferencia puede ir contra el mandato de algunos bancos de germoplasma. En ciertos casos, como en el de los centros del GCAI, el mandato mundial que han recibido no puede enmendarse. Hay también casos en que los curadores desearían estudiar la posibilidad de lograr, en forma más eficiente y completa, los objetivos que tiene el banco de germoplasma respecto a la utilización, mediante la conformación de una red de colaboradores prioritarios.
- (v) Debe establecerse un protocolo rutinario, según el cual los miembros del personal del banco de germoplasma revisaren continuamente los objetivos del mismo y reevalúen las accesiones que sean más valiosas en el momento. No se debe permitir que las accesiones permanezcan indefinidamente sin usar y olvidadas.

6.4 Subdivisión de las accesiones

Conservación

En ciertos casos, la subdivisión de accesiones genéticamente variables puede contribuir a la conservación puesto que reduce la variación genética dentro de las accesiones. A su vez, esta reducción disminuye los cambios genéticos derivados de las submuestras y de la regeneración.

En general, este enfoque es efectivo solamente para accesiones de especies endógamas que contienen una mezcla física de dos o más líneas puras diferenciadas. Ahora bien, la división puede alterar la integridad genética de una raza nativa, aunque sería posible recrear la raza nativa original combinando simplemente las líneas que la componen. Los agricultores mantienen algunas razas nativas (por ejemplo, de frijol común y de sorgo) como mezclas. El agricultor recrea cada año las mezclas cuando selecciona la mezcla apropiada de semillas de la cosecha anterior. En este caso, la subdivisión de la accesión en sus componentes ayudaría a mantener mejor la integridad genética.

Para las especies exógamas, la subdivisión de las accesiones rara vez ayudaría a conservar su integridad genética.

Utilización

La subdivisión de las accesiones genéticamente variables puede promover la utilización porque separa los alelos o los genotipos que tienen una importancia especial para los fitomejoradores y los investigadores.

La subdivisión de una accesión facilitaría su utilización cuando hay alelos o genotipos cuyo valor intrínseco los hace más utilizables si se separan del resto de la accesión. Ahora bien, la subdivisión multiplica el número de entidades que se deben mantener y, por consiguiente, es probable que aumente los costos del mantenimiento. Por consiguiente, cuando se decida subdividir, hay que considerar si el aumento del valor compensa el aumento del costo.

¿Quién debe decidir si hay que subdividir? ¿Quién debe mantener luego el material subdividido? ¿Se debe conservar también la muestra original? No hay ninguna respuesta sencilla a estas preguntas. El usuario puede tomar esa decisión; no obstante, si el banco de germoplasma está suficientemente familiarizado con los objetivos corrientes del mejoramiento y de la investigación, puede adelantarse a subdividir con el fin de animar a los usuarios que tal vez usarían aquellos alelos o genotipos cuyo valor potencial

es reconocido por el banco. Este último enfoque requiere que el banco mantenga un alto nivel de interacción con los usuarios, y puede ser muy eficaz si los procedimientos de caracterización y de evaluación del banco permiten lograr una identificación efectiva de las variantes entre las accesiones.

Si el usuario es un mejorador, estaría bien que las líneas subdivididas que interesan se incorporen en la colección del mejorador y que sólo la accesión original sea retenida por el banco de germoplasma. Esta práctica no implica ningún costo para el mantenimiento del banco. Si el usuario es un científico que no tiene una colección de trabajo, las líneas subdivididas se perderán a menos que se incluyan en el banco de germoplasma.

Los detalles sobre el asunto de agrupar o dividir accesiones pueden consultarse en Sackville Hamilton *et al.* (2002) (disponible en el sitio http://www.biodiversityinternational.org/Publications/pubfile.asp?ID_PUB=800), y en el trabajo de van Hintum *et al.* (2001).

1. Introducción
2. Entorno del manejo de un banco de germoplasma
3. Definición de los objetivos de un banco de germoplasma
4. Consideraciones para mejorar los conceptos y estrategias de conservación y utilización
5. Procedimientos para el manejo de un banco de germoplasma
6. Racionalización del manejo de un banco de germoplasma
7. Costo financiero de mantener un banco de germoplasma en funcionamiento
 - 7.1 Introducción
 - 7.2 Economía básica de las operaciones de un banco de germoplasma
 - 7.3 Análisis del costo de funcionamiento de un banco de germoplasma
 - 7.4 Ejemplo: Conservación del trigo en el banco de germoplasma del CIMMYT
 - 7.5 Consecuencias de adicionar o eliminar accesiones
8. Responsabilidad compartida
9. Referencias

7. COSTO FINANCIERO DE MANTENER UN BANCO DE GERMOPLASMA EN FUNCIONAMIENTO

Bonwoo Koo
y Melinda Smale

Puesto que hoy más que antes se espera que los bancos de germoplasma funcionen en forma más eficiente respecto a sus costos, y dada la importancia de que el curador disponga de datos muy detallados de esos costos para estar bien informado a la hora de tomar decisiones, este capítulo trata sobre aspectos que dan al lector una mejor comprensión tanto de la teoría como de la metodología empleadas para calcular esos costos e interpretarlos correctamente.

7.1 Introducción

Aunque el tamaño de las colecciones *ex situ* ha aumentado mucho durante los últimos decenios, es poca la información disponible sobre temas fundamentales de éstas, como los beneficios económicos que trae la conservación del germoplasma o los costos que implica. El progreso teórico logrado en el cálculo de los beneficios ha sido obstaculizado por el hecho de que los recursos genéticos de especies cultivadas generan valores de muchas dimensiones. Los adelantos logrados en el análisis empírico también han sido frenados por dificultades de medición; en efecto, sólo algunas dimensiones del valor de los recursos genéticos de los cultivos se manifiestan en los precios del mercado (la taxonomía que hace un economista de los valores asociados con los recursos genéticos de las especies cultivadas se presenta en el Recuadro 2, con referencias relevantes.)

A diferencia de los beneficios económicos de conservar el germoplasma *ex situ*, los costos de esa conservación se pueden calcular directamente compilando los datos de los registros que mantienen los curadores de los bancos de germoplasma (Burstin *et al.*, 1997; Epperson *et al.*, 1997; Pardey *et al.*, 2001). Una razón para concentrarse en los

costos más que en los beneficios es la siguiente: si se demuestra que los costos de conservar una accesión son menores que cualquier cálculo prudente y conservador de los beneficios, quizás no sea necesario, para tomar muchas decisiones, emprender el ejercicio agotador de calcular esos beneficios. En todo caso, la información sobre los costos es crucial cuando el curador del banco va en pos del objetivo de reducir al mínimo los costos operativos, en el contexto de la tecnología y las finanzas de que dispone.

Este capítulo proporciona un marco económico que permite calcular los costos de funcionamiento de un banco de germoplasma, y que sirve a los curadores para hacer preguntas que les interesan. Después de una breve presentación de algunos antecedentes del aspecto económico del funcionamiento de un banco de germoplasma, se resume la metodología empleada para calcular los costos. Esta metodología se ilustra en la sección final, donde se presentan apartes de un estudio integral del banco de germoplasma del CIMMYT elaborado por Pardey *et al.* (2001). Sin embargo, se advierte que el ejemplo que se presenta aquí se aplica más directamente a especies vegetales que se pueden conservar como muestras de semilla. Por consiguiente, aunque el esquema se puede adaptar a especies con otra modalidad de reproducción, es probable que el cálculo de los costos varíe sustancialmente entre un cultivo y otro (por ejemplo, papa respecto a trigo o a maíz) y según el estado de mejoramiento del material (cebada silvestre respecto a cebada cultivada).

7.2 Economía básica de las operaciones de un banco de germoplasma

El esquema de la economía de producción proporciona un enfoque ilustrativo para analizar la infraestructura y el funcionamiento de un banco de germoplasma.

La noción esencial de la economía de producción es que se obtienen productos mediante una combinación de insumos. Las instituciones y el entorno tecnológico que prevalecen en determinado momento predeterminan la combinación de los insumos; esos factores, sin embargo, cambian con el transcurso del tiempo.

Apliquemos este esquema a un banco de germoplasma: los insumos trabajo, equipo y semillas o material de siembra adquiridos se procesan para generar productos en la forma de semillas almacenadas y viables y de información que las acompaña. Las semillas adecuadamente almacenadas y otros materiales, junto con

la información relevante, se pueden diseminar para ser utilizadas de inmediato, o se pueden almacenar en una instalación apropiada como opciones que podrían ejercerse (varias veces, si fuere necesario) en los años siguientes.

Los costos totales del funcionamiento de un banco de germoplasma se clasifican, en general, como costos variables (mano de obra y otros diferentes de ésta), de capital y cuasifijos. Los insumos cuasifijos frecuentemente se denominan 'capital humano' y se refieren a la mano de obra capacitada y competente en el campo científico, como los curadores y los científicos de los laboratorios. Los técnicos y los trabajadores temporales, o los que se pagan por horas, se consideran un insumo variable de mano de obra. Desde el punto de vista práctico, llamamos insumos variables a los que son sensibles a las dimensiones del funcionamiento del banco, insumos de capital a los que no lo son, e insumos cuasifijos a un grupo de insumos que no son ni fijos ni variables, sino

Recuadro 2. Una taxonomía del valor y algunas referencias clave

Las categorías más generales del valor derivado de los recursos genéticos de especies cultivadas son el *valor de uso* y el *valor de no uso*. Los valores de no uso, a veces denominados valores de existencia, reflejan la satisfacción que los individuos o las sociedades pueden obtener cuando saben, simplemente, que un ser existe, prescindiendo del uso que pueda hacerse de él (Krutilla, 1967). Ahora bien, es difícil imaginar que muchas personas (a excepción de unos pocos especialistas) deriven placer sólo de asegurarse de que los recursos genéticos de las especies cultivadas están alojados en algún sitio en un banco de germoplasma. Por su parte, las especies cultivadas se conservan precisamente porque se sabe que poseen alelos que pueden ser útiles a la sociedad. La mayor parte del valor asociado con las accesiones de una colección de un banco de germoplasma se deriva de su uso más que de su mera existencia. El valor de uso comprende el valor del uso *actual* y el valor del uso que se espera en el *futuro*, así como el valor de conservar la flexibilidad para responder a algún suceso desconocido en el futuro: éste se denomina *valor de opción*. Existen muchas revisiones y encuestas sobre las fuentes del valor económico de los recursos genéticos de especies cultivadas, entre ellas la de Pearce y Moran (1994) y la de Swanson (1996).

El valor de uso, tanto actual como futuro, se puede calcular empleando los precios del mercado en que se comercian los productos o bienes, como el grano o la semilla. Podemos usar formularios de 'análisis hedónico' para comprobar el valor actual de mejoramiento de la productividad de los recursos genéticos de especies cultivadas incorporado en las variedades cultivadas (Evenson y Lamarié, 1998). Una colección de un banco de germoplasma, a diferencia de una colección de trabajo de un mejorador, existe principalmente para responder a retos futuros e imprevistos y, por consiguiente, el valor que se espera del uso futuro de ella es un componente importante de su valor total. Es posible calcular, aunque con cierta dificultad metodológica y varias restricciones, un valor presente de los beneficios futuros que se esperan del uso directo del germoplasma en el mejoramiento de los cultivos. Este cálculo combina la probabilidad de encontrar un material útil con el beneficio que daría su productividad predicha, una vez que el material haya sido hallado e incorporado en nuevas variedades. El tiempo requerido para buscar genes útiles e incorporarlos en un germoplasma bien adaptado afecta seriamente la magnitud de los beneficios esperados, a causa del valor temporal del dinero.

‘agrupados’. Un insumo cuasifijo es ‘agrupado’ en el sentido de que es una unidad indivisible que no se puede ajustar fácilmente a la fluctuación de la amplitud de las operaciones del banco; es variable cuando se ajusta más fácilmente que un elemento de capital como sería un edificio.

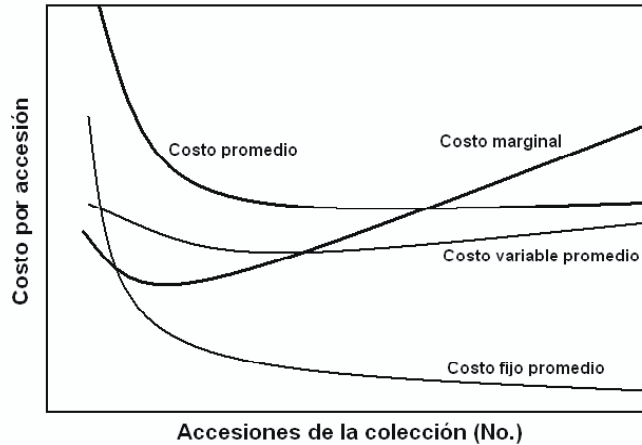
Los costos de cada clase se pueden agrupar luego como costos promedio y costos marginales. Por ejemplo, el costo promedio anual de almacenamiento se puede calcular como el costo total de almacenamiento de una colección, en cualquier año, dividido por el número de accesiones que la conforman. Según el tipo de insumos usados en la producción, el costo promedio se puede representar como promedio de los costos variables, como promedio de los costos fijos o como la suma de ambos. En el caso del almacenamiento, los costos fijos promedio decrecen de manera consistente a medida que aumenta el número de accesiones, a menos que haya que construir un nuevo edificio. En cambio, la

El concepto de valor de opción es similar al del valor esperado del uso futuro, aunque se diferencia de él en la práctica. Por ejemplo, se pueden usar registros antiguos de la incidencia de los cambios ocurridos, ya sea en los agentes patógenos de la roya o en los brotes de plagas graves, para predecir el valor futuro que se espera de cierto tipo de accesiones que serán el origen de nuevas fuentes de resistencia a una plaga conocida. Hay, sin embargo, algunas plagas y determinados sucesos ambientales de los cuales no se tiene ningún conocimiento previo. Las accesiones y las colecciones de accesiones pueden tener un valor de opción relacionado con esta incertidumbre, aunque la determinación de ese valor es difícil.

Los recursos genéticos de especies cultivadas son bienes públicos y, en general, los precios del mercado no llegan a captar todo el valor de esos bienes. Los cambios que han experimentado recientemente los derechos de propiedad intelectual pueden alterar la característica esencial de bien público que tienen los recursos genéticos de las especies cultivadas; sin embargo, es probable que persista el problema de depender de los precios del mercado para asignar un valor a la corriente de beneficios de uso directo que genera el uso de accesiones en el mejoramiento de los cultivos. Finalmente, las accesiones de los bancos de germoplasma tienen múltiples usos, actuales y futuros, distintos de su uso directo en el mejoramiento de nuevas variedades de especies cultivadas; muchos de esos usos son un aporte a otro tipo de bien público, como el conocimiento.

Junto a las revisiones de las fuentes de valor han aparecido modelos económicos teóricos que analizan el valor de los recursos genéticos (por ejemplo, Brown y Goldstein, 1984; Weitzman, 1993; Polasky y Solow, 1995; Simpson *et al.*, 1996; Evenson y Lamarié, 1998). Se han publicado, en cambio, pocos ejemplos en que se usen datos empíricos para calcular el valor de las colecciones de los bancos de germoplasma. Evenson y Gollin (1997) siguieron el flujo del germoplasma de arroz desde el International Rice Research Institute (IRRI) hasta las variedades mejoradas que se cultivan en el mundo en desarrollo, y calcularon que por cada 1000 accesiones que se agregaban a la colección se asociaba un ingreso anual de \$325 millones de dólares expresados como valor presente. Gollin *et al.* (2000) estudiaron varios casos de búsqueda de resistencias en el germoplasma almacenado en una colección de trigo del banco de germoplasma del CIMMYT, e hicieron inferencias sobre el tamaño óptimo de una colección y sobre las condiciones en que las accesiones marginales tendrían un valor alto (y aquellas en que no lo tendrían). Zohrabian (2000) calculó el valor conservador de una accesión que se agregara a la colección de soya de los Estados Unidos y concluyó que, aunque el valor no fuera grande en términos absolutos, justificaba con creces el costo de mantenerla.

Figura 2. Curvas hipotéticas del costo promedio y del costo marginal por accesión.



curva de costos variables promedio tiene generalmente forma de U (Figura 2). En cuanto el número de accesiones sobrepasa los niveles bajos, el funcionamiento del banco se hace más eficiente y el costo variable promedio decrece. Después de que este costo llega a un nivel mínimo determinado, aumenta cuando crece el número de accesiones puesto que hay un uso excesivo de recursos variables, dados unos factores fijos. Los costos marginales del almacenamiento estarían en el aumento que experimenta el costo total de almacenamiento cuando se agrega otra accesión a la colección.

En la práctica, es difícil calcular los costos marginales, aun contando con una serie larga de datos históricos, ya que dependen del tamaño de la colección. A menudo se aplican principios teóricos para 'adivinar' el costo marginal. Podemos suponer lo siguiente:

- en el intervalo en que el tamaño de la colección es relevante, los costos marginales son constantes;
- los curadores operan en el punto de mayor eficiencia posible, donde los costos promedio han alcanzado un nivel mínimo y son iguales a los costos marginales;
- el capital o los insumos cuasifijos se emplean a una capacidad cercana a la plena, de modo que el costo marginal sea siempre menor que el costo promedio.

Por razones prácticas por lo general se supone que se presenta el tercer caso y los costos promedio se interpretan como el límite superior de los costos marginales correspondientes.

7.3 Análisis del costo de funcionamiento de un banco de germoplasma

Datos

El Cuadro 1 presenta ejemplos de elementos de costo de cada operación del banco de germoplasma y según el tipo de insumo. Todo el personal con títulos de posgrado se ha clasificado como mano de obra cuasifija, aunque la función que desempeñan los miembros del personal, más allá del grado o del título que tengan, es el criterio importante. Muchas veces se emplean tasas comerciales de rédito como una apreciación del costo anual del capital. Si no se dispone de estos datos, los datos sobre los precios de compra y la vida útil esperada de un artículo, combinados con una tasa de interés real (tasa de interés nominal menos tasa de inflación), son todo lo que se necesita para calcular directamente los primeros (ver la ecuación, más abajo):

El costo de usuario, por año, de un elemento de capital que es adquirido en el tiempo cero por X dólares, y cuya vida útil es de n años, a una tasa de interés r, está dado por:

$$PV_0^n = X + \frac{X}{(1+r)^1} + \frac{X}{(1+r)^2} + \frac{X}{(1+r)^3} + \dots = \frac{X}{1-a^n} \text{ donde: } a = \frac{1}{1+r} < 1$$

- La categoría *manejo de la información* incluye todas las actividades relacionadas con el manejo de bases de datos y publicaciones. Los honorarios por las licencias de uso de programas (software) y la mano de obra experta en las operaciones de la base de datos representan una porción considerable de los costos del manejo de la información.
- En *administración general* se incluyen todas las operaciones administrativas y otras actividades que no pueden colocarse directamente en una categoría específica de costo. Los servicios de electricidad, las instalaciones correspondientes y las computadoras, que se pueden emplear en otras operaciones pero cuyo costo total no se puede desagregar, se clasifican también en esta categoría. Los elementos de capital cuyo cobro se basa en un contrato de alquiler dentro de la organización, como las computadoras o los vehículos, se pueden considerar como costos no relacionados con la mano de obra, y no se tratan como costos del capital. La administración abarca todas las operaciones del banco de germoplasma, y su costo se debe asignar a cada operación individual según la complejidad del manejo de ésta y su importancia relativa.
- Los principales elementos de costo en la categoría *almacenamiento de semillas* son la electricidad para el sistema de refrigeración y los bienes de capital.

Cuadro 1. Ejemplos de elementos de costo del funcionamiento de un banco de germoplasma.

Operaciones (categorías)	No relacionadas con capital			De capital
	Cuasifijas	Mano de obra	Diferentes de mano de obra	
Manejo de la información (incluyendo análisis de datos)	<ul style="list-style-type: none"> Administrador de la información Analista de información 	<ul style="list-style-type: none"> Para transcripción de datos Para mantenimiento del equipo 	<ul style="list-style-type: none"> Insumos para computador Gastos relacionados con publicaciones Licencias de programas de computador 	<ul style="list-style-type: none"> Servidores Equipo para computadores
Administración general	<ul style="list-style-type: none"> Jefe o curador del banco de germoplasma 	<ul style="list-style-type: none"> Secretarías Mano de obra no asignable 	<ul style="list-style-type: none"> Gastos de oficina Electricidad Gastos no asignables 	<ul style="list-style-type: none"> Edificios Equipo no asignable
Almacenamiento (a mediano y a largo plazos)	<ul style="list-style-type: none"> Curador del banco de germoplasma 	<ul style="list-style-type: none"> Para mantener y hacer funcionar el equipo y las instalaciones de refrigeración 	<ul style="list-style-type: none"> Electricidad para los cuartos de almacenamiento 	<ul style="list-style-type: none"> Cuarto de almacenamiento en frío Equipo de refrigeración Estantería para almacenaje y recipientes para semillas
Pruebas de viabilidad	<ul style="list-style-type: none"> Curador del banco de germoplasma 	<ul style="list-style-type: none"> Técnico laboratorista Operario 	<ul style="list-style-type: none"> Productos químicos e insumos 	<ul style="list-style-type: none"> Instalaciones y equipo para el laboratorio
Adquisición	<ul style="list-style-type: none"> Curador del banco de germoplasma Científico encargado de las pruebas de sanidad de las semillas 	<ul style="list-style-type: none"> Técnico laboratorista Operario temporal 	<ul style="list-style-type: none"> Productos químicos e insumos Sobres para guardar semillas 	<ul style="list-style-type: none"> Instalaciones y equipo para el laboratorio
Duplicación de seguridad	<ul style="list-style-type: none"> Curador del banco de germoplasma 	<ul style="list-style-type: none"> Operario temporal 	<ul style="list-style-type: none"> Elementos de empaque Costos de envío 	
Distribución	<ul style="list-style-type: none"> Curador del banco de germoplasma 	<ul style="list-style-type: none"> Técnico laboratorista Operario temporal 	<ul style="list-style-type: none"> Productos químicos e insumos Elementos de empaque Costos de envío 	<ul style="list-style-type: none"> Equipo e instalaciones
Regeneración	<ul style="list-style-type: none"> Curador del banco de germoplasma Supervisor de campo 	<ul style="list-style-type: none"> Trabajador de campo Técnico para el equipo Operario temporal 	<ul style="list-style-type: none"> Productos químicos e insumos para labores de campo Combustible para vehículos Electricidad para la máquina secadora 	<ul style="list-style-type: none"> Parcelas de campo Casa de malla Secador de semillas Equipo para limpiar semilla
Caracterización	<ul style="list-style-type: none"> Supervisor de campo Científico para trabajos de laboratorio 	<ul style="list-style-type: none"> Trabajador de campo para la caracterización agronómica Técnico de laboratorio para caracterización molecular 	<ul style="list-style-type: none"> Productos químicos e insumos de laboratorio 	<ul style="list-style-type: none"> Equipo e instalaciones para el laboratorio
Evaluación	<ul style="list-style-type: none"> Supervisor de campo Científico para trabajos de laboratorio 	<ul style="list-style-type: none"> Técnico de laboratorio Trabajador de campo 	<ul style="list-style-type: none"> Productos químicos e insumos de laboratorio 	<ul style="list-style-type: none"> Equipo e instalaciones de laboratorio
Premejoramiento	<ul style="list-style-type: none"> Supervisor de campo Científico para trabajos de laboratorio 	<ul style="list-style-type: none"> Técnico de laboratorio Trabajador de campo 	<ul style="list-style-type: none"> Productos químicos e insumos de laboratorio 	<ul style="list-style-type: none"> Equipo e instalaciones de laboratorio
Otras investigaciones	<ul style="list-style-type: none"> Curador del banco de germoplasma Científico para trabajos de laboratorio 	<ul style="list-style-type: none"> Técnico de laboratorio 	<ul style="list-style-type: none"> Productos químicos e insumos de laboratorio 	<ul style="list-style-type: none"> Equipo e instalaciones de laboratorio

- El costo de las *pruebas de viabilidad* comprende los suministros y el trabajo de los técnicos de laboratorio.
- La categoría *adquisiciones* incluye los costos de sanidad de la semilla y la manipulación de las semillas. Aquí también se podría incluir el costo de la colecta en regiones remotas.
- Tanto la *duplicación de seguridad* como la *distribución* incluyen el empaque y el despacho de las muestras de semilla, aunque la distribución es mucho más frecuente y costosa que la duplicación. Cuando se solicitan certificados fitosanitarios, hay que asignar una parte de los costos de las pruebas de sanidad de la semilla (entre otros, los elementos de capital) a la categoría de costos de distribución.
- La *regeneración* es una de las actividades más costosas en la operación de un banco de germoplasma. Esta categoría incluye tanto el trabajo de campo (preparación de la tierra, siembra, deshierba, cosecha, etc.) para la producción de las semillas, como el procesamiento de las semillas (por ejemplo, el secado y la limpieza) para almacenamiento.

Análisis económico de los datos

Una vez evaluado cada elemento del costo y cuando los costos de administración han sido asignados ya a las operaciones, se pueden examinar la composición general de los costos y la magnitud relativa de cada elemento. La suma de todos esos elementos representa entonces el costo económico total de hacer funcionar, durante un año, el banco de germoplasma.

Conviene destacar que el costo económico anual que se calcula aquí puede diferir del presupuesto anual del banco de germoplasma en varios aspectos³:

- Primero, los costos fijos se pueden omitir en el presupuesto de un banco de germoplasma pero pueden incluirse en sus costos económicos. Si uno de estos bancos se maneja como parte de una institución más grande, comparte algunos servicios administrativos (servicios de biblioteca, financieros y de seguridad) con otros programas⁴.
- Segundo, el costo de las operaciones que afectan a todos los programas, como las pruebas de sanidad de semilla, se debe asignar según la relación proporcional establecida por el banco de germoplasma, aunque un presupuesto anual del banco puede incluir todos esos costos o ninguno de ellos.
- Tercero, los costos de capital proyectados para un año (incluyendo aquí los costos de las instalaciones físicas, de la tierra y de equipos que han sido donados) están plenamente representados en el costo económico, y sólo se considerarían parcialmente en un presupuesto anual.

³ Aunque las instituciones se han esforzado por lograr una transparencia financiera total mediante la contabilidad de 'costos económicos totales', el presupuesto anual sigue siendo diferente del costo económico que aquí se define.

⁴ Una manera de apreciar tales costos es multiplicando los costos relevantes del banco de germoplasma por la tasa de gastos fijos de la institución.

El costo promedio de cada operación se calcula dividiendo el costo total por el número de accesiones procesadas. Luego se puede comparar el costo promedio de varias operaciones o el de una sola operación en tiempos diferentes para mostrar la eficiencia. También dentro de este contexto se pueden hacer preguntas relacionadas con la agrupación y la separación de las accesiones. Partiendo de estas cifras, podemos calcular el costo promedio de almacenar una accesión durante un año o a perpetuidad. Por razones prácticas, como se explicó antes, el costo promedio se puede tomar, a su vez, como una apreciación del costo marginal.

El costo promedio de almacenar una accesión depende en gran medida del estado de cada accesión y del protocolo que emplee el banco de germoplasma. Si la accesión es viable y hay suficiente cantidad de ella almacenada, entonces el costo de conservarla durante un año es muy bajo. Si hay que regenerarla, ya sea porque su viabilidad es baja o porque la reserva que queda de ella es pequeña, ese costo incluiría la regeneración y las pruebas de viabilidad. La misma lógica se aplica al costo de distribuir las accesiones a los usuarios.

El costo total de conservar una accesión a perpetuidad depende no sólo del estado de la accesión sino también del tiempo que se emplee en cada operación y de la tasa real de interés. En su mayoría, los bancos de germoplasma tienen protocolos para los intervalos que separan algunas operaciones como las pruebas de viabilidad, la regeneración y la distribución. Por ejemplo, dependiendo del cultivo, el intervalo entre las pruebas de viabilidad se puede fijar entre 5 y 10 años, y el intervalo entre las operaciones de regeneración puede variar de 20 a 30 años para semillas almacenadas a mediano plazo y puede llegar a ser de 100 años para las que se almacenan a largo plazo. La magnitud de la demanda que tenga la accesión afectará todavía más el intervalo de regeneración. Cuando la demanda por una accesión es muy fuerte, es necesario regenerarla más a menudo para que la reserva no se agote. Si bien es difícil predecir el patrón de solicitud de muestras de semilla, es posible calcular el intervalo de distribución empleando datos históricos de la misma. En cuanto a las tasas de interés, se puede suponer que varían entre un 2% y un 6%.

7.4 Ejemplo: conservación de trigo en el banco de germoplasma del CIMMYT

A modo de ilustración, presentamos algunos resultados de un estudio hecho por Pardey *et al.* (2001) para calcular los costos de funcionamiento de los bancos de germoplasma de trigo y de maíz en la sede del Centro Internacional para el Mejoramiento de Maíz y

el Trigo (CIMMYT), en México. La meta del estudio fue determinar si se justificaba conservar continuamente las accesiones del banco de germoplasma, y evaluar el nivel de los compromisos financieros de largo plazo que se requerirían para lograr esa conservación.

Enseguida se recorren los principales pasos de ese análisis en relación con la colección de trigo del CIMMYT. Para detalles sobre los supuestos relacionados con la colección de maíz, y sobre una interpretación y algunos análisis adicionales de la misma, se sugiere a los lectores consultar el artículo publicado.

Los Cuadros 2 y 3 contienen información sobre el costo de los insumos usados para conservar y distribuir 123,000 accesiones de trigo del banco de germoplasma del CIMMYT (en US\$, a menos que se indique otra moneda). Los costos del aporte de capital se muestran en el Cuadro 2. Partiendo de las normas del GCIAI sobre la depreciación del capital, se asume una vida útil de 7 años para los vehículos, 10 años para el equipo y hasta de 40 años para las instalaciones físicas. Los autores emplearon el costo actual de la reposición en vez del precio histórico de compra con el fin de garantizar una serie de costos coherente para todos los elementos de capital, prescindiendo del año en que se compraron. Los costos del capital proyectados para un año, que se encuentran en la columna derecha del Cuadro 2, se derivan aplicando una tasa de interés del 4%.

En el Cuadro 3 se incluyen todos los costos anuales de funcionamiento relacionados con la conservación y la distribución del germoplasma de trigo. Los números entre paréntesis bajo cada título de columna se refieren al número de accesiones procesadas para esa operación. Por ejemplo, en 1996 se adquirieron 5,800 nuevas accesiones y se distribuyeron 14,250 muestras. La tasa de costos fijos que se aplica es la oficial del CIMMYT, o sea, 22.14%⁵. Los costos que aparecen en la columna titulada 'Capital' en el Cuadro 3 son los costos proyectados para un año que se toman del Cuadro 2. En el Cuadro 3, una parte de los costos de capital asociados con las pruebas de semilla del Cuadro 2 se han asignado a adquisición y otra parte a distribución.

Los costos totales de los Cuadros 2 y 3 se resumen en el Cuadro 4, y se calcula un costo promedio para cada tipo de operación. Los costos de la información y de la administración general se asignan, en el Cuadro 3, a cada operación.⁶ El costo variable total es la suma del costo total de la mano de obra y de actividades no relacionadas con mano de obra. El promedio de los costos cuasifijos y variables es la base del análisis económico de los costos de conservación que se presenta a continuación.

⁵ Los métodos para calcular las tasas de gastos fijos varían según la institución. Aquí, la tasa de gastos fijos representa la relación entre los costos indirectos (administración central, biblioteca, seguridad, servicio de bioinformática, etc.) y el costo directo (costo de la investigación).

⁶ La porción de costos administrativos asignada a cada operación es 15% para almacenamiento a mediano plazo, 5% para almacenamiento a largo plazo, 5% para adquisición, 10% para pruebas de germinación, 35% para regeneración, 5% para duplicaciones y 25% para distribución (estas porciones se calcularon mediante entrevistas con curadores de bancos de germoplasma).

Análisis económico

Pardey *et al.* (2001) calcularon que el gasto que se hacía anualmente para conservar el germoplasma de trigo en el banco de germoplasma del CIMMYT era de \$326,785, pero esta cifra se ajustó más tarde y se redujo a \$270,138 puesto que hubo algunos costos de regeneración excepcionales durante el año estudiado (Cuadro 4). Cerca del 64% del costo anual incluía la mano de obra (tanto la mano de obra como el costo cuasifijo), y aproximadamente un cuarto del costo total se relacionaba con aportes de capital.

Cuadro 2. Costo anual de los aportes de capital (US\$) requeridos para conservar el germoplasma de trigo en el CIMMYT.

Fuente: Pardey *et al.* (2001)

Elemento	Vida útil (años)	Costo de reposición (US\$)	Costo por un año (US\$)
Almacenamiento a mediano plazo		277,765	19,979
Instalación para almacenar	40	174,051	8,455
Equipo de almacenamiento	10	81,979	9,718
Sistema alternativo de energía	10	8,205	973
Contenedores de semillas	25	13,530	833
Almacenamiento a largo plazo		274,485	19,753
Instalación para almacenar	40	174,051	8,455
Equipo de almacenamiento	10	81,979	9,718
Sistema alternativo de energía	10	8,205	973
Aparato para sellar al vacío	10	2,000	237
Contenedor de semillas	50	8,250	369
Pruebas de germinación		12,650	1,052
Instalación para las pruebas	40	6,400	311
Cámara de germinación	10	6,000	711
Otros equipos de laboratorio	10	250	30
Regeneración		206,500	23,464
Casa de malla	10	112,000	13,277
Cámara de crecimiento	10	12,000	1,423
Equipo para secar semillas	10	25,000	2,964
Instalación para procesar semillas	40	30,000	1,457
Equipo para procesar semillas	10	1,500	178
Vehículo	7	26,000	4,165
Pruebas de sanidad de semillas (incl. adquisición y diseminación)		14,428	1,659
Instalación para sanidad de semillas	40	1,296	63
Invernadero	10	1,080	128
Equipo de laboratorio o de oficina	10	10,445	1,238
Equipo de jacuzzi	10	672	80
Vehículo	7	936	150
Capital general		34,800	2,390
Instalaciones generales	40	24,800	1,205
Equipo de oficina	10	10,000	1,185
Costo total del capital		820,628	68,298

Actividad	Costos no relacionados con el capital Cuasifijos	Laborales	No laborales	Costo del capital
Adquisición (5,800)	5,186	5,397	2,907	995
Pruebas de sanidad de semilla	4,246	1,902	1,949	-
Siembra introductoria	-	1,996	431	-
Manejo de semillas	-	520	-	-
Costos indirectos	940	978	527	-
Almacenamiento a mediano plazo (123,000)	7,609	2,858	1,962	19,979
Manejo del almacenamiento	6,230	-	-	-
Control del clima	-	2,340	1,606	-
Costos indirectos	1,379	518	356	-
Almacenamiento a largo plazo (75,000)	4,566	2,858	3,312	19,753
Manejo del almacenamiento	3,738	-	-	-
Control del clima	-	2,340	2,712	-
Costos indirectos	828	518	600	-
Pruebas de germinación (12,000)	3,044	3,493	244	1,052
Pruebas de germinación	2,492	2,860	200	-
Costos indirectos	552	633	44	-
Diseminación (14,250)	29,717	2,051	5,172	664
Manejo de la distribución	22,428	-	-	-
Pruebas de sanidad de semillas	1,902	851	984	-
Empaque y embalaje	-	828	3,250	-
Costos indirectos	5,387	372	937	-
Duplicación (35,000)	3,044	2,779	5,186	-
Empaque y embalaje	2,492	2,275	4,246	-
Costos indirectos	552	504	940	-
Regeneración (22,000)	38,047	36,451	18,011	23,464
Trabajos de campo	24,920	21,134	9,688	18,865
Procesamiento de semillas	6,230	8,710	5,058	4,599
Costos indirectos	6,896	6,607	3,625	-
Manejo de la información	-	22,900	611	-
Mantenimiento base de datos	-	18,749	-	-
Otros gastos	-	-	500	-
Costos indirectos	-	4,151	111	-
Administración general	30,437	9,771	13,832	2,390
Personal de administración	24,920	8,000	-	-
Computadoras	-	-	4,900	-
Electricidad	-	-	1,425	-
Otros gastos	-	-	5,000	-
Costos indirectos	5,517	1,771	2,507	-
Total	121,649	88,559	51,236	68,297

Cuadro 3. Costos anuales de funcionamiento (US\$) asociados a la conservación y distribución de germoplasma de trigo en el CIMMYT. Las cifras entre paréntesis corresponden al número de accesiones incluidas cada año en la respectiva actividad.

Fuente: Pardey *et al.* (2001)

Cuadro 4. Costo total y costo promedio (US\$) del funcionamiento del banco de germoplasma de trigo del CIMMYT.

Fuente: Pardey *et al.* (2001)

Actividad	Accesiones (No.)	Costo total del capital	Costo cuasifijo total	Costo variable total	Costo de capital, promedio	Costo cuasifijo, promedio	Costo variable, promedio
Almacenamiento de mediano plazo	123,000	20,338	12,175	11,887	0.17	0.10	0.10
Almacenamiento de largo plazo	75,000	19,873	6,087	8,526	0.26	0.08	0.11
Adquisición	5,800	1,115	6,707	10,659	0.19	1.16	1.84
Pruebas de germinación	12,000	1,291	6,087	8,449	0.11	0.51	0.70
Regeneración	22,000	24,301	48,700	67,996	1.10	2.21	3.09
Duplicación de seguridad	35,000	120	4,566	10,320	0.00	0.13	0.29
Distribución	14,200	1,261	37,326	19,002	0.09	2.63	1.34
Total		68,298	121,648	136,839	1.93	6.82	7.48

Cuadro 5. Costo promedio (US\$) de conservar una accesión de trigo, durante un año, en el CIMMYT.

Fuente: Pardey *et al.* (2001)

	Accesión previamente almacenada		Accesión recién adquirida	
	Sin regeneración	Con regeneración	Sin regeneración	Con regeneración
Costo de conservación	0.19	3.45	3.61	8.08
Almacenamiento a largo plazo	0.19	0.19	0.19	0.19
Introducción nueva:				
Adquisición	-	-	2.99	2.99
Prueba inicial de germinación	-	-	-	1.21
Duplicación inicial	-	-	0.43	0.43
Prueba de germinación	-	0.61	-	0.61
Regeneración	-	2.65	-	2.65

Aunque la inversión que se requiere para establecer un banco de germoplasma es considerable, el funcionamiento general del banco no implica un uso intensivo y especial de capital cuando se mira como una proyección anual representativa. Una parte sustancial del costo de la mano de obra es cuasifijo por naturaleza.

En consecuencia, dentro de un cierto intervalo de actividades, el costo global de conservar el germoplasma no aumenta de manera notable cuando aumenta el número de accesiones.

El costo de almacenar una accesión más durante otro año es igual a la suma del costo cuasifijo promedio y del costo variable promedio por accesión, excluyendo la colecta proveniente de regiones remotas. El Cuadro 5 ilustra la sensibilidad del costo anual respecto al estado de la muestra, incluyendo el tiempo en que ésta permaneció almacenada y el tiempo transcurrido desde su última regeneración o prueba de germinación.

- Cuando se sabe que la muestra es viable, el costo promedio de retener una accesión de trigo es de 19 centavos solamente.
- Si hay que regenerar la muestra porque falló la prueba de germinación, el costo de conservarla durante otro año sube hasta \$3.45 por accesión.
- Si una accesión recién introducida es viable y hay de ella suficientes semillas (y no es necesario multiplicarlas), el costo promedio de incorporarla en la colección y de almacenarla durante un año es de \$3.61.
- Este costo aumenta a \$8.08 si la muestra debe regenerarse en el momento de la introducción.

Hay que entender aquí que, en todo el mundo, los costos reales variarán enormemente entre un banco de germoplasma y otro, puesto que hay grandes diferencias en los niveles de salarios, y en los precios de compra y de mantenimiento de los equipos y las instalaciones.

7.5 Consecuencias de adicionar o eliminar accesiones

Para evaluar el costo económico de adicionar o eliminar una accesión, hay que empezar por elaborar cuadros de costos del tipo presentado anteriormente. A continuación, hay que considerar el impacto que tendría la adición o la eliminación de la accesión en cada una de las actividades presentadas en los Cuadros 3 a 5 del CIMMYT o en cuadros que contengan una descomposición de actividades equivalente para otros bancos de germoplasma. Las consideraciones que importan en este tema se describen en el

Capítulo 3. La naturaleza de la evaluación económica depende de la magnitud y de las condiciones de la reestructuración que está en estudio:

- Si se aprueba una adición o una eliminación sin que haya cambios en la infraestructura del capital, podemos pasar por alto, sencillamente, los costos del capital que aparecen en los Cuadros 3 a 5.
- Si alguna de ellas (adición o eliminación) se aprueba sin cambiar el complemento de científicos principales, entonces el 'total' de los costos cuasifijos debe mantenerse constante. Mantener constantes estos costos implica que cualquier aumento de insumos cuasifijos en una actividad debe ir acompañado de una reducción equivalente de insumos cuasifijos en otras actividades.
- Si se asigna al banco de germoplasma un presupuesto total fijo y no negociable, entonces hay que aplicar lo mismo al total de los costos variables (o sea, los de mano de obra y los que no lo son).

Por tanto, para cada componente del costo de cada actividad, deben calcularse dos cifras clave:

En primer lugar, hay que determinar el impacto que tendrá en el número de accesiones que deban ser procesadas cada año. Esta operación es sencilla tratándose del almacenamiento, ya que cada accesión agregada o eliminada se manifestará directamente en el número total de accesiones. Respecto a las pruebas de germinación, habrá, al menos a largo plazo, un aumento o disminución *pro rata* asociado con la adición o eliminación de una accesión. Respecto a la regeneración podría haber dependencias complejas de los usos. Respecto a la distribución y a la caracterización, el curador del banco de germoplasma puede tener mayor flexibilidad para elegir las accesiones que se diseminarán y se caracterizarán cada año, y en qué cantidades, sin que importe el número de ellas que esté almacenado.

En segundo lugar, hay que determinar el impacto que hará (el componente del costo) en el trabajo requerido para mantener la calidad de las accesiones que se procesan cada año, y calcular de ahí el efecto que tendría en el costo promedio por accesión. Esta es, probablemente, una de las partes más difíciles del proceso. Tal como se indicó anteriormente, los análisis de costos de los bancos de germoplasma de que se dispone son retrospectivos, y en ellos se calcula primero el costo económico total y luego el costo promedio dividiendo el costo total por el número de accesiones. Cuando planea agregar o eliminar accesiones, los curadores de dichos bancos deben calcular el costo promedio por accesión hacia el futuro, el cual

se presentará cuando cambien los procedimientos administrativos. Por ejemplo, después de considerar cuidadosamente los elementos del procedimiento de manipulación, podemos calcular que el costo promedio por accesión aumentará en un 10%.

Por tanto, el mejor cálculo que pueda hacer el curador de un banco de germoplasma del cambio ocurrido en los costos totales consistiría en multiplicar el cambio esperado en el costo por accesión por el cambio en el número total de accesiones procesadas anualmente. Haciendo esto, habrá completado la mitad ejecutable del análisis económico, es decir, los impactos causados a los costos económicos. La mitad restante, o sea, el impacto que hace en los valores, está más allá del alcance de este documento y más allá de lo que haya podido lograr cualquier análisis de un banco de germoplasma emprendido hasta la fecha.

1. Introducción
2. Entorno del manejo de un banco de germoplasma
3. Definición de los objetivos de un banco de germoplasma
4. Consideraciones para mejorar los conceptos y estrategias de conservación y utilización
5. Procedimientos para el manejo de un banco de germoplasma
6. Racionalización del manejo de un banco de germoplasma
7. Costo financiero de mantener un banco de germoplasma en funcionamiento
8. Responsabilidad compartida
 - 8.1 Introducción
 - 8.2 ¿Por qué es importante la colaboración en el manejo del germoplasma?
 - 8.3 Limitaciones para compartir responsabilidades
 - 8.4 ¿Qué se puede compartir?
 - 8.5 Requisitos para compartir responsabilidades
 - 8.6 Estructuras para la colaboración
 - 8.7 Otros ejemplos de colaboración
 - 8.8 ¿Cómo podemos hacer que la colaboración funcione?
 - 8.9 Promoción de la información al público
 - 8.10 Conclusiones
9. Referencias

8. RESPONSABILIDAD COMPARTIDA

*Emile Frison,
Martine Mitteau,
Suzanne Sharrock
y Bert Visser*

En este capítulo se tratan aspectos de la distribución de responsabilidades entre bancos de germoplasma y otras instituciones, con la intención de que su funcionamiento sea más eficiente respecto al costo, más efectivo y, en especial, más sostenible.

8.1 Introducción

En los años setenta, más y más iniciativas se orientaban a la colaboración internacional en el área de la conservación de los recursos fitogenéticos, siendo la más importante el establecimiento del IBPGR en 1974. El IBPGR reconoció la necesidad de dividir las actividades de colecta y conservación en el mundo y adoptó también un enfoque regional basado en los centros de diversidad de Vavilov. En esa misma década, y después de una conferencia en Beltsville en 1972, se establecieron además algunos centros regionales (p.e., en Etiopía, en Costa Rica), que estuvieron bajo presión política desde un principio. Al poco tiempo se vio claramente que, en general, la idea de un centro regional que se localiza en un país para prestar servicios a otros países de la misma región no era aceptable. Los países no estaban preparados para depender de instituciones situadas fuera de sus fronteras (Pistorius, 1997). A consecuencia de esta falla de enfoque del tema regional, el IBPGR y posteriormente el IPGRI reconocieron la necesidad de trabajar en el plano nacional y empezaron a concentrarse en el fortalecimiento de los programas nacionales de conservación y de uso de los recursos fitogenéticos. Sin embargo, se conservó viva la necesidad de compartir responsabilidades, la que hoy se satisface mediante el trabajo colaborativo, principalmente por medio de las redes, y aplicando en ella tanto el enfoque regional como el de manejo de cultivos.

Tanto el TI como el PAM sobre RFGAA recalcan la importancia de la colaboración mundial. En el

CI de años anteriores se llegó al acuerdo de desarrollar una red internacional de las colecciones contenidas en los bancos de germoplasma (Art. 9). El PAM reconoce la promoción de redes de recursos fitogenéticos como una actividad prioritaria (No. 16) y, por ello, responde especialmente a la necesidad de tener redes regionales e internacionales, así como redes orientadas a cultivos específicos, a temas concretos y a actividades *in situ*, que serían un complemento apropiado de las primeras. El texto del nuevo TI sobre RFGAA menciona también (Art. 17) la relevancia de las redes internacionales. En conclusión, el marco político apoya y promueve la formación de redes. Hay diversas redes a diferentes niveles y algunas de ellas se tratan a continuación.

8.2 ¿Por qué es importante la colaboración en el manejo del germoplasma?

En los años setenta y en los ochenta se reconoció la amenaza de la erosión genética y se realizó, por ello, un esfuerzo masivo de recolección cuyo resultado es, en gran parte, la cantidad de accesiones mantenidas en los bancos de germoplasma que hoy funcionan. Esto significa que hay actualmente colecciones enormes de recursos fitogenéticos en los bancos de germoplasma (aproximadamente, 6 millones de muestras colectadas) (FAO, 1998). Ahora bien, es un hecho muy conocido que muchos países carecen de recursos económicos para mantener los materiales en cuya recolección ellos, o la comunidad internacional, han comprometido otros dineros. Al mismo tiempo, hay en otros países una excesiva capacidad de almacenamiento. Además, aunque el duplicado de seguridad que se ha decidido tomar a las colecciones existentes está lejos de haberse completado, se cree que puede haber una cantidad considerable, y poco deseada, de muestras repetidas (FAO, 1998). Por tanto, ha adquirido prioridad la necesidad de racionalizar las colecciones y la decisión de compartir, donde sea posible, las instalaciones y los recursos, mediante una colaboración de carácter regional e internacional.

Además de que es necesario colaborar para lograr resultados eficientes, también lo es en razón de la dependencia mutua respecto a los recursos fitogenéticos en que se hallan los países. Los cultivos como la yuca, el maíz, el cacahuete y el frijol, aunque originarios de América Latina, son hoy cultivos alimenticios de primera necesidad en muchos países africanos. De igual manera, se calcula que casi la mitad de la energía que la población brasileña obtiene de las plantas proviene de tres grandes cultivos de cereales –arroz, trigo y maíz– todos originarios de otras partes del mundo (FAO, 1998). Los países son, por consiguiente, muy dependientes

unos de otros respecto al suministro de genes nuevos para el mejoramiento de los cultivos. Se relaciona estrechamente con esta dependencia el hecho de que muchos países han reunido extensas colecciones de diversidad genética que ha sido adquirida en los centros de origen de los cultivos en que están interesados. Hay por ello bancos de germoplasma que poseen una diversidad importante de muchas especies que está muy alejada de sus países de origen. Con la entrada en vigencia del CDB en 1993, y debido a que en él no sólo se reconocen los derechos soberanos de los países sobre sus recursos genéticos sino que aquellos se emplean como uno de los principios básicos del Convenio, el tema de la restauración de la diversidad genética (o repatriación de materiales) también debe someterse a discusión. La colaboración entre los países es esencial para garantizar tanto el acceso continuo a los recursos fitogenéticos como el intercambio de éstos.

Así como los países y las regiones dependen unos de otros con respecto al intercambio de los recursos fitogenéticos, así también hay interdependencia en el campo de la tecnología. Las tecnologías de conservación y manejo del germoplasma son, en general, más avanzadas en los países desarrollados, aunque muchos de éstos puedan considerarse relativamente pobres en diversidad. Por otro lado, muchos países ricos en diversidad están poco desarrollados y carecen todavía de la tecnología con que sus recursos genéticos se pueden conservar de manera no sólo segura sino efectiva respecto a los costos. Hay, sin duda, beneficios en la colaboración entre los países ricos en tecnología y los que abundan en diversidad.

Finalmente, la colaboración internacional ayuda a dar relevancia a las actividades de manejo del germoplasma, y a maximizar la difusión y la utilización. Un banco de germoplasma o una red que colaboren activamente con otras entidades, tienen mayor probabilidad de atraer el apoyo que ofrecen los países. Asimismo, el trabajo colaborativo desarrollado en el contexto de un banco de germoplasma puede extenderse a otras áreas de la investigación sobre cultivos. Lo contrario sería un banco de germoplasma que trabaje aislado y pueda perder fácilmente, por ello, su importancia y hasta el apoyo que recibe.

¿Qué beneficios trae compartir responsabilidades?

Está claro que uno de los principales objetivos de compartir responsabilidades en el manejo del germoplasma es aumentar, en general, la eficiencia del trabajo de conservación. Las tareas más costosas de un banco de germoplasma son la caracterización, la evaluación y la regeneración de las accesiones. Si se comparten responsabilidades en esas áreas, podría avanzarse mucho en la

ejecución de tareas atrasadas, y se ahorraría al reducirse los costos de cada banco de germoplasma que participe. Por ejemplo, bancos de germoplasma situados en diferentes ambientes pueden proporcionar las diversas condiciones de cultivo que requiere la regeneración de las accesiones.

Otra área de colaboración importante es la de compartir información acerca de las accesiones. Esta información es un instrumento esencial para promover la evaluación y la utilización del material conservado, y para hacer más consciente al público sobre la importancia que tienen las actividades de conservación. La colaboración entre bancos de germoplasma o entre redes es también necesaria para garantizar la seguridad del material conservado gracias a la duplicación adecuada y a la promoción de un intercambio más intenso de recursos genéticos.

Una mejor colaboración internacional también dará lugar a mayor intercambio y transferencia de conocimiento y tecnologías, lo que contribuiría a incrementar las capacidades en el plano nacional y a promover la investigación colaborativa en diversas áreas. La colaboración podría también contribuir a racionalizar las actividades de conservación facilitando, por ejemplo, la identificación de duplicados innecesarios, que reduciría el número de accesiones en las colecciones. Esta reducción se reflejaría en menores costos de conservación o en la liberación de recursos con los cuales se puedan adquirir otras especies actualmente mal representadas en los bancos de germoplasma. Finalmente, se cree que la colaboración entre programas nacionales fuertes es la forma más acertada de desarrollar un sistema mundial eficaz para la conservación y la utilización de los recursos fitogenéticos.

8.3 Limitaciones para compartir responsabilidades

Se han identificado varias limitaciones que, respecto al manejo del germoplasma, tienen el desarrollo de la colaboración y la acción de compartir responsabilidades. Un obstáculo grande está representado por el interés hacia las estructuras nacionales y por la confirmación de los derechos soberanos de las naciones sobre sus recursos fitogenéticos, información proveniente del CDB. Durante muchos años, el lento avance en las negociaciones sobre el acceso al germoplasma y sobre la distribución de beneficios derivados, tanto en el marco del CDB como del TI en RFGAA, fue una razón adicional para disuadir a quienes intentaban solicitar la colaboración de otros países. Para participar efectivamente en proyectos de colaboración, se requieren además estructuras nacionales

fuertes que incluyan a los ministerios del ramo, especialmente los relacionados con la agricultura y el medio ambiente; también se necesita personal capacitado, que muchas veces no se encuentra. En muchos países no se reconoce la importancia de las actividades en que intervienen los recursos fitogenéticos, lo cual indica que se han ofrecido pocos incentivos para promover su desarrollo futuro y que no hay suficiente financiación para iniciativas de colaboración. Asimismo, los sistemas de investigación carecen, en general, de mecanismos que premien las iniciativas de colaboración. De ahí que no se anime a los investigadores a desarrollar una mentalidad propicia al trabajo colaborativo.

8.4 ¿Qué se puede compartir?

Documentación e información

La información es un elemento esencial del trabajo colaborativo en el manejo del germoplasma. La información agrega valor a las accesiones de los bancos de germoplasma; por ello, compartir esa información eleva el valor y la utilidad del material conservado. Asimismo, es necesario saber exactamente, como un primer paso hacia el compartir responsabilidades en la conservación, qué se está manteniendo y dónde se encuentra. Compartir información es también crucial para el intercambio de germoplasma, para las actividades de restauración y conocimiento de la diversidad genética *in situ*. En la Sección 5.7 se presentaron ejemplos de sistemas de manejo de la información de un banco de germoplasma. Un ejemplo reciente está en el proyecto EPGRIS financiado por la Unión Europea, cuyo objetivo es ofrecer a los posibles usuarios un solo punto de entrada a las colecciones mantenidas por los técnicos europeos del sector. En la base de datos EURISCO estarán los datos de pasaporte de que se dispone sobre los materiales de esas colecciones. Más información sobre EURISCO y EPGRIS se encuentra en la dirección <http://eurisco.ecpgr.org> (disponible desde septiembre de 2003).

Conservación y duplicación

Como se indicó antes, muchos países no pueden sufragar los costos de conservación de los recursos fitogenéticos de origen local, y tampoco pueden suministrar los recursos genéticos que necesitan para sus actividades de mejoramiento. Compartir responsabilidades por las funciones de conservación y duplicación ayudaría a superar esta limitación. Así, un país puede asumir, en una región, la responsabilidad de conservar la diversidad de un cultivo mientras que otro se encargaría de un cultivo diferente. Este enfoque es muy útil para los países que deben atender varias especies, cada una de las cuales tiene requisitos de conservación

diferentes. Este tipo de responsabilidad compartida permite que un banco de germoplasma o una red decida orientarse hacia un cultivo específico y desarrolle así un nivel alto de pericia en determinados cultivos. La alternativa que tiene un país es tratar de compartir tareas mediante convenios basados en el cubrimiento geográfico, teniendo en cuenta, en particular, la responsabilidad de los recursos genéticos que se desarrollan en el país.

Distribución del germoplasma

La distribución del germoplasma puede convertirse, para un banco, en una tarea intensiva en mano de obra, costosa y de mucho tiempo; en cambio, si esta responsabilidad se comparte, los beneficios que se generan pueden ser considerables. En el caso particular de los cultivos que se propagan por vía vegetativa, la distribución está estrechamente asociada con la sanidad del germoplasma; por tanto, sería beneficioso impulsar un manejo más centralizado de la distribución. Algunos bancos de germoplasma podrían asumir entonces la responsabilidad de garantizar el estado sanitario del germoplasma antes de la distribución y desarrollarían esta actividad en nombre de otros bancos. Así ocurre actualmente con las colecciones de banano y de plátano mantenidas por el INIBAP (hoy parte de Bioversity International).

Caracterización y evaluación del germoplasma

Para llevar a cabo la caracterización y la evaluación del germoplasma de una colección es necesario hacer un esfuerzo mucho más intenso que el descrito anteriormente. Se cree que la falta de información adecuada y útil acerca del germoplasma conservado es la principal razón de que estos materiales sean poco usados. En relación con la utilización compartir responsabilidades es importante, pero en el caso de la evaluación es esencial. Dado que la mayoría de los caracteres dependen del ambiente, la evaluación debe realizarse en un ambiente apropiado y, de preferencia, en varias localidades diferentes (evaluación multilocalizada). Las redes dedicadas a cultivos pueden desempeñar un papel importante en esta labor.

Otro aspecto de la evaluación en que es importante compartir tareas es la identificación de los caracteres útiles, como en el caso de pruebas hechas en condiciones específicas de estrés o en presencia de ciertas plagas y enfermedades, especialmente las que no están presentes en el país donde se conserva el material. Asimismo, es probable que las tecnologías especializadas, como el análisis molecular del germoplasma, estén restringidas a los países donde se dispone de pericia y de tecnología. Ésta es, por tanto, otra área en que tiene importancia la colaboración entre países.

Colecciones núcleo

Una colección núcleo es un subconjunto de una colección que representa, con un mínimo de repetición, la diversidad genética de una especie cultivada y de sus parientes silvestres (Johnson y Hodgkin, 1999). No se pretende que las colecciones núcleo reemplacen a las colecciones existentes, sino que presenten a los posibles usuarios toda la diversidad que pueda reunirse en un subconjunto más pequeño de muestras. Una colección núcleo bien establecida serviría de mucho para intensificar la utilización de las accesiones conservadas en un banco de germoplasma y se considera, por ello, un elemento importante en el manejo del banco. La creación de una colección núcleo necesita, obviamente, del aporte de una gran variedad de especialistas; por tanto, se considera un área en que tiene importancia la colaboración Internacional.

Premejoramiento

El premejoramiento y el 'perfeccionamiento del germoplasma' comprenden la transferencia de genes y de combinaciones de genes de diversas fuentes a materiales de mejoramiento con más usos. Los mejoradores pueden progresar rápidamente en el mejoramiento de sus cultivos si emplean materiales premejorados y son renuentes, por tanto, a la introducción de material genético nuevo proveniente de fuentes silvestres o de razas nativas en sus líneas de mejoramiento normales. Ahora bien, se ha señalado que la base genética de muchos cultivos de alto valor económico es muy estrecha y se ha recomendado que se preste atención a este asunto. El premejoramiento y el perfeccionamiento del germoplasma son técnicas que facilitan la introducción de material genético nuevo en programas de fitomejoramiento existentes. Sin embargo, dado que estas dos técnicas son actividades que sirven de área de contacto entre la conservación y la utilización del germoplasma, no se ve muy claro, a veces, si ellas deben ser responsabilidad del curador o del mejorador. En general, se considera que el premejoramiento es una actividad precompetitiva que, a corto plazo, no podría ser ejecutada por mejoradores comerciales. Muchas instituciones de investigación y universidades públicas han hecho premejoramiento en el pasado, pero la escasez actual de fondos para hacer investigación de largo plazo indica que esta actividad se está dejando de lado por el momento. Ahora bien, la ausencia de premejoramiento tiene efectos negativos en el uso del germoplasma almacenado en los bancos, así como en la sostenibilidad, a largo plazo de la producción de cultivos. Un incremento en la colaboración internacional podría ayudar a resolver este problema de dos maneras: facilitando cada vez más el uso de los acervos mundiales de genes de las especies cultivadas, y mejorando la eficiencia del premejoramiento.

Capacitación

Muchos países todavía tienen escaso personal con un entrenamiento adecuado para manejar un programa nacional de recursos fitogenéticos. Sin embargo, hay buena capacidad para entrenar en muchas partes del mundo. Si se comparte la responsabilidad de capacitar, los recursos que queden disponibles podrían dedicarse a desarrollar más cierto número de institutos para que desempeñen una labor regional de capacitación. Si se reúnen científicos en recursos fitogenéticos de diferentes países para impartir la capacitación, esta convocatoria serviría también para crear una fundación que apoye en el futuro las actividades de colaboración entre esos países. La colaboración internacional serviría también para desarrollar módulos sobre recursos fitogenéticos, que podrían incluirse en los cursos universitarios que se dictan en los países sobre agricultura y aspectos relacionados con ella.

Investigación

Hay varias actividades de investigación relacionadas con el manejo del germoplasma que se pueden desarrollar mediante proyectos de investigación en colaboración. Estos proyectos pertenecen a áreas como el desarrollo de marcadores moleculares, el estudio de las condiciones de almacenamiento óptimo, la crioconservación y otras. Si hay colaboración en estas investigaciones, su progreso se acelerará y, además, sus costos se distribuirán entre los colaboradores.

8.5 Requisitos para compartir responsabilidades

Para poder desarrollar programas colaborativos, en los que se compartan verdaderamente las responsabilidades, hay que contar con los siguientes elementos:

- **Sistema de información y documentación.** En cualquier relación de colaboración es necesario intercambiar información. En el área de manejo del germoplasma, todos los que prestan colaboración deben poder intercambiar, mediante un formulario común, la información que poseen sobre el germoplasma que manejan. Es esencial tener un sistema común de manejo de datos.
- **Medios de comunicación.** Un sistema de comunicación, que sea accesible por igual a todos los socios colaboradores, es otro elemento esencial para desarrollar la colaboración.
- **Estructura para la colaboración.** Aunque la colaboración como tal puede ser un objetivo encomiable, es improbable que sea exitosa a menos que se formalice en algún tipo de estructura.

Entre los modelos que sirven a la acción de colaboración están las redes y los estatutos.

- **Normas y pautas convenidas.** Cuando se comparten responsabilidades, hay que dividir las tareas entre los socios colaboradores. Una condición previa importante para garantizar que las tareas se realicen de manera aceptable es adoptar normas y pautas comúnmente acordadas.
- **Confianza.** La colaboración y la participación en las responsabilidades no serían posibles si los socios colaboradores no pudieran fiarse unos de otros. Esta confianza se desarrolla de diversas maneras, por ejemplo en las visitas de intercambio de personal, en los programas de capacitación, en el desarrollo de las normas acordadas, etc.

8.6 Estructuras para la colaboración

Redes o programas nacionales

El éxito en la conservación y la utilización de los recursos fitogenéticos requiere la participación activa de personas muy diversas en cada país, como los que diseñan la política, los planificadores, los científicos, los curadores de germoplasma, los mejoradores, las instituciones docentes, las comunidades rurales, las ONG y los agricultores. Es necesario que los países tengan mecanismos eficaces de coordinación para que la participación de estos actores pueda ser eficiente. Hasta cierto punto, hay mecanismos que coordinan las actividades relacionadas con los recursos fitogenéticos en muchos países. Esos mecanismos pueden adoptar la forma de un programa nacional centralizado, como el de Etiopía, donde el Instituto de Conservación e Investigación de la Diversidad Biológica administra todas las actividades relacionadas con los recursos fitogenéticos. Otros países han formalizado los programas de los distintos sectores de recursos fitogenéticos, de modo que diferentes institutos desarrollan determinados aspectos de la conservación y la utilización, mientras que un comité coordinador controla las decisiones políticas y la planificación.

En muchos países, los bancos de germoplasma son el punto central de los programas nacionales de recursos fitogenéticos, aunque suelen carecer de un vínculo satisfactorio con otros sectores y con diversos agentes relacionados. En particular, existe la necesidad de vincular la conservación *ex situ* y la *in situ* mediante la evaluación, el perfeccionamiento genético,

el mejoramiento y los programas de distribución de semillas. Francia da ejemplo de iniciativas exitosas de formación de redes dentro de un país, porque allí se han establecido ya 25 redes (para cereales, especies forestales, cultivos para forraje y para césped, vides, etc.) que incorporan una gran variedad de participantes –entre ellos los sectores público y privado y las ONG. Dentro de la trama de estas redes, los sectores público y privado comparten la responsabilidad de la conservación, la evaluación y la regeneración de los recursos genéticos (BRG, 1999) (ver www.brg.prd.fr).

Convenios bilaterales entre países

Es muy probable que los convenios bilaterales entre los países sean de naturaleza más amplia que los que se establecen entre bancos de germoplasma individuales o entre redes. El punto central puede ser la conservación de acervos de genes específicos, pero es muy probable que la colaboración incluya un espectro más amplio de actividades, entre ellas la capacitación y la investigación. Un ejemplo de este tipo de colaboración es la que desarrollan Holanda y Alemania para la conservación de la remolacha azucarera, la papa y la achicoria.

Convenios bilaterales entre bancos de germoplasma

Una de las formas más sencillas de colaboración es un convenio bilateral entre dos bancos de germoplasma o entre dos redes. En él, las dos instituciones aceptan compartir las tareas que trae consigo la conservación de acervos de genes específicos. Un ejemplo es la colaboración entre el CGN (de Holanda) y Wellesbourne (del Reino Unido) para conservar especies de hortalizas. En este caso, cada banco asume la responsabilidad de conservar el acervo de genes de una especie determinada en nombre de ambos institutos.

Aunque los convenios institucionales son atractivos y relativamente fáciles de establecer, dependen mucho de los criterios de manejo de un banco de germoplasma y no se incorporan bien en la política de los países.

Otro ejemplo de colaboración bilateral muy conocido es el de las numerosas misiones de colecta en que los integrantes pueden compartir sus conocimientos y experiencias sobre los cultivos, su habilidad para la regeneración y la caracterización, el acceso a instalaciones de almacenamiento y los recursos financieros, con el fin de conservar el germoplasma de un país y hacerlo disponible para el uso.

La colaboración bilateral tiene el atractivo de ser más simple, relativamente, que la colaboración de las redes regionales. En ella las decisiones pueden tener más alcance porque se toman entre pocos participantes, pero el impacto logrado sería limitado porque hay menos jugadores en el campo.

Los convenios bilaterales pueden generar un ahorro importante de costos en la regeneración y en la caracterización, y proporcionar la pericia necesaria para hacer una regeneración eficaz y confiable. Para que estos convenios tengan éxito, es necesario que se cumpla la siguiente condición: que los usuarios nacionales no se sientan obstaculizados porque una colección se situó en un banco de germoplasma extranjero, que es colaborador, ya que esto influiría negativamente en la utilización del germoplasma. Por ello, la ejecución de tales convenios requiere una comunicación intensiva y formal con la comunidad de usuarios del país, y tiene muchas más probabilidades de éxito si se realiza entre países vecinos.

Programas subregionales

En las regiones y, en especial, dentro de las subregiones, casi todos los países tienen en común muchos cultivos y una gran diversidad fitogenética. Por consiguiente, es probable que los programas de recursos fitogenéticos tengan objetivos similares y que haya claridad entorno a los beneficios de la colaboración. Un ejemplo de colaboración subregional es el NGB. Este banco de germoplasma posee la colección base de las accesiones de Dinamarca, Finlandia, Islandia, Noruega y Suecia. Cada uno de los países colaboradores tiene una colección activa. Un arreglo similar ha existido durante muchos años en el sur de África, donde el Centro de Recursos Fitogenéticos de la SADC (SPGRC) en Zambia actúa como centro regional para los estados miembros de la SADC. El primer ejemplo es un instituto que reúne a varios países nórdicos y reporta directamente al Consejo Nórdico de Ministros. El segundo programa consta de un centro regional de recursos fitogenéticos –el Centro de Recursos Fitogenéticos de la Comunidad Surafricana para el Desarrollo, SADC (SPGRC)– y conforma también una red de programas y centros nacionales de recursos fitogenéticos, que coordina las actividades de los países interesados y preserva el material autóctono de recursos fitogenéticos, el cual constituye el patrimonio natural de especies cultivadas de la región.

Un ejemplo más de colaboración subregional está en el acuerdo Nórdico-Báltico para mantener duplicados de seguridad en ‘caja negra’, que contempla el almacenamiento, en las instalaciones del NGB, de materiales de la colección de reserva provenientes de los Estados Bálticos.

Redes regionales

Uno de los ejemplos más exitosos de colaboración en el plano regional es el del Programa Europeo de Cooperación para las Redes de Recursos Genéticos de Especies Cultivadas (ECP/GR) (ver www.ecpgr.cgiar.org). El propósito de esta red es garantizar la conservación a largo plazo y la intensificación del uso de los recursos fitogenéticos de Europa. El programa es manejado por un comité directivo integrado por representantes nacionales y recibe del IPGRI la coordinación general. Funciona a través de diez redes de orientación amplia que manejan grupos de cultivos o temas generales relacionados con los recursos fitogenéticos. El ECP/GR es financiado por contribuciones modestas de los estados que lo integran y depende principalmente de las contribuciones en especie de los bancos de germoplasma de la región. La red ha hecho inversiones considerables en proyectos conjuntos de evaluación y en el establecimiento de colecciones núcleo y de bases de datos comunes sobre especies cultivadas. Actualmente 35 países pertenecen al ECP/GR. Una de las iniciativas del programa es la Plataforma Europea de Información sobre los Recursos Genéticos de Cultivos, que se desarrolló para facilitar el acceso a la información sobre los recursos genéticos conservados en los bancos de germoplasma de toda la región. La plataforma de información da acceso a bases de datos de cultivos específicos y a información para contactos, ambas de carácter regional y mundial, a instituciones de la región activas en la conservación y utilización de los recursos genéticos cultivados. Cuando se preparó la versión original de esta publicación, se estaba elaborando un Catálogo Europeo de Búsqueda de Recursos Fitogenéticos que contendría datos de pasaporte de las colecciones *ex situ* mantenidas en Europa. Ese catálogo se llama EURISCO y a él se le puede acceder a través de la página <http://www.ecpgr.cgiar.org/>.

Hay otras redes regionales en África, Asia y las Américas; por ejemplo la Eastern Africa Plant Genetic Resources Network (EAPGREN) en África oriental y el SADC Genetic Resources Centre (SPGRC) en el sur de África; el Regional Co-operation in Southeast Asia for Plant Genetic Resources (RECSEA-PGR) en el Sudeste Asiático; la Red Amazónica de Recursos Fitogenéticos (TROPiGEN) y la Red Andina de Recursos Fitogenéticos (REDARFIT) en América del Sur; la Red Mesoamericana de Recursos Fitogenéticos (REMERFI) en América Central y México; y el Caribbean Committee for Management of Plant Genetic Resources (CMPGR) en el Caribe.

Otra red de cultivos específicos es el Programa de Maíz de América Latina (LAMP), que se dedica a la evaluación y a la regeneración de germoplasma; esta red es apoyada por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos y el Agricultural Research Service

(USDA/ARS), Pioneer-HiBred y por varios programas nacionales. El desarrollo posterior de subconjuntos núcleo, así como las actividades de regeneración de semilla y de conservación de las razas nativas del maíz latinoamericano fueron coordinados por el banco de germoplasma de maíz del CIMMYT cuando finalizó el LAMP en su función de red de conservación del germoplasma de maíz latinoamericano (Tabla, 1999).

Una red no debe ser, por sí misma, un objetivo sino más bien un mecanismo que facilite la colaboración y tenga en cuenta las necesidades. Las redes pueden basarse en productos agrícolas básicos o en regiones. Las redes regionales tienen una ventaja comparativa porque tienen que ver con la conservación, en la práctica, de las colecciones, con la política, con la participación en tareas regionales y con especies vegetales u otros asuntos de importancia regional. Las redes de cultivos tienen la ventaja comparativa de manejar especies y asuntos de importancia mundial.

La colaboración regional y la colaboración subregional ofrecen varias ventajas: su logística es más sencilla y tanto sus intereses como su patrimonio cultural son comunes, si se los compara con programas mundiales; por ello, éstos se dedican a menudo a cultivos específicos. Esos dos primeros tipos de colaboración pueden tener, además, mayor impacto que las formas bilaterales de colaboración. Los programas nacionales de recursos fitogenéticos y los bancos de germoplasma nacionales deben esforzarse en fortalecer estas redes regionales contribuyendo activamente a sus actividades y participando diligentemente en su planificación.

Redes internacionales de cultivos

Las redes de cultivos son un medio excelente para reunir especialistas de diferentes campos, tanto en el ámbito mundial como en el regional, para establecer las prioridades que requiere el manejo del acervo de genes de un cultivo. Esta iniciativa comprende, generalmente, tres acciones:

- crear una base de datos compartida de todas las accesiones mantenidas en las colecciones *ex situ*,
- fortalecer la colaboración en la recolección y la evaluación del germoplasma, y
- promover una utilización más efectiva de los recursos genéticos disponibles.

Una de las primeras redes de cultivos que se establecieron fue la Red Mundial de Remolacha (*Beta*), en 1989. El Federal Centre for Breeding Research on Cultivated Plants (BAZ) de Alemania coordina la base de datos del cultivo y la red, y en ésta figuran Estados

Unidos, Japón, Irán, Egipto e India. La red se reúne dos veces por año y es una de las pocas que recibe apoyo del sector privado.

En la Red Mundial de Cebada se hace un reconocimiento adecuado de los beneficios que obtienen sus integrantes por compartir el volumen de trabajo que trae consigo la conservación de los recursos genéticos respectivos. Tareas como establecer un Sistema Europeo de Información sobre Cebada, del que todos participan, la identificación de duplicados, y la organización de una red de copias de seguridad no podrían ser ejecutadas por un solo país. Las actividades pertinentes al Programa de la UE se realizan dentro del ECP/GR, muchas veces como 'aporte en especie', y en ellas interviene la mayor parte de la UE y muchos países no europeos. La Base de Datos Europea de la Cebada (EBDB) (<http://barley.ipk-gatersleben.de/ebdb/>) contiene datos sobre 92,000 accesiones conservadas en 36 instituciones de 29 países; entre ellas están 36,000 de la UE y 31,000 de los socios que colaboran en el proyecto. La EBDB servirá de base para identificar duplicados y vacíos. Se está formando también la Colección Núcleo Internacional de Cebada (BCC), que comprende las accesiones de las colecciones mundiales, y en ella figura una subsección europea.

Asimismo, varios centros del GCIAl han establecido redes dedicadas a algunas de las especies cultivadas que son objeto del mandato recibido por ellos; por ejemplo, la Red Mundial de Recursos Genéticos del Trigo, coordinada por el CIMMYT, y la Red Mundial de Recursos Genéticos de la Yuca, que supervisa el CIAT. La FAO ha establecido redes para cultivos no considerados por el GCIAl. Respecto al banano y al plátano, el INIBAP (hoy bajo el nombre de Bioversity) asumió la responsabilidad mundial de la conservación y la distribución de ese germoplasma después de una reunión sobre el tema celebrada en 1984.

La red que tiene más importancia para los bancos de germoplasma es el Programa de Recursos Genéticos de los Centros del GCIAl (SGRP), el cual coordina las actividades de conservación realizadas por dichos centros. Los bancos de germoplasma que participan de este programa contienen, en total, más de 500,000 accesiones de los principales cultivos básicos de la alimentación humana, y cada año distribuyen, aproximadamente, 100,000 muestras de germoplasma (excluyendo líneas de mejoramiento y materiales mejorados) a usuarios de muchos países del mundo. Las iniciativas que promueven la colaboración mundial provienen del reconocimiento de que la colaboración en el plano mundial lleva un valor agregado que no se observa en la colaboración prestada en niveles inferiores de integración.

8.7 Otros ejemplos de colaboración

Hay muchos otros ejemplos de colaboración institucional, tanto en el campo de las tareas compartidas como en los planes de transferencia de tecnología y de capacitación. Esta colaboración es vital para los bancos de germoplasma de escasos recursos económicos y es una contribución importante a los objetivos mundiales de conservación y utilización, tal como se definen en el PAM.

Normas para bancos de germoplasma y guías para tomar decisiones

Han aparecido varias publicaciones sobre la colaboración internacional en el área del manejo de los recursos genéticos. Estas publicaciones sirven para hacer conocer las normas que se aplican comúnmente en los bancos de germoplasma, lo que facilita a éstos el trabajo de conjunto. También se las puede usar como instrumentos para la docencia. El desarrollo de las normas y guías técnicas mencionadas requiere reunir los expertos de una amplia zona y crea, por ello, una clase importante de colaboración. Además, las personas que se reúnen de este modo con el fin de desarrollar un pensamiento común hacen más real la posibilidad de una futura colaboración. Por ejemplo, la colaboración con que se hace la investigación sobre el coco ha aumentado notablemente después de las reuniones en que los especialistas en ese cultivo revisaron la Lista de Descriptores del Coco y formularon las Normas Técnicas para el Traslado Seguro del Germoplasma de Coco. Esta colaboración, que se lleva a cabo en COGENT (Red Internacional de Recursos Genéticos del Coco), ha propiciado la creación de la Base de Datos Internacional de Recursos Genéticos del Coco (CGRD), que contiene datos de 25 sitios pertenecientes a 18 países y es compartida por los mejoradores de coco de todo el mundo.

Programas de capacitación

El desarrollo de programas de capacitación, en el plano internacional y en el regional, cumple una función importante en la tarea de congregar a las personas. Un gran número de científicos de recursos fitogenéticos de los países en desarrollo se han capacitado haciendo el curso de Maestría de la Universidad de Birmingham. Los programas de capacitación de este tipo no sólo reúnen personas y establecen así las bases para la futura colaboración, sino que proporcionan además la oportunidad de inculcar tanto la necesidad de colaborar como sus beneficios en las mentes de los planificadores del futuro y de los encargados de formular las políticas. La internet se convierte cada vez más en la herramienta que pueden aprovechar las iniciativas futuras, para el aprendizaje a distancia.

8.8 ¿Cómo podemos hacer que la colaboración funcione?

Ya se señaló que las bases de datos sobre cultivos son un elemento esencial de la colaboración. Si no hay información básica acerca de qué se conserva y en qué sitio, es difícil, si no imposible, iniciar una colaboración. Otro elemento importante de la colaboración es la confianza. En cualquier proyecto realizado de manera colaborativa, los participantes deben confiar en sus compañeros y creer que las actividades se realizan de la mejor manera posible. Tal como se dijo antes, las visitas de intercambio científico, los programas de capacitación, y la aplicación de normas y pautas comunes ayudarán, en gran manera, a aumentar la confianza mutua.

En todos los proyectos de tipo cooperativo debe existir la disposición de participar, aunque ésta signifique para los individuos una pérdida del control de algunas actividades. La habilidad para aceptar una responsabilidad compartida y, por ende, compartir el crédito por los logros obtenidos es importante. Los incentivos –entendidos como mecanismos apropiados de financiamiento, como oportunidades de aprender nuevas habilidades, y como posibilidad de visitar otros institutos y participar en reuniones– pueden ayudar también a desarrollar una colaboración. Proyectos específicos, como la identificación de una colección núcleo, pueden servir de trampolín para desarrollar iniciativas más grandes. Una de las formas que se han sugerido para incrementar la colaboración es establecer pares de bancos de germoplasma similares.

El éxito de una red depende mucho de la buena disposición de los participantes y del sentido de pertenencia a ella que puedan tener. En las redes orientadas hacia productos agrícolas básicos, es necesario que el liderazgo científico, cuya fuente puede ser un comité científico, esté complementado por una institución que asuma una función coordinadora, y que tenga tiempo y recursos financieros suficientes para garantizar la permanencia activa de la red. El papel del coordinador debe ser activo pero no dominante. Una institución capaz de hacer el papel de ‘intermediario de buena fe’ en la coordinación de una red sería el factor decisivo para lograr una colaboración acertada y duradera.

8.9 Promoción de la información al público

La conciencia que tenga el público de la importancia de los recursos fitogenéticos es la clave para movilizar el apoyo económico que necesita, en el ámbito nacional y en el internacional, la conservación de tales recursos. Un programa bien enfocado de sensibilización del público, en que se den ejemplos bien documentados de la

vulnerabilidad de los cultivos importantes y se destaquen los casos en que la colaboración ha reportado verdaderos beneficios, es un mecanismo decisivo para generar el apoyo requerido. En un país, la creación de conciencia pública contribuye a involucrar las comunidades, las organizaciones no gubernamentales y el sector privado en actividades nacionales relacionadas con los recursos fitogenéticos, y establece, de este modo, una base más extensa para la labor de conservación. De manera semejante, hay que esforzarse, en el plano internacional, para alistar a gente conocida e influyente en campañas que atraigan la atención sobre estos temas.

8.10 Conclusiones

La necesidad de garantizar la conservación segura y a largo plazo de los recursos fitogenéticos es indiscutible; sin embargo, el peso de este esfuerzo de conservación recae desigualmente en diferentes países. Entre los que tienen la más alta diversidad de germoplasma vegetal están los que pueden dedicar menos recursos a conservarla. Puesto que los países dependen mucho unos de otros respecto a los recursos fitogenéticos, es lógico que compartan también las responsabilidades de conservarlos. Ahora bien, no es fácil desarrollar iniciativas de colaboración y verdaderas asociaciones colaborativas. Las redes son una forma de reunir a diversos participantes en esta actividad de conservación, y hay ejemplos en este capítulo de enfoques exitosos para formarlas. Hay otros mecanismos para reunir a socios colaboradores y algunos de ellos están demostrando que funcionan. No obstante, todavía hay que hacer un intenso trabajo en todo el mundo para mejorar la colaboración en el manejo del germoplasma. Si no se comparten más las responsabilidades, nunca se logrará una conservación eficaz de los recursos genéticos importantes. Se espera que una mayor conciencia de la importancia que tiene la conservación del germoplasma, y de los beneficios de la colaboración permita avanzar en el desarrollo de un sistema mundial de conservación verdaderamente participativo.

9. Referencias

1. Introducción
2. Entorno del manejo de un banco de germoplasma
3. Definición de los objetivos de un banco de germoplasma
4. Consideraciones para mejorar los conceptos y estrategias de conservación y utilización
5. Procedimientos para el manejo de un banco de germoplasma
6. Racionalización del manejo de un banco de germoplasma
7. Costo financiero de mantener un banco de germoplasma en funcionamiento
8. Responsabilidad compartida
9. Referencias

9. REFERENCIAS

- Adams, R.P. 1997. Conservation of DNA: DNA banking. Pp. 163–174 en *Biotechnology and Plant Genetic Resources Conservation and Use* (Callow, J.A., Ford-Lloyd, B.V. y Newbury, H.J., eds.). CAB International, Wallingford, Reino Unido.
- Allard, R.W. 1970. Population structure and sampling methods. Pp. 97–107 en *Genetic Resources in Plants: Their Exploration and Conservation* (Frankel, O.H. y Bennett, E., eds.). Manual IBP No. 11. Blackwell Scientific, Oxford, Reino Unido.
- Allard, R.W. 1990. The genetics of host–pathogen co-evolution: implications for genetic resource conservation. *Journal of Heredity* 81:1–6.
- Almekinders, C. y de Boef, W. (eds.). 2000. *Encouraging diversity: The conservation and development of plant genetic resources*. IT Publications, Londres, Reino Unido.
- Altieri, M.A. y Merrick, L.C. 1987. *In situ* conservation of crop genetic resources through maintenance of traditional farming systems. *Economic Botany* 41:86–96.
- Altman, D.W., Fryxell, P.A., Koch, S.D. y Howell, C.R. 1990. *Gossypium* germplasm conservation augmented by tissue culture techniques for field collecting. *Economic Botany* 44:106–113.
- Anon. 1999. Key questions for decision-makers: Protection of plant varieties under the WTO agreement on Trade-related Aspects of Intellectual Property Rights. Decision Tools. IPGRI, Roma, Italia. Disponible en http://www.biodiversityinternational.org/Publications/pubfile.asp?ID_PUB=41.
- Ashmore, S. 1997. Status report on the development and application of *in vitro* techniques for the conservation of plant genetic resources. IPGRI, Roma, Italia. http://www.biodiversityinternational.org/Publications/pubfile.asp?ID_PUB=254.

- Assy Bah, B., Durand-Gasselín, T., Engelmann, F. y Pannetier, C. 1989. Culture *in vitro* d'embryons zygotiques de cocotier (*Cocos nucifera* L.): Méthode, révisée et simplifiée, d'obtention de plants de cocotiers transférables au champ. *Oléagineux* 44:515-523.
- Berthaud, J., Glaszmann, J.C., Clerget, B. y Schwendiman, J. 1977. Strategies for conservation of genetic resources in relation with their utilization. *Euphytica* 96:1-12.
- Bewley, J.D. y Black, M. 1994. *Seeds: Physiology of development and germination*. Plenum Publishing, Nueva York, Estados Unidos.
- Boukema, I.W., van Hintum, T.J.L. y Thomas, G. 1998. The European *Brassica* database *Brassica '97*. Memorias del simposio internacional sobre especies de *Brassica*, Rennes, Francia, 23-27 septiembre de 1997. *Acta Horticulturae* 459:249-254.
- Breese, E.L. 1989. Regeneration and multiplication of germplasm resources in seed genebanks: The scientific background. IBPGR, Roma, Italia. Disponible en <http://www.bioversityinternational.org/publications/Web%5Fversion/209/>.
- Bretting, P.K. y Widrechner, M.P. 1995. Genetic markers and horticultural germplasm management. *HortScience* 30:1349-1356.
- BRG. 1999. Charte nationale pour la gestion des ressources génétiques. Bureau des Ressources Génétiques (BRG), París, Francia. 99 p.
- Brown, G.M. y Goldstein, J.H. 1984. A model for valuing endangered species. *Journal of Environmental Economics and Management* 11:303-309.
- Brown, A.H.D. y Marshall, D.R. 1995. A basic sampling strategy: theory and practice. Pp. 75-91 en *Collecting Plant Genetic Diversity: Technical guidelines* (Guarino L., Rao, V.R. y Reid, R., eds.). CAB International, Wallingford, Reino Unido.
- Brown, A.H.D., Brubaker, C.L. y Grace, J.P. 1997. Regeneration of germplasm samples: wild *versus* cultivated plant species. *Crop Science* 37:7-13.
- Brush, S.B. 1986. Genetic diversity and conservation in traditional farming systems. *Journal of Ethnobiology* 6:151-167.

- Brush, S.B. (ed.) 1999. Genes in the field: On-farm conservation of crop diversity. IPGRI (Roma) e IDRC (Ottawa). Lewis Publishers, Boca Ratón, Florida, Estados Unidos.
- Burstin, J., Lefort, M., Mitteau, M., Sontot, A. y Guiard, J. 1997. Towards the assessment of the cost of genebank management: conservation, regeneration and characterization. *Plant Varieties and Seeds* 10:16–172.
- Christinck, A., vom Brocke, K., Kshirsagar, K.G., Weltzien, E. y Bramel-Cox, P.J. 2000. Participatory methods for collecting germplasm: Experiences with farmers in Rajasthan, India. *Plant Genetic Resources Newsletter* 121:1–9.
- Chweya, J.A. y Eyzaguirre, P.B. (eds.) 1999. The biodiversity of traditional leafy vegetables. IPGRI, Roma, Italia.
- Clark, R.L., Shands, H.L., Bretting, P.K. y Eberhart, S.A. 1997. Managing large diverse germplasm collections. *Crop Science* 37:1–6.
- Cooper, H.D. 2002. The International Treaty on Plant Genetic Resources for Food and Agriculture. *RECIEL* 11(1):1–16.
- Cooper, H.D., Engels, J.M.M. y Frison, E. 1994. A multilateral system for plant genetic resources: imperatives, achievements and challenges. *Issues in Genetic Resources* No. 2. IPGRI, Roma, Italia. Disponible en http://www.bioversityinternational.org/Publications/pubfile.asp?ID_PUB=464.
- Cooper, H.D., Spillane, C. y Hodgkin, T. 2000. Broadening the genetic base of crop production. CABI, Wallingford (Oxon), R.U.; FAO, Roma, Italia; e IPGRI, Roma, Italia. http://www.bioversityinternational.org/Publications/pubfile.asp?ID_PUB=618.
- Crucible II Group. 2000. *Sembrando Soluciones*. Vol. 1. Alternativas Políticas en Materia de Recursos Genéticos: Actualización de Gente, plantas y patentes. IDRC, Ottawa, Canadá; IPGRI, Roma, Italia; y Dag Hammarskjöld Foundation, Upsala, Suecia. Disponible en http://www.bioversityinternational.org/Publications/pubfile.asp?ID_PUB=660.
- Crucible II Group. 2001. *Seeding solutions*. Vol. 2. Options for National Laws Governing Control over Genetic Resources and Biological Innovations. IDRC, Ottawa, Canadá; IPGRI, Roma, Italia; y

Dag Hammarskjöld Foundation, Upsala, Suecia. Disponible en http://www.bioersityinternational.org/Publications/pubfile.asp?ID_PUB=689.

Damania, A.B. 1996. Biodiversity conservation: a review of options complementary to standard *ex situ* methods. Plant Genetic Resources Newsletter 107:1–18.

Diekmann, M. y Putter, C.A.J. 1995. Small grain temperate cereals. FAO/IPGRI Technical Guidelines for the Safe Movement of Germplasm No. 14. FAO e IPGRI, Roma, Italia. Disponible en http://www.bioersityinternational.org/Publications/pubfile.asp?ID_PUB=250.

Dudnik, N.S., Thormann, I. y Hodgkin, T. 2001. The extent of use of plant genetic resources in research: a literature survey. Crop Science 41:6–10.

Ellis, R.H., Roberts, E.H. y Whitehead, J. 1980. A new, more economic and accurate approach to monitoring the viability of accessions during storage in seed banks. Plant Genetic Resources Newsletter 41:3–18.

Ellis, R.H., Hong, T.D. y Roberts, E.H. 1985a. Handbook of seed technology for genebanks, Vol. I. Principles and methodology. Handbooks for Genebanks No. 2. IBPGR, Roma, Italia. Disponible en http://www.bioersityinternational.org/Publications/pubfile.asp?ID_PUB=433.

Ellis, R.H., Hong, T.D. y Roberts, E.H. 1985b. Handbook of seed technology for genebanks, Vol. II: Compendium of specific germination information and test recommendations. Handbooks for Genebanks No. 3. IBPGR, Roma, Italia. <http://www.bioersityinternational.org/publications/Web%5Fversion/52/9>.

Engelmann, F. 1997. *In vitro* conservation methods. Pp. 119–162 en Biotechnology and Plant Genetic Resources: Conservation and Use (Ford-Lloyd, B.V, Newbury, J.H. y Callow, J.A., eds.). CAB International, Wallingford, Reino Unido.

Engelmann, F. y Engels, J.M.M. 2002. Technologies and strategies for *ex situ* conservation. Pp. 89–103 en Managing Plant Genetic Diversity (Engels, J.M.M., Ramanatha Rao, V., Brown, A.H.D. y Jackson, M.T., eds.). CABI Publishing, Wallingford, Reino Unido.

- Engels, J.M.M. (ed.) 1995. *In situ* conservation and sustainable use of plant genetic resources for food and agriculture in developing countries. Informe de un taller de DSE/ATSAF/ IPGRI, 2-4 mayo de 1995, Bonn-Röttgen, Alemania. IPGRI, Roma, Italia y DSE, Feldafing, Alemania. http://www.biodiversityinternational.org/Publications/pubfile.asp?ID_PUB=62.
- Engels, J.M.M. 2001. Complementary strategies for improved conservation and use of plant genetic resources. Pp. 69-77 en *Towards Sustainable National Plant Genetic Resources Programmes: Policy, Planning and Coordination Issues*. Memorias de un taller internacional, 10-18 mayo de 2000, Zschortau, Alemania (Engels, J.M.M., Vodouhe, R., Thompson, J., Zannou, A., Hehne, E. y Grum, M., eds). IPGRI, Nairobi, Kenia.
- Engels, J.M.M. 2002a. Genebank management: an essential activity to link conservation and plant breeding. *Plant Genetic Resources Newsletter* 129:17-24.
- Engels, J.M.M. 2002b. Home gardens—a genetic resources perspective. En *Home gardens and in situ conservation of plant genetic resources in farming systems*. Memorias del Second International Home Gardens Workshop 17-19 July 2001, Witzhausen, Germany (Watson, J.W. y Eyzaguirre, P.B., eds.). IPGRI, Roma, Italia. Disponible en http://www.biodiversityinternational.org/Publications/pubfile.asp?ID_PUB=753.
- Engels, J.M.M. y Visser, B. 2000. Strategies and methodologies in genetic diversity conservation. En *Encouraging Diversity: Crop development and conservation in plant genetic resources* (Almekinders, C. y de Boef, W., eds.). IT Publications, Londres, Reino Unido.
- Engels, J., Thormann, I. y Metz, T. 2001. A species compendium for plant genetic resources conservation. En: *Rudolf Mansfeld and Plant Genetic Resources*. Memorias de un simposio dedicado al 100o. cumpleaños de Rudolf Mansfeld, Gatersleben, Alemania, 8-9 octubre de 2001 (Kneuppfer, H. y Ochsmann, J., eds.). *Schriften zu Genetischen Ressourcen*, vol. 18. ZADI/IBV, Bonn, Alemania.
- Engels, J.M.M., Vodouhe, R., Thompson, J., Zannou, A., Hehne, E. y Grum, M. (eds.) 2001. *Towards sustainable national plant genetic resources programmes: Policy, planning and coordination issues*. Memorias de un taller internacional,

10-18 mayo de 2000, Zschortau, Alemania. IPGRI, Nairobi, Kenia. Disponible en <http://www.bioersityinternational.org/publications/Web%5Fversion/755/>.

Epperson J.E., Pachico D. y Guevara, C.L. 1997. A cost analysis of maintaining cassava plant genetic resources. *Crop Science* 37:1641-1649.

Eskes, B., Engels, J.M.M. y Lass, T. 1998. The CFC/ICCO/IPGRI project: a new initiative on cocoa germplasm utilization and conservation. *Plantations, recherche, développement* 5(6):412-422.

Evenson, R.E. y Gollin, D. 1997. Genetic resources, international organizations, and improvement in rice varieties. *Economic Development and Cultural Change* 45(3):471-500.

Evenson, R.E. y Lamarié, S. 1998. Crop breeding models and implications for valuing genetic resources. En *Farmers, Genebanks and Crop Breeding: Economic Analyses of Diversity in Wheat, Maize and Rice* (Smale, M., ed.). Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Holanda; y CIMMYT, México.

Evenson, R.E., Gollin, D. y Santaniello, V. 1998. Agricultural values of plant genetic resources. CABI, Wallingford, Reino Unido; y FAO con University of Tor Vergata, Roma, Italia.

FAO. 1996. Plan de acción Mundial para la conservación y utilización sostenible de los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura. FAO, Roma, Italia. Disponible en <http://www.fao.org/AG/AGP/AGPS/GpaSP/Leipzig.htm>.

FAO. 1998. El estado mundial de la agricultura y la alimentación. FAO, Roma, Italia. <http://www.fao.org/docrep/w9500s/w9500s00.HTM>

FAO/IPGRI. 1994. Normas para Bancos de Genes. FAO, Roma, Italia; e IPGRI, Roma, Italia. 13 p. Disponible en http://www.bioersityinternational.org/Publications/pubfile.asp?ID_PUB=1250.

Ferguson, M.E., Ford-Lloyd, B.V., Robertson, L.D., Maxted, N. y Newbury, H.J. 1998. Mapping the geographical distribution of genetic variation in the genus *Lens* for the enhanced conservation of plant genetic diversity. *Molecular Ecology* 7:1743-1755.

- Frankel, O.H. 1984. Genetic perspectives of germplasm conservation. Pp. 161–170 en *Genetic Manipulation: Impact on Man and Society* (Arber, W., Llimensee, K., Peacock, W.J. y Starlinger, P., eds.). Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido.
- Frankel, O.H. y Bennett, E. (eds.) 1970. Genetic resources in plants: their exploration and conservation. Manual IBP No. 11. Blackwell Scientific, Oxford, Reino Unido.
- Frankel, O.H., Brown, A.H.D. y Burdon, J.J. 1995. The conservation of plant biodiversity. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido.
- Frison, E.A. y Jackson, G.V.H. 1995. Plant health and germplasm collectors. Pp. 329–340 en *Collecting Plant Genetic Diversity: Technical guidelines* (Guarino, L., Rao, R.V. y Reid, R., eds.). CAB International, Wallingford, Reino Unido.
- Frisvold, G.B., y Condon, P.T. 1998. The convention on biological diversity and agriculture: Implications and unresolved debates. *World Development* 26:551–570.
- Gollin, D., Smale, M. y Skovmand, B. 2000. Optimal search for traits in *ex situ* collections of wheat genetic resources. *American Journal of Agricultural Economics* 82(4):812–827.
- Greene, S.L. y Morris, J.B. 2001. The case for multiple-use plant germplasm collections and a strategy for implementation. *Crop Science* 41:886–892.
- Guarino, L., Rao, V.R. y Reid, R. (eds.). 1995. *Collecting plant genetic diversity: Technical guidelines*. CAB International, Wallingford, Reino Unido. http://www.bioversityinternational.org/Publications/pubfile.asp?ID_PUB=368.
- Hammer, K., Knüpfer, H., Xhuveli, L. y Perrino, P. 1996. Estimating genetic erosion in landraces: two case studies. *Genetic Resources and Crop Evolution* 43:329–336.
- Harrington, J.F. 1970. Seed and pollen storage for conservation of plant gene resources. Pp. 501–521 en *Genetic Resources in Plants: Their Exploration and Conservation* (Frankel, O.H. y Bennett, E., eds.). Manual IBP No. 11. Blackwell Scientific, Oxford, Reino Unido.
- Hepper, F.N. 1989. *Plant hunting for Kew*. HMSO, Londres, Reino Unido.

- Heywood, V.H. 1998. The role of botanic gardens in *ex situ* conservation of agrobiodiversity. En Implementation of the Global Plan of Action in Europe: Conservation and Sustainable Utilization of Plant Genetic Resources for Food and Agriculture. Memorias de un simposio europeo, 30 junio–3 julio de 1998, Braunschweig, Alemania (Gass, T., Begemann, F. y Frese, L., eds.). IPGRI, Roma, Italia. Disponible en <http://www.ecpgr.cgiar.org/publications/gpaeur/braunindex.html>.
- Hijmans, R.J., Garrett, K.A., Huamán, Z., Zhang, D.P., Schreuder, M. y Bonierbale, M. 2000. Assessing the geographic representativeness of genebank collections: the case of Bolivian wild potatoes. *Conservation Biology* 14:1755–1765.
- Hoekstra, F.A. 1995. Collecting pollen for genetic resources conservation. Pp. 527–550 en *Collecting Plant Genetic Diversity: Technical Guidelines* (Guarino, L., Rao, V.R. y Reid, R., eds.). CAB International, Wallingford, Reino Unido.
- Hoekstra, R., Maggioni, L. y Lipman, E. (eds.) 2001. ECP/GR report of a working group on potato. First meeting, 23–25 marzo de 2000, Wageningen, Holanda. IPGRI, Roma, Italia. http://www.bioersityinternational.org/Publications/pubfile.asp?ID_PUB=680.
- Hong, T.D. y Ellis, R.H. 1996. A protocol to determine seed storage behaviour. Boletín Técnico IPGRI No. 1. IPGRI, Roma, Italia. Disponible en http://www.bioersityinternational.org/Publications/pubfile.asp?ID_PUB=137.
- Hong, T.D., Linington, S. y Ellis, R.H. 1996. Seed storage behaviour: a compendium. Manuales para Bancos de Germoplasma No. 4. IPGRI, Roma, Italia.
- Huamán, Z. 1994. Management of potato and sweetpotato field genebanks. Circular CIP 20(3):1–7.
- Huamán, Z. 1998. Collection, maintenance and evaluation of potato genetic resources. *Plant Varieties and Seeds* 11:29–38.
- Huamán, Z., Hoekstra, R. y Bamberg, J.B. 2000. The intergenebank potato database and the dimensions of available wild potato germplasm. *American Journal of Potato Research* 77:353–362.
- Ingram, G.B. 1984. *In situ* conservation of the genetic resources of plants: The scientific and technical base. Forest Resources Division, FAO, Roma, Italia.

- IBPGR. 1976. Report of IBPGR Working Group on engineering, design and cost aspects of long-term seed storage facilities. IBPGR, Roma, Italia.
- IBPGR. 1985. Report of the third meeting of the IBPGR advisory committee on seed storage (AG PG/IBPGR/84/74). IBPGR, Roma, Italia.
- IPGRI. 1996. Programme activities, germplasm maintenance and use. p. 56–65 in Annual Report. IPGRI, Roma, Italia.
- IPGRI/ECP/GR/AVRDC. 2001. Descriptores del *Allium* (*Allium* spp.). IPGRI, Roma, Italia; ECP/GR, Roma, Italia; y AVRDC, Taiwán. http://www.bioversityinternational.org/Publications/pubfile.asp?ID_PUB=759.
- IRRI. 1995. Manual of operations and procedures of the International Rice Genebank. IRRI, Los Baños, Filipinas.
- Janick, L.V., Kim, Y.H. Kitto, S. y Saranga, Y. 1993. Desiccated synthetic seed. Pp. 11–33 en *Synseeds, Applications of Synthetic Seeds to Crop Improvement* (Redenbaugh, K., ed.). CRC Press, Boca Ratón, Florida, Estados Unidos.
- Jarvis, D. y Hodgkin, T. 2000a. Farmer decision making and genetic diversity: linking multidisciplinary research to implementation on-farm. Pp. 261–278 en *Genes in the Field. On-farm conservation of crop diversity* (Brush, S.B., ed.). Lewis Publishers, Boca Ratón, Florida, Estados Unidos; IPGRI, Roma, Italia; e IDRC, Ottawa, Canadá. http://www.bioversityinternational.org/Publications/pubfile.asp?ID_PUB=544.
- Jarvis, D.I., Myer, L., Klemick, H., Guarino, L., Smale, M., Brown, A.H.D., Sadiki, M., Sthapit, B. y Hodgkin, T. 2006. Guía de capacitación para la conservación *in situ* en fincas. Versión 1. IPGRI, Roma, Italia. Disponible en http://www.bioversityinternational.org/Publications/pdf/611_ES.pdf.
- Johnson, R.C. y Hodgkin, T. (eds.). 1999. Core collections for today and tomorrow. IPGRI, Roma, Italia. 81 p. Disponible en <http://www.bioversityinternational.org/publications/Web%5Fversion/43/>.
- Karp, A. 2001. The new genetic era: will it help us in managing genetic diversity?. Pp. 43–56 en *Managing Plant Genetic Diversity* (Engels, J.M.M., Ramanatha Rao, V., Brown, A.H.D. y Jackson, M.T., eds.). CABI Publishing, Wallingford (Oxon), Reino Unido.

- Karp, A., Kresovich, S., Bhat, K.V., Ayad, W.G. y Hodgkin, T. 1997. Molecular tools in plant genetic resources conservation: A guide to the technologies. IPGRI Technical Bulletin No. 2. IPGRI, Roma, Italia. Disponible en http://www.biodiversityinternational.org/Publications/pubfile.asp?ID_PUB=138.
- Krutilla, J.V. 1967. Conservation reconsidered. *American Economic Review* 57(3):777–786.
- Laliberté, B. 1997. Botanic garden seed banks/genebanks worldwide: their facilities, collections and network. *Botanic Gardens Conservation News* 2(9):18–23.
- Leskien, D. y Flitner, M. 1997. Intellectual property rights and plant genetic resources: Options for a *sui generis* system. *Issues in Genetic Resources* No. 6. IPGRI, Roma, Italia. Disponible en http://www.biodiversityinternational.org/Publications/pubfile.asp?ID_PUB=497.
- Louwaars, N.P. 1998. *Sui generis* rights: from opposing to complementary approaches. *Biotechnology and Development Monitor* 36:13–16.
- Marshall, D.R. y A.H.D. Brown. 1975. Optimum sampling strategies in genetic conservation. p. 53–80 en *Crop Genetic Resources for Today and Tomorrow* (Frankel, O.H. y Hawkes, J.G., eds.). Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido.
- Maxted, N., Ford-Lloyd, B.V. y Hawkes, J.G. 1997a. Complementary conservation strategies. p. 15–39 en *Plant Genetic Conservation: The in situ Approach* (Maxted, N., Ford-Lloyd, B.V. y Hawkes, J.G., eds.). Chapman and Hall, Londres, Reino Unido.
- Maxted, N., Hawkes, J.G., Ford-Lloyd, B.V. y J.T. Williams. 1997b. A practical model for *in situ* genetic conservation. Pp. 339–363 en *Plant Genetic Conservation: The in situ approach* (Maxted, N., Ford-Lloyd, B.V. y Hawkes, J.G., eds.). Chapman and Hall, Londres, Reino Unido.
- Nissilä, E.A.J., Rao, V.R., Engelmann, F. y Riley, K.W. 1999. *Ex situ* strategies for complementary conservation of Asian sweet potatoes. *Plant Genetic Resources Newsletter* 117:1–11. http://www.biodiversityinternational.org/Publications/pubfile.asp?ID_PUB=11.
- Oldfield, M.L. y Alcorn, J.B. 1987. Conservation of traditional agroecosystems: can age-old farming practices conserve crop genetic resources? *BioScience* 37:199–208.

- Painting, K.A., Perry, M.C., Denning, R.A. y Ayad, W.G. 1993. Guía para la documentación de Recursos Genéticos. IPGRI, Roma Italia. 295 p. Disponible en http://www.bioversityinternational.org/Publications/pubfile.asp?ID_PUB=507.
- Pardey, P.G., Koo, B., Wright, B.D., van Dusen, M.E., Skovmand, B. y Taba, S. 2001. Costing the *ex situ* conservation of genetic resources: maize and wheat at CIMMYT. *Crop Science* 41(4):1286–1299.
- Parzies, H.K., Spoor, W. y Ennos, R.A. 2000. Genetic diversity of barley landrace accessions (*Hordeum vulgare* ssp. *vulgare*) conserved for different lengths of time in *ex situ* gene banks. *Heredity* 84(4):476–486.
- Pearce, D. y Moran, D. 1994. The economic value of biodiversity. Earthscan, Londres, Reino Unido.
- Petit, M., Fowler, C., Collins, W., Correa, C. y Thornstrom, C.-G. 2001. Why governments can't make policy: The case of plant genetic resources in the international arena. CIP, Lima, Perú. 80 p.
- Pistorius, R. 1997. Scientists, plants and politics: A history of the plant genetic resources movement. IPGRI, Roma, Italia. 134 p. Disponible en http://www.bioversityinternational.org/Publications/pubfile.asp?ID_PUB=240
- Polasky, S. y Solow, A. 1995. On the value of a collection of species. *Journal of Environmental Economics and Management* 29(3):298–303.
- Prescott-Allen, R. 1984. *In situ* conservation of wild plant genetic resources: a status review and action plan. Documento base para la Primera Sesión de la Comisión de la FAO sobre Recursos Fitogenéticos. CPGRFA, FAO, Roma, Italia.
- Prescott-Allen, R. y Prescott-Allen, C. 1984. Park your genes: Protected areas as *in situ* genebanks for the maintenance of wild genetic resources. Pp. 634–638 en *National Parks, Conservation and Development: The Role of Protected Areas in Sustaining Society* (McNeely, J.A. y Miller, K.R., eds.). Smithsonian Institution Press, Washington, DC, Estados Unidos.
- Rao, N.K. y Bramel, P.J. 2000. Manual of genebank operations and procedures. Manual Técnico No. 6. ICRISAT, Patancheru, India. 190 p.

- Rao, V.R. y Engels, J.M.M. (eds.). 1998. Regeneration of seed crops and their wild relatives. Memorias de una reunión de consulta, 4-7 diciembre de 1995, en ICRISAT, Hyderabad, India. IPGRI, Roma, Italia. 167 p. Disponible en http://www.bioersityinternational.org/Publications/pubfile.asp?ID_PUB=1.
- Rao, N.K. y Jackson, M.T. 1996. Seed production environment and storage longevity of japonica rices (*Oryza sativa* L.). *Seed Science Research* 6:17-21.
- Raymond, R. y Fowler, C. 2001. Sharing the non-monetary benefits of agricultural biodiversity. *Issues in Genetic Resources* No. 5. IPGRI, Roma, Italia. Disponible en http://www.bioersityinternational.org/Publications/pubfile.asp?ID_PUB=683.
- Rio, A.H., del Bamberg, J.B. y Z. Huamán. 1997a. Assessing changes in the genetic diversity of potato gene banks. 1: Effects of seed increase. *Theoretical and Applied Genetics* 95:191-198.
- Rio, A.H., del Bamberg, J.B., Huamán, Z., Salas, A. y Vega, S.E. 1997b. Assessing changes in the genetic diversity of potato gene banks: *In situ* vs. *ex situ*. *Theoretical and Applied Genetics* 95:191-198.
- Ruredzo, T.J. 1989. Progress report on IBPGR-ILCA tissue culture project. Informe de IBPGR No. 89/11. IBPGR, Roma, Italia.
- Sackville Hamilton, N.R. y Chorlton, K.H. 1997. Regeneration of accessions in seed collections: a decision guide. *Manuales para Bancos de Germoplasma* No. 5. IPGRI, Roma, Italia. 75 p. Disponible en http://www.bioersityinternational.org/Publications/pubfile.asp?ID_PUB=210.
- Sackville Hamilton, N.R., Engels, J.M.M., van Hintum, T., Koo, B. y Smale, M. 2002. Accession management: Combining or splitting accessions as a tool to improve germplasm management efficiency. *IPGRI Technical Bulletin* No. 5. IPGRI, Roma, Italia. 66 p. Disponible en http://www.bioersityinternational.org/Publications/pubfile.asp?ID_PUB=800.
- Schoen, D.J. y Brown, A.H.D. 1991. Intraspecific variation in population gene diversity and effective population size correlates with the mating system in plants. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 88:4494-4497.
- SGRP. 1996. Report of the internally commissioned external review of the CGIAR genebank operations. IPGRI, Roma, Italia. Disponible

en http://www.biodiversityinternational.org/Publications/pubfile.asp?ID_PUB=230.

SGRP. 1997. Report of the internally commissioned external review of the CGIAR genebank operations. Annex: Centres' responses to the external review. IPGRI, Roma, Italia. Disponible en http://www.biodiversityinternational.org/Publications/pubfile.asp?ID_PUB=115.

Sharrock, S. y Engels, J.M.M. 1997. Complementary conservation. Pp. 6–9 en INIBAP Annual Report 1996. INIBAP, Montpellier, Francia.

Simmonds, N.W. 1962. Variability in crop plants, its use and conservation. *Biological Reviews* 37:422–465.

Simpson, R.D., Sedjo, R.A. y Reid, J.W. 1996. Valuing biodiversity for use in pharmaceutical research. *Journal of Political Economy* 104(1):163–185.

Sobral, B.W.S. 2001. The role of bioinformatics in germplasm conservation and use. Pp. 171–178 en *Managing Plant Genetic Diversity* (Engels, J.M.M., Ramanatha Rao, V., Brown, A.H.D. y Jackson, M.T., eds.). CABI Publishing, Wallingford, Reino Unido.

Spillane, C., Engels, J., Fassil, H., Withers, L. y Cooper, D. 1999. Strengthening national programmes for plant genetic resources for food and agriculture. *Issues in Genetic Resources* No. 8. IPGRI, Roma, Italia. Disponible en http://www.biodiversityinternational.org/Publications/pubfile.asp?ID_PUB=29.

Sutherland, J.R., Diekmann, M. y Berjak, P. 2002. Forest tree seed health testing. IPGRI Technical Bulletin No. 6. IPGRI, Roma, Italia. Disponible en http://www.biodiversityinternational.org/Publications/pubfile.asp?ID_PUB=865.

Swanson, T. 1996. Global values of biological diversity: the public interest in the conservation of plant genetic resources for agriculture. *Plant Genetic Resources Newsletter* 105:1–7. http://www.biodiversityinternational.org/Publications/pubfile.asp?ID_PUB=516.

Taba, S. (ed.). 1999. Latin American maize germplasm conservation: Core subset development and generation. *Memorias de un taller realizado en CIMMYT, junio 1–5, 1998*. CIMMYT, México.

- Taylor, M. 2002. The establishment of a regional germplasm centre in the Pacific Island region. Pp. 105–111 en *Managing Plant Genetic Diversity* (Engels, J.M.M., Ramanatha Rao, V., Brown, A.H.D. y Jackson, M.T., eds.). CABI Publishing, Wallingford, Reino Unido.
- Towill, L.E. 1985. Low temperature and freeze-vacuum-drying preservation of pollen. p. 171–198 en *Cryopreservation of Plant Cells and Organs* (Kantha, K.K., ed.). CRC Press, Boca Ratón, Florida, Estados Unidos.
- UNEP. 1992. *Convention on Biological Diversity*. UNEP, Nairobi, Kenia.
- UPOV. 1991. *International Convention for the Protection of New Varieties of Plants*. UPOV, Ginebra, Suiza. Sitio en internet http://www.upov.int/index_es.html.
- van Hintum, Th.J.L. y Hazekamp, T. (eds.) 1993. *CGN genebank protocol*. Centre for Plant Breeding and Reproduction Research (CPRO-DLO) y Centre for Genetic Resources (CGN) de Holanda. Wageningen, Holanda. 51 p.
- van Hintum, Th.J.L., Brown, A.H.D., Spillane, C. y Hodgkin, T. 2000. Core collections of plant genetic resources. *IPGRI Technical Bulletin No.3*. IPGRI, Roma, Italia. 48 p. Disponible en http://www.bioersityinternational.org/Publications/pubfile.asp?ID_PUB=614.
- van Hintum, Th.J.L., Sackville Hamilton, N.R., Engels, J.M.M. y van Treuren, R. 2001. Accession management strategies: splitting and lumping. Pp. 113–120 en *Managing Plant Genetic Diversity* (Engels, J.M.M., Ramanatha Rao, V., Brown, A.H.D. y Jackson, M.T., eds.). CABI Publishing, Wallingford, Reino Unido.
- van Treuren, R. 2001. Efficiency of reduced primer selectivity and bulked DNA analysis for the rapid detection of AFLP polymorphisms in a range of crop species. *Euphytica* 117:27–37.
- Visser, B. 1998. Effects of biotechnology on biodiversity. *Biotechnology and Development Monitor* 35:2–6.
- Visser, B. y Nap, J.P. 2002. Biotechnology and agrobiodiversity, in biological and medical sciences. En: *Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS)*, Eolss Publishers, Oxford, Reino Unido. [<http://www.eolss.net>]

- Walters, C. y Engels, J. 1998. The effects of storing seeds under extremely dry conditions. *Seed Science Research*. Vol 8. CAB International, Wallingford, Reino Unido.
- Weitzman, M. 1993. What to preserve: an application of diversity theory to crane conservation. *Quarterly Journal of Economics* 108:144–152.
- Wilcox, B.A. 1990. Requirements for the establishment of a global network of *in situ* conservation areas for plants and animals. Versión inicial preparada para FAO Forest Resources Development Branch. FAO, Roma, Italia.
- Wilkes, H.G. 1971. Too little gene exchange. *Science* 171:955.
- Withers, L.A. 1995. Collecting *in vitro* for genetic resources conservation. Pp. 511–525 en *Collecting Plant Genetic Diversity: Technical guidelines* (Guarino, L., Rao, V.R. y Reid, R., eds.). CAB International, Wallingford, Reino Unido.
- WTO. 1994. Agreement on trade-related aspects of intellectual property rights (TRIPS-agreement). WTO, Ginebra, Suiza.
- Yidana, J.A. 1988. The development of *in vitro* collecting and isozyme characterization of cocoa germplasm. Tesis (Ph.D.). University of Nottingham, Reino Unido.
- Zohrabian, A. 2000. An economic model of utilization of U.S. crop germplasm collection: The case of soybean collection and soybean cyst nematode. Tesis (Ph.D.). Auburn University, Estados Unidos.

ANEXO 1

Lista de Participantes **Taller sobre Estrategias de Manejo del Germoplasma** **Wageningen, Holanda, septiembre 1-3 de 1999**

Murthi Anishetty

Funcionario Principal, Recursos Fitogenéticos
Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la
Agricultura (FAO)
Via delle Terme di Caracalla
00100 Roma, Italia
Tel: +39 06 57054652; Fax: +39 06 57053152
E-mail: murthi.anishetty@fao.org

Paula Bramel-Cox

Genetic Resources and Enhancement Programme
International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics
(ICRISAT)
Patancheru 502 324
Andhra Pradesh, India
Tel: +91-40-596161; Fax: +91-40-241239
E-mail: p.bramel-cox@cgiar.org

Daniel Debouck

Jefe, Unidad de Recursos Genéticos
Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT)
Apartado Aéreo 6713
Cali, Colombia
Tel: +57-2-445-0000; Fax: +57-2-445-0073
E-mail: d.debouck@cgiar.org

Ehsan Dulloo

Investigador en Conservación de Germoplasma
International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI)
P.O. Box 30677
Nairobi, Kenia
Tel: 254 4 521514/450 ext: 4511; Fax: +254 2 521209
E-mail: e.dulloo@cgiar.org

Jan Engels

Director de Grupo, Ciencia y Tecnología de los Recursos Genéticos
International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI)
Via dei Tre Denari 472/a
00057 Maccarese, Roma, Italia
Tel: +3906 6118222; Fax: +3906 61979661
E-mail: j.engels@cgiar.org

Emile Frison

Director

International Network for the Improvement of Banana and
Plantain (INIBAP)

Parc Scientifique Agropolis II

34397 Montpellier Cedex 5 Francia

Tel: +33 467 611302; Fax: +33 467 610334

E-mail: e.frison@cgjar.org

Mike Jackson

Director for Programme Planning and Coordination

International Rice Research Institute (IRRI)

DAPO Box 7777

Metro Manila, Filipinas

Tel: +63 2 845 0563 ext 747

E-fax: +1 650 649 2625; Fax: +63 2 812 7689

E-mail: dppc-irri@cgjar.org

Martine Mitteau

Coordinador de Recursos Genéticos

Bureau des Ressources Génétiques

16 rue Claude Bernard

75231 Paris Cedex 05, Francia

Tel:+33 1 44 087269; Fax: +33 1 44 087263

E-mail: Martine.Mitteau@inapg.inra.fr

Charles Nkhoma

Senior Programme Officer - Conservation

SADC Plant Genetic Resources Centre

P/Bag CH6

Lusaka, Zambia

Tel: +260 1 230515/233391-2/611114-5

Fax: +260 1 290345/611031

E-mail: spgrc@zamnet.zm

Ruaraidh Sackville Hamilton

Institute of Grassland and Environmental Research (ICER)

Plas Gogerddan

Aberystwyth, Ceredigion SY23 3EB, Reino Unido

Tel: +44 1970 823220; Fax: +44 1970 823243

E-mail: ruaraidh.hamilton@bbsrc.ac.uk

Allan Stoner

Líder de Investigaciones
National Germplasm Resources Laboratory
Agricultural Research Service, US Department of Agriculture
ARS/USDA
Beltsville, Maryland 20705, EE.UU.
Tel: +301 5046235; Fax: +301 5045536
E-mail: ngrlas@ars-grin.gov

José Valls

EMBRAPA/CENARGEN
Recursos Genéticos de Arachis y de Gramíneas Forrajeras
SAIN Parque Rural - Final Av. W/5 Norte
Brasilia DF CEP 70770-900, Brasil
Tel: +55 61 348 4644; Fax: +55 61 3403624
E-mail: valls@cenargen.embrapa.br

Theo van Hintum

Centre for Genetic Resources, The Netherlands
Centre for Plant Breeding and Reproduction Research
(CPRO-DLO)
P.O. Box 16
6700AA Wageningen, Holanda
Tel: +Tel: 31 317 4771078; Fax: +31 317 418094
E-mail: th.j.l.vanHintum@cpro.dlo.nl

Bert Visser

Centre for Genetic Resources, The Netherlands
Centre for Plant Breeding and Reproduction Research
(CPRO-DLO)
P.O. Box 16
6700AA Wageningen, Holanda
Tel+31 317 477184; Fax: +31 317 418094
E-mail: l.visser@cpro.dlo.nl

Moderador:

Ekkehard Kuerschner

International Agricultural Research for Development
Uulrichstrasse 3, D-71364 Winnenden/Stuttgart, Alemania
Tel: 49 7195 910908 - 2905; Fax: +49 7195 - 910929
E-mail: ekkehard.kuerschner@t-online.de

ANEXO 2

Normas y garantías de calidad de los bancos de germoplasma

*Ehsan Dulloo
y Jan Engels*

La conservación del germoplasma en bancos, en forma de semilla requiere que la integridad genética del material conservado se mantenga al más alto nivel posible durante períodos prolongados. Para que esto ocurra, es necesario establecer normas basadas en el conocimiento científico actual y en las tecnologías disponibles para manipular y almacenar, en forma adecuada, las semillas en los bancos, los cuales garantizarán su conservación durante el mayor tiempo posible, sin que sea necesario acudir con frecuencia a una regeneración costosa. No puede exagerarse la importancia de mantener los más altos estándares de manejo de un banco de germoplasma, dado el alto número de accesiones conservadas en las colecciones *ex situ* de recursos fitogenéticos en todo el mundo. Hay, en total, más de 6 millones de accesiones (FAO, 1998). El efecto que producen, en la mayoría de los bancos de germoplasma del mundo, las grandes colecciones de germoplasma de los cultivos más importantes y de los que están en riesgo de desaparición, es la serie de dificultades que encuentran los curadores para manejar esas colecciones con estándares del más alto nivel (FAO, 1998). Más del 45% de las colecciones del mundo necesita ser regenerado y los países están enfrentando muchas dificultades para hacerlo (Rao y Engels, 1998). Una de las conclusiones del Informe sobre el Estado de los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura en el Mundo (FAO, 1998) es la siguiente:

“Aunque hay en cada continente un pequeño número de bancos de germoplasma que funciona según las normas internacionales más estrictas, gran parte del material vegetal contenido en las demás instalaciones se almacena en condiciones que amenazan su integridad genética”.

En 1975, el Panel de Expertos en Exploración e Introducción de Especies Vegetales, establecido por la FAO, hizo las primeras recomendaciones sobre las normas preferidas y aceptables que se adoptarían al almacenar semillas para conservarlas durante períodos largos (FAO, 1975). Esta acción fue seguida, en 1976, por las normas que recomendó el grupo de trabajo del IBPGR sobre aspectos de ingeniería, de diseño y de costo de las instalaciones en que se almacenarían las semillas a largo plazo (IBPGR, 1976) y más tarde, en 1985, por el comité asesor del IBPGR para el almacenamiento de semillas (IBPGR, 1985). A petición de la

Comisión de Recursos Genéticos de la FAO, en 1991 se convocó un panel de expertos para trabajar con la FAO y el IBPGR en la evaluación y el perfeccionamiento de las normas que rigen los bancos de germoplasma, teniendo en cuenta los adelantos logrados por la tecnología del almacenamiento de semillas. Las recomendaciones emitidas por estos consultores competentes, que fueron aprobadas en 1984 por la Comisión de la FAO y publicadas luego por la FAO y el IPGRI (FAO/IPGRI, 1994), constituyen las normas internacionales empleadas hasta la fecha en bancos de germoplasma nacionales, regionales e internacionales.

Entre esas normas para bancos de germoplasma están la definición de colección base y activa, así como las metas aceptables y deseables para las operaciones ordinarias de los bancos. Se ha reconocido que hay problemas inherentes al establecimiento de las normas y que muchos bancos de germoplasma, particularmente en los países en desarrollo, están estirando sus exiguos recursos para tratar de adherirse a las normas preferidas, debilitando así su capacidad de mantener las colecciones durante períodos prolongados. Se cuestiona si estas normas están ajustadas a la realidad, en particular en los países en desarrollo, y si sería necesario modificarlas.

La necesidad de establecer un sistema que garantice la calidad ofrecida por los bancos de germoplasma y un plan para la ejecución de tareas debe hacer parte de esta discusión. Lograr esto es mucho más importante cuando el banco de germoplasma presta su colaboración a una red, y cuando es necesario distribuir responsabilidades entre los integrantes de ésta. Se espera que esta publicación ayude a que se tomen decisiones con conocimiento de causa. A continuación se presentan algunas recomendaciones generales respecto a las operaciones de rutina de los bancos de germoplasma.

Normas para las operaciones de rutina de los bancos de germoplasma

1. Procesamiento de las semillas para el almacenamiento

Las semillas se deben limpiar, secar, someterse a pruebas y envasarse antes de almacenarlas. El tiempo transcurrido entre la cosecha y el almacenamiento puede resultar crítico para la viabilidad a largo plazo de las semillas. Por consiguiente, es importante que las semillas se procesen tan rápidamente como sea posible. Cuando no se puedan procesar de inmediato, se recomienda mantenerlas en condiciones provisionales (que suelen ser condiciones subóptimas de almacenamiento) durante el mínimo

tiempo posible. Además, se considera buena idea presecar las semillas en bolsas de tela inmediatamente después de recolectarlas y, a veces, aun antes de la trilla. Las semillas deben mantenerse en las condiciones más favorables de que se disponga, con el fin de que se inicie el proceso de secado desde el almacenamiento provisional. También se sugiere establecer un nivel de humedad de las semillas compatible con la temperatura de almacenamiento para evitar que éstas se deterioren rápidamente.

Humedad y temperatura controladas en el área de procesamiento

En el trópico húmedo, donde la temperatura y la humedad relativa ambiental son altas, hay que tener en cuenta las condiciones ambientales en el área de procesamiento. Se recomienda empacar las semillas en una habitación anexa a aquella en que se secan, y controlar la humedad y la temperatura para evitar que la humedad se condense en las semillas.

Tratamiento químico de las semillas después de la cosecha

Se acepta que el tratamiento químico que se da a las semillas puede perjudicar su calidad; éste sería necesario, sin embargo, si el almacenamiento provisional se prolonga y hay alguna probabilidad de que las plagas o enfermedades se conviertan en un problema. Por tanto, se recomienda asperjar siempre cualquier aparato que se use, para reducir el riesgo de infección y de propagación de las enfermedades.

2. Procedimientos para secar las semillas

En general, las semillas se deben secar lo más rápidamente posible para mantener su viabilidad. Muchos bancos de germoplasma de los países en desarrollo no pueden operar adecuadamente las cámaras de secamiento desprovistas de humedad ('deshumidificadas') puesto que el suministro de electricidad es poco seguro y los costos del capital elevados. Emplean con frecuencia tecnologías de bajo costo como la gel de sílice en cabinas especialmente construidas o el secado al sol (o ambas) para lograr el bajo contenido de humedad deseado en el almacenamiento. Estas tecnologías son muy eficaces y pueden recomendarse donde no se puedan instalar cuartos de secamiento costosos. Debe insistirse en que, aun manteniendo cierta flexibilidad, la norma sobre el secado debe concentrarse en su objetivo, que es la conservación, y no tanto en la clase de tecnología que se emplee. Toda muestra de semilla debe secarse adecuadamente para que sea posible mantener la calidad y la viabilidad de esa semilla. Esto significa que el contenido deseable de humedad de la semilla –que para el almacenamiento a largo plazo está entre 3% y 7%, según la especie– debe

alcanzarse cuanto antes para no correr el riesgo de sufrir una pérdida innecesaria de calidad de la semilla. En consecuencia, la temperatura del cuarto de secamiento o del área respectiva debe estar entre 15 y 25°C. Puesto que el contenido óptimo de humedad de la semilla varía según la especie, lo mejor será usar una solución salina que establezca un equilibrio entre las semillas y la humedad relativa específica de esa solución salina.

3. Pruebas de pureza y de sanidad

El objetivo de esta norma es tratar de almacenar las semillas con la mayor limpieza posible, es decir, libres de semillas de malezas, de plagas y de enfermedades. Se recomienda no aplicar al material de la colección base ningún tratamiento químico para controlar plagas o enfermedades, pero se acepta, sin embargo, la importancia de indizar las enfermedades, especialmente las causadas por virus, y que en lo posible se haga. Esta práctica es muy importante para el germoplasma que se mantiene y distribuye en forma vegetativa, ya sea como esquejes, tubérculos o tejidos.

4. Condiciones de almacenamiento

Las normas que actualmente se aceptan para la colección base y la activa son las siguientes:

Para la *colección base*, la norma aceptable es la temperatura bajo cero, siendo la preferida de -18°C, con un contenido de humedad de la semilla de 3% a 7% (según la especie).

Para la *colección activa*, las condiciones que retienen la viabilidad por encima del 65% durante períodos de 10 a 20 años. Las normas también admiten que, en general, reducir el contenido de humedad de la semilla es más efectivo, respecto a los costos, que controlar la temperatura en el sitio de almacenamiento.

5. Tamaño de una accesión en condiciones de almacenamiento

La cantidad mínima de semilla que conviene tener almacenada depende del número de semillas que se espere vayan a ser utilizadas, y del grado de uniformidad genética de éstas. En la colección base se necesitan semillas para las pruebas de monitoreo de la viabilidad y para dos regeneraciones, por lo menos (ver también las secciones 4.2 y 6.2). Las Normas para Bancos de Genes (FAO/IPGRI, 1994) recomiendan lo siguiente:

Colección base: se acepta la norma de 1000 semillas viables (el mínimo absoluto) y se prefiere la norma de 1500 a 2000 semillas, cantidad que se considera el tamaño mínimo de una muestra

para hacer con ella, al menos, una regeneración, además de una regeneración para una colección activa y varias pruebas de monitoreo de la viabilidad. Se necesitarán más semillas cuando la accesión sea genéticamente heterogénea.

En principio, las normas de los bancos de germoplasma sobre al tamaño de las accesiones se aplican solamente a la colección base, es decir, tienen en mente la conservación del germoplasma y no la colección activa. El IPGRI publicó una guía para tomar decisiones sobre la regeneración de una accesión en una colección de semillas (Sackville Hamilton y Chorlton, 1997), en la cual se da orientación sobre el modo de optimizar tanto las cantidades de semilla que se usan en la colección base como las cantidades que se designan para la colección activa.

6. Pruebas iniciales y monitoreo de la viabilidad

Las Normas para Bancos de Genes que se hicieron para las pruebas iniciales y para hacer monitoreos de la viabilidad de las semillas son adecuadas y se resumen a continuación:

Debe hacerse una prueba inicial en 200 semillas, como mínimo, extraídas aleatoriamente, al ingreso del lote de semillas o muy cerca de ese momento. Se recomienda hacer una primera prueba de monitoreo de la colección base después de que ésta haya estado almacenada de 5 a 10 años, en 50 a 100 semillas extraídas aleatoriamente; este tiempo depende de las condiciones del sitio en que se almacenan las semillas y del comportamiento de la especie en cuestión durante el almacenamiento (ver también sección 7.2.1.1 Guía para decidir sobre una regeneración).

El intervalo entre las pruebas que se hagan más tarde depende del comportamiento de las accesiones, aunque podría ser fácilmente de más de 10 años. Antes de tomar una decisión sobre la regeneración, especialmente si se dispone todavía de suficientes semillas, se aconseja realizar otra prueba de viabilidad para evitar una regeneración innecesaria.

La colección activa puede someterse a una prueba periódica cada 5 años, según las condiciones de almacenamiento y la vida útil de las accesiones.

Cuando las condiciones de almacenamiento de la colección base y de la activa son las mismas, las normas que rigen la colección base se pueden aplicar también a la colección activa.

7. Regeneración

La regeneración oportuna de las accesiones es una actividad esencial de los bancos de germoplasma que sirve para mantener la viabilidad y la integridad genética del germoplasma. La regeneración representa un problema serio para muchos bancos de germoplasma puesto que requiere conocimientos precisos y condiciones específicas e implica costos elevados. La guía para tomar decisiones sobre la regeneración de las accesiones mantenidas en las colecciones de semillas (Sackville Hamilton y Chorlton, 1997) suministra información detallada sobre las normas establecidas para regenerar germoplasma.

La viabilidad inicial debe ser superior al 85%, aunque puede ser menor para las especies que tengan una dificultad intrínseca para ajustarse a esta norma.

Cuando la viabilidad de la colección base desciende a menos del 85% del valor inicial, se toman 100 semillas o más, según los requisitos establecidos, para llevar a cabo la regeneración que asegurará el mantenimiento de la integridad genética.

Se recomiendan dos prácticas: una, regenerar semillas suficientes para la colección activa con el fin de retener la integridad genética y satisfacer la demanda, y otra, regenerar la colección base cada 2 ó 3 ciclos de multiplicación de la colección activa para evitar que haya diferencias notables entre las dos colecciones (base y activa).

En general, se sugiere emplear procedimientos que retengan la integridad genética, especialmente técnicas de aislamiento que permitan llevar un control estricto de eventos indeseados de polinización cruzada.

8. Documentación

La información que guarde el sistema de documentación de un banco de germoplasma debe contener datos sobre el pasaporte, el manejo, la caracterización y la evaluación. Como mínimo, el sistema debe disponer de los datos de pasaporte y de los datos sobre el estado de la viabilidad y las reservas de semilla.

9. Normas para la distribución

Todos los usuarios deben recibir, cuando lo soliciten, una muestra con un número suficiente de semillas que abarque la diversidad genética representada adecuadamente por la accesión y que permita hacer los experimentos apropiados.

La muestra debe ir acompañada de datos de identificación detallados así como de la información adecuada sobre la

accesión, en especial los datos de pasaporte y, si los hay, los de caracterización y evaluación. Además, cuando sea conveniente, debe añadirse información sobre el estado de viabilidad de las accesiones y sobre las condiciones adecuadas de germinación de las semillas que se distribuyen. Una alternativa es remitir a esta información cuando está disponible en el sitio web del banco de germoplasma, aunque sólo podría ofrecerse a los usuarios que tengan acceso a internet.

Si el banco de germoplasma adopta un ATM, se sugiere que los usuarios los firmen antes de que se distribuya cualquier tipo de germoplasma. Las condiciones que exigen las cuarentenas deben cumplirse. Lo ideal, según la política y los reglamentos de los países, es que no haya ninguna diferencia en el trato que reciban los usuarios nacionales o los extranjeros.

10. Seguridad de las colecciones

Se recomienda a los bancos de germoplasma solicitar diligentemente la colaboración de otros bancos dispuestos a almacenar las colecciones que se han duplicado por seguridad, con el fin de protegerlas cuando ocurran emergencias. Las instituciones que reciban dichos duplicados deben estar capacitadas para ofrecer condiciones de almacenamiento de igual calidad, al menos, que las del banco de germoplasma que los envía.

Diversas colecciones pueden ser duplicadas en diferentes bancos de germoplasma que colaboren en esto, y el arreglo que se haga sobre este duplicado de seguridad puede ser recíproco.

Hay que vigilar continuamente, en cuanto sea posible, la temperatura de las instalaciones en que están los cuartos fríos, así como la humedad relativa de los cuartos de secamiento. Hay que instalar un sistema adecuado de control que avise con anterioridad los cortes de energía eléctrica y los cambios potencialmente nocivos que se presenten en el ambiente de almacenamiento. Asimismo, debe instalarse un equipo apropiado para combatir incendios.

Es aconsejable, en casi todos los casos, tener un suministro adicional de energía, a menos que se pueda tener garantía de que el suministro de electricidad se podrá restablecer en pocas horas.

Hay que tener óptimas condiciones de seguridad para el personal que trabaja en los cuartos fríos; por ejemplo, desarrollar un procedimiento adecuado para eliminar el riesgo de que alguien quede atrapado dentro del cuarto frío.

Puesto que se ha aceptado que las normas actuales de los bancos de germoplasma de los proyectos IPGRI/FAO eran adecuadas y representaban la mejor práctica de manejo de dichos bancos, los participantes notaron que estas normas se cumplían en forma rígida y poco creativa en algunos países cuyas instalaciones tenían limitaciones. En otros países las normas simplemente se han considerado como un ideal que se intenta alcanzar.

Los curadores de los bancos de germoplasma deben tomar decisiones razonables cuando interpreten tanto las normas como la mutua dependencia que existe entre ellas. El control de calidad de las operaciones de un banco de germoplasma se considera un requisito previo importante para lograr una colaboración eficaz, el intercambio de germoplasma y el manejo confiable de la información.

Es posible considerar la creación de un sistema internacional de certificación de bancos de germoplasma. Los bancos de germoplasma deben desarrollar siempre un manual pormenorizado de sus procedimientos operativos. Éstos deben describirse en detalle y contener la norma que esté en uso.

ANEXO 3

Estudio de caso sobre el manejo de una colección en la Unidad de Recursos Genéticos⁷ del Institute of Grassland and Environmental Research

Ruaraidh Sackville Hamilton

Misión

La misión de la Unidad de Recursos Genéticos (URG) del Instituto de Investigación sobre las Praderas y el Ambiente (IGER, Institute of Grassland and Environmental Research) consiste en emprender investigaciones de alta calidad sobre la conservación *ex situ*, la comprensión y la utilización de la diversidad biológica que poseen las gramíneas y las leguminosas forrajeras de zona templada, como parte del programa general de investigación estratégica del Instituto.

No se espera que la URG actúe simplemente como un servicio pasivo de suministro de semillas. Su misión implica la conservación de los recursos genéticos propios de las praderas al nivel más alto posible, la promoción activa de su utilización por medio de la colaboración, y la adquisición de los conocimientos necesarios para que la conservación, la utilización y la colaboración sean eficaces.

Limitaciones biológicas

El mandato del banco de germoplasma comprende muchas especies de gramíneas y leguminosas forrajeras de zona templada. La mayoría producen semilla ortodoxa y longeva cuando hay buenas condiciones de almacenamiento. La mayoría son de exogamia obligada, dan lugar posiblemente a cambios genéticos sustanciales debidos al intercambio y a la multiplicación de semillas, y necesitan una regeneración cuidadosa. Muchas han llegado a establecerse también como poblaciones silvestres, creando así un alto riesgo de contaminación de las parcelas de campo. La mayoría tienen semillas pequeñas y pueden, por tanto, almacenarse en recipientes pequeños y sellados de hoja de aluminio, evitando así los frascos grandes. La evaluación de los pastos se hace en parcelas de 1 m² en las que se siembran 1000 semillas, lo que indica que debe haber un número relativamente grande de semillas en cada paquete de intercambio. En muchas especies, la latencia de las semillas es una característica de consideración, aunque, en general, se han establecido buenos mecanismos para romper esa latencia.

⁷ <http://www.igergru.bbsrc.ac.uk/>

Infraestructura de manejo del banco de germoplasma

Las áreas de mejoramiento y de recursos genéticos son independientes, tanto en el plano económico como en el administrativo. Su interacción se maneja como una asociación de colaboración entre socios iguales. Toda la semilla se seca hasta un contenido de humedad de 5%, aproximadamente, bajo condiciones de gel de sílice con autoindicador, y luego se empacan en bolsas de aluminio trilaminares, selladas al vacío. La colección base se conserva en congeladores a -20 ó -25°C . Las colecciones activas permanecen en los depósitos de semilla de los mejoradores a 2°C . Se mantiene la cuarentena y la regeneración se lleva a cabo en invernaderos de alta calidad y diseñados para el caso; en ellos se han construido cámaras de aislamiento que se ajustan a las normas internacionales de cuarentena, con lo que se elimina la contaminación cruzada. Si se toman poblaciones homogéneas de semillas, se reduce mucho el cambio genético durante la regeneración. La documentación completa, con datos de pasaporte y con transacciones de semilla se incorpora en una base de datos, haciendo uso del programa MS Access.

Los costos de almacenamiento son bajos: alrededor de 0.2 Euros por accesión por año. Los costos de la utilización (la caracterización, la evaluación, el intercambio de semillas y la regeneración adicional asociada con éste) son varias veces mayores que los anteriores. Los costos de la racionalización mediante la identificación de duplicados son aún mayores.

Estrategia de manejo del banco de germoplasma

Estrategia de conservación

La colección del IGER es pequeña y su capacidad de almacenamiento no es un factor limitante. El costo del almacenamiento es bajo, pero el costo de identificar los duplicados es elevado. Es probable que un duplicado histórico no sea un duplicado biológico; además, la frecuencia probable de que haya duplicados es baja. Cualquier intento de racionalizar mediante la combinación o la eliminación de duplicados sería muy costoso y eliminaría unas cuantas accesiones –si se aplican criterios estrictos para identificar duplicados– o dañaría seriamente la integridad genética de la colección –si se aplican criterios menos estrictos que eliminarían más accesiones. Por consiguiente, la colección base del IGER no será racionalizada en un futuro previsible, porque aumentaría los costos en lugar de reducirlos y socavaría los objetivos de conservación de la URG.

Estrategia de utilización

Al final de la Sección 6.3 se ofrece un conjunto de criterios que describen las condiciones en que la racionalización del área de

utilización reduciría los costos y aumentaría la eficiencia de la utilización. Todos esos criterios han sido aplicados en el IGER. Por tanto, la utilización de la colección se orienta, de manera firme y proactiva, a un subconjunto de accesiones definido en forma dinámica.

Se invita a los futuros usuarios a hacer uso de las accesiones del subconjunto cuando sea conveniente. No se invierten recursos en tener disponibles accesiones cuyo valor no se considera realmente alto o que ya están en la colección núcleo convencional. Esta decisión reduce notablemente los costos de mantenimiento y libera recursos que permiten al personal del banco de germoplasma emprender investigaciones más profundas, y mejorar el conocimiento y la utilización de la colección.

Puesto que los costos de almacenamiento son bajos, las semillas de una accesión no se retiran de la colección activa aun después de decidir que esa accesión no tiene suficiente valor para ser incluida en los objetivos actuales del mejoramiento y de la investigación. Sólo se suspenden las operaciones costosas del mantenimiento, como las pruebas de viabilidad, la regeneración, la caracterización y la evaluación.

Las semillas siguen disponibles para distribución hasta que su reserva se agote; no estarán disponibles entonces hasta que sean regeneradas, una vez que se decida reintroducir la accesión en la colección activa.

Por tanto, la colección activa de semilla, que está disponible para distribución inmediata, consta de los siguientes materiales:

- Las accesiones que se consideran de alto valor para los objetivos actuales.
- La colección núcleo, que se mantiene para elevar la probabilidad de poder satisfacer las solicitudes de semilla que se harían por diversas razones; si no se puede suministrar semilla de la accesión solicitada, se ofrecerá, al menos, la de una accesión genéticamente similar.
- La semilla que queda de las accesiones que ya no se mantienen activas.

Una cantidad considerable de tiempo del personal se invierte en asegurarse de que el subconjunto de accesiones elegido siga siendo óptimo, ya que cambia rápidamente en respuesta a cualquier cambio de objetivos. Cuando se sabe que una accesión inactiva (es decir, que ordinariamente no está disponible para distribución) se necesita para proyectos actuales de mejoramiento

o de investigación, se toma de la colección base, se regenera de inmediato y se agrega a la colección activa. El proceso de identificación de tales accesiones toma una de dos formas, la activa o la pasiva, como se indica a continuación:

Forma activa. El personal del banco interactúa estrechamente con los principales usuarios para identificar los cambios que experimenten los objetivos del mejoramiento y de la investigación. Este proceso se repite continuamente y en él los mejoradores y otros científicos identifican los objetivos que actualmente se persiguen; el personal del banco de germoplasma halla, en consecuencia, la manera de que el banco pueda responder a cualquier cambio. La experiencia indica que puede ser necesario repetir varias veces el proceso mencionado para poder combinar la percepción que tienen los mejoradores y los científicos de sus objetivos con el conocimiento que tiene el banco de su colección; de ahí se obtiene la respuesta apropiada del banco. Las respuestas van desde cambiar la situación de algunas accesiones específicas hasta analizar de nuevo toda la base de datos y redefinir las accesiones que deben mantenerse como disponibles. Este proceso de discusión y de revaloración tiende a ser previsorio para reducir al mínimo los retrasos que ocurran mientras se regeneran las accesiones reactivadas.

Forma pasiva. Una solicitud específica de una accesión que en el momento no tiene suficiente semilla para distribución se somete al siguiente proceso:

- Se hace una búsqueda en la Base de Datos Central de Cultivos Europeos que corresponda, para determinar si la accesión se encuentra en otro sitio.
- Se hace una búsqueda en la base de datos del banco de germoplasma para encontrar la accesión más parecida a la solicitada y, además, con semilla disponible.
- Se discute con el posible usuario la conveniencia de aceptar una u otra de estas alternativas.

Si ninguna de las dos es aceptable, se continúa discutiendo para definir si hay que activar la accesión regenerándola con semilla de la colección base –lo que supone un retraso de alrededor de un año para tener semillas disponibles. Hay que averiguar si el posible usuario se propone iniciar el trabajo de mejoramiento o de investigación con un objetivo nuevo importante que justifique un cambio en la condición actual de la accesión o una revaloración que realmente incluya la condición en que están otras accesiones. Una solicitud ocasional de un solo material no producirá un cambio de condiciones, si se considera improbable que aquélla haga una

contribución importante a los objetivos del instituto o que sea seguida por nuevas solicitudes de la misma accesión. En cambio, muchas solicitudes de una misma accesión o una solicitud que conduzca a una importante investigación de tipo colaborativo, lograrán que la accesión se reactive –y que posiblemente la regeneración se financie mediante una propuesta conjunta de solicitud de fondos. Como último recurso, si el usuario cree que ninguna alternativa es aceptable y desea seguir adelante sin colaboración, prescindiendo de lo que esto implique estratégicamente para el IGER, y está decidido a pagar por el costo de la regeneración, la URG iniciará la regeneración de la accesión dándole la más alta prioridad. La afiliación del futuro usuario no es un criterio explícito en la decisión que se tome; no obstante, en la práctica hay una inclinación a favorecer a los usuarios internos porque tanto éstos como el banco de germoplasma tienen que contribuir de manera significativa a los mismos objetivos estratégicos del Instituto.

Los datos de pasaporte y el análisis ecogeográfico asociado con ellos son sumamente importantes cuando se eligen las accesiones que serán utilizadas. El ambiente en que se originó un genotipo puede ser un buen factor para predecir la naturaleza del genotipo respecto a muchos caracteres, a condición de que se entienda bien la respuesta evolutiva que genera un ambiente diferente. Obtener esa comprensión es un objetivo de la investigación que hace la URG.

Si todo el trabajo de investigación se concentra en las pocas accesiones de la colección activa, se puede correr el riesgo de condenar las accesiones almacenadas solamente en la colección base a permanecer allí, dado que es escasa la información que hay sobre ellas. Esta situación haría que, a largo plazo, se reduzca el uso general que se haga de la colección. Evitar esto es un propósito importante de la investigación y del proceso de toma de decisiones de la URG, que implica la reactivación de las accesiones poco estudiadas para incluirlas en la agenda de investigación de dicha Unidad.

ANEXO 4

Estudio de caso sobre las estrategias de manejo de las colecciones del CGN de Holanda

Theo van Hintum y Bert Visser

Misión

El Centre for Genetic Resources de Holanda (CGN) hace parte de la Fundación para Servicios de Investigación Agrícola de Holanda DLO (Dienst Landbouwkundig Onderzoek), que comprende los institutos de investigación de la Universidad de Wageningen y del Centro de Investigación. El CGN mantiene el banco de germoplasma holandés para los recursos genéticos vegetales y animales relacionados con la alimentación y la agricultura mediante un mandato del gobierno de Holanda. Asimismo, el CGN participa en programas de conservación en fincas.

La misión del CGN es contribuir al intenso trabajo mundial de conservación de recursos. El principio fundamental que rige al CGN es que el valor del germoplasma depende del conocimiento adquirido sobre él y de su disponibilidad. El CGN reconoce que, en este campo, es necesario integrar los enfoques de conservación *ex situ* e *in situ* y tener voluntad de colaborar con todas las partes interesadas.

El CGN ha adoptado, por tradición, una política de disponibilidad sin restricciones del germoplasma mantenido en su banco. Con la intención de mantener este material disponible para futuras investigaciones y para su utilización, el CGN ha decidido no reclamar la propiedad legal del germoplasma mantenido en su banco de germoplasma ni perseguir ningún derecho de propiedad intelectual sobre ese germoplasma o sobre la información relacionada con él.

Antecedentes

Las colecciones del CGN contienen 20 especies cultivadas y el total de accesiones que el Centro mantiene actualmente llega a 21,000. Todas las accesiones se conservan en colecciones base y en colecciones activas. El CGN se ha orientado especialmente a los cultivos de hortalizas. Se ha dado prioridad tanto a especies cultivadas autógamas como de polinización cruzada, como el repollo, los pimientos, la papa, el tomate, la berenjena, la cebolla y las especies forrajeras. La longevidad de las semillas varía, aunque puede estar más restringida en las de algunas especies como la cebolla y la lechuga. El total de accesiones que se distribuyen y

usan anualmente con fines de investigación está entre 5000 y 6000. El costo de la mano de obra y de las instalaciones es muy elevado en Holanda si se compara con el de casi todos los demás países.

Estos parámetros (fracción de especies exógamas, longevidad limitada, alto nivel de uso, costo alto de mano de obra) hacen que el presupuesto asignado a la regeneración del germoplasma represente una parte considerable del presupuesto total y que, por consiguiente, el manejo de la racionalización de las colecciones sea de importancia capital.

La agrupación de las colecciones y su división, las estrategias bien calculadas para probar las tasas de germinación, y la revisión del concepto de disponibilidad garantizada de todas las accesiones de la colección activa son objeto de investigación para aminorar el gasto total de la regeneración.

Procedimientos básicos

Todas las accesiones de las colecciones del CGN se mantienen en condiciones de almacenamiento a largo plazo. Se hace un monitoreo regular de la calidad de las semillas y se lleva a cabo la regeneración con sumo cuidado para evitar pérdidas en la variación genética. El CGN sigue procedimientos sencillos como éstos:

- Las accesiones que ingresan a la colección del CGN están documentadas y se hace un control a la calidad y a la cantidad de su semilla. Si es necesario, se regenera el germoplasma antes de agregarlo a la colección.
- Todas las accesiones del CGN se almacenan tanto a -20°C (colección base) como a $+4^{\circ}\text{C}$ (colección activa).
- Antes del almacenamiento, las semillas se limpian, se secan y se empacan en bolsas de papel de aluminio selladas al vacío.
- Se hace un monitoreo sistemático a la viabilidad de las semillas de la colección base.
- Cuando es necesario, se rejuvenece una accesión. Una vez rejuvenecidas las semillas, se sustituyen tanto las de la colección activa como las de la colección base.
- Cuando se agota la reserva de una accesión de la colección activa, se renueva con semillas de la colección base. Cuando la cantidad de semilla que queda en la colección base es insuficiente para renovar la colección activa, se regenera la accesión.
- Después de la regeneración, se sustituyen tanto las semillas de la colección activa como las de la colección base.
- Cuando los usuarios lo solicitan, reciben gratuitamente una cantidad pequeña de semilla por accesión. Las solicitudes se atienden en un tiempo relativamente corto, generalmente de un mes.

Procedimientos en detalle

1. Requisitos para la recepción

Hay que satisfacer varios requisitos cuando se piensa incluir una accesión en la colección del CGN. Son los siguientes:

- La muestra original debe contener 3000 semillas, por lo menos, si se trata de cultivos que se autopolinizan, y 4500 semillas si el cultivo es de polinización cruzada. Para algunos cultivos de semilla grande, como el haba (*Phaseolus lunatus*), el umbral es de 1500 semillas.
- La muestra debe ser pura y limpia; la pureza de una muestra se comprueba visualmente y, cuando sea necesario, se limpian las impurezas que ésta contenga.
- En general, la tasa de germinación debe ser de 80%, por lo menos. Cuando el material es difícil de regenerar, por ejemplo cuando el clima impone limitaciones, pueden aceptarse porcentajes de germinación menores. Si la tasa de germinación no es la requerida, la muestra se rejuvenece antes de ser admitida.
- Mientras se hace el examen físico de la accesión, se estudia la información que viene con ella. Partiendo de estos datos, se decide si la accesión satisface también los requisitos de admisión respecto a su carácter único y a su importancia, a la confiabilidad de sus datos de pasaporte, y a la amenaza de erosión genética que pese sobre ella.
- Una accesión se divide solamente si la muestra consta de diferentes especies cultivadas o, cuando se trata de poblaciones silvestres, si pueden distinguirse en ella diferentes géneros.

2. Manipulación y almacenamiento de las semillas

En la admisión, o después de cada regeneración, las semillas se secan con aire, se trillan, se limpian, se secan en condiciones controladas y se empaacan. Los procedimientos básicos se describen a continuación. Durante todos estos procedimientos, se comprueba la identidad de las muestras comparando las etiquetas que van dentro de la bolsa con las que están fuera de ella. Para algunas colecciones de especies cultivadas, los procedimientos pueden diferir en detalles que no son esenciales (hay datos disponibles).

- Después de la cosecha, las muestras empaacadas y rotuladas se secan parcialmente a 20°C y con una HR de 30%, dando como resultado un contenido de humedad de la semilla cercano al 12%. Antes de la trilla, el material se almacena por un tiempo en condiciones controladas, de modo que el contenido de humedad de las semillas permanezca en 12%, aproximadamente.

- Las muestras secas se trillan empleando una limpiadora de semillas pequeña (Clipper). Se separan las semillas de los residuos dadas sus diferencias en tamaño, en peso específico y en velocidad de flotación, haciendo pasar la muestra a través de una combinación de tamices diferentes (de orificios redondos o en ranura) y de dispositivos de flujo de aire. Las arvejas y los frijoles se trillan a mano, ya que la trilla mecánica daña las semillas.
- Después de la trilla, se comprueba que la semilla sea uniforme en forma y en tamaño empleando cilindros con dientes. Para mantener la variación en las muestras, estos procedimientos no son excesivamente discriminatorios. En cultivos como el tomate, la pimienta y la berenjena, los procedimientos de limpieza de la semilla varían considerablemente (se dispone de descripciones detalladas). Durante la limpieza y después de ella, se verifica de nuevo en las muestras visualmente su pureza y los daños que, posiblemente, hayan recibido.
- Después de la limpieza, las muestras se secan en una habitación a 15°C y con una HR de 15% hasta que alcancen la humedad de equilibrio, que variará de un cultivo a otro y que depende, principalmente, de su contenido de aceites.
- Las muestras secas de semilla se empacan en bolsas de papel de aluminio laminado. Las bolsas constan de tres capas de diferente espesor: una capa interna de 80 µm de polietileno, una capa intermedia de papel de aluminio de 12 µm, y una capa exterior de poliéster de 12 µm. Hay cuatro tamaños diferentes de bolsa ya que las muestras de semilla son de diferentes tamaños.

Para almacenar las muestras, éstas se consideran de cinco tipos diferentes:

1. La muestra del usuario, que es una cantidad pequeña de semillas que se distribuye a los usuarios.
2. La muestra de germinación, que contiene las semillas con que se hace monitoreo a la viabilidad de la respectiva accesión.
3. La muestra de regeneración, que se mantiene para permitir la regeneración de la accesión.
4. La muestra de duplicación, que se despacha a otro banco de germoplasma como copia de reserva.
5. La muestra residual, que contiene la semilla restante de la muestra y se usa para producir, cuando se necesitan, cantidades adicionales de muestras del usuario y de muestras de germinación.

El propósito de estas muestras es que cada accesión se pueda mantener teniendo, al menos, una muestra para el duplicado de

seguridad, una muestra para regeneración y cinco muestras para las pruebas de germinación. Por lo general, hay una sola muestra residual. Cuando las semillas son muy grandes, se empacan dos muestras residuales. Según la demanda esperada de los usuarios, las muestras de usuario previamente empacadas varían de cuatro a ocho bolsas por cultivo.

El número de semillas que se almacenan en cada tipo de muestra depende del cultivo. En general, la muestra de usuario contiene 100 semillas, la muestra de germinación 200 semillas, y las bolsas de regeneración y de duplicación entre 100 y 400 semillas. El número de semillas de una muestra residual se registra por su peso. Una vez que se han preparado las muestras de diferente tamaño, se empacan en las bolsas, se someten a un vacío suave y se sellan. Cuando las bolsas estén selladas, se rotulan. La etiqueta contiene los siguientes datos: número de la accesión, nombre del cultivo, nombre científico de la especie, nombre de la variedad u otro nombre, fecha en que se hizo la muestra, tipo de muestra (de usuario, de germinación, de multiplicación, de duplicación o residual).

El CGN dispone de instalaciones para el almacenamiento a largo plazo y a mediano plazo (es posible adquirir una descripción detallada de estas instalaciones). Las muestras de usuario se guardan en una caja numerada a +4°C para conservarlas en almacenamiento de mediano plazo. Los otros tipos de muestras (de regeneración, de germinación y residuales) se mantienen en una caja numerada a -20°C para almacenarlas a largo plazo. Las cajas numeradas se organizan según el cultivo y se colocan en estantes numerados en los cuartos en que se almacenan. La ubicación del sitio de almacenamiento (caja y estante) se registra en el sistema de información del CGN.

3. Monitoreo de la germinación

El intervalo de tiempo entre dos verificaciones de la viabilidad depende de la longevidad esperada de las semillas del cultivo en cuestión. Se hace un seguimiento más frecuente a los cultivos cuya vida de almacenamiento es corta y menos frecuente a los demás. Hay que verificar la viabilidad de la colección de lechuga cada 8 años; la de los cereales, en cambio, se controla cada 15 años. Un organismo oficial dedicado a las pruebas de semillas emplea 200 semillas, según las reglas de la ISTA, para ejecutar la mayoría de las pruebas de germinación. Si el porcentaje de germinación ha descendido en un 15% comparado con una medición hecha anteriormente, se hacen planes para rejuvenecer la accesión en la siguiente estación de cultivo.

4. Monitoreo y renovación de las muestras de usuario

Cada año se hace un inventario del número de muestras de usuario disponibles, empleando los datos del sistema de información del CGN. Se marcan las accesiones que sólo disponen de una muestra de usuario (lechuga, espinaca) o ninguna de tales muestras (como en los cultivos de poca velocidad de renovación) y se preparan nuevas muestras de usuario a partir de la muestra residual.

Con este fin, la muestra residual se transfiere de la instalación de almacenamiento de largo plazo, que está a -20°C , a la instalación de almacenamiento a mediano plazo, que está a $+4^{\circ}\text{C}$, y se deja a $+4^{\circ}\text{C}$ durante un día, para impedir que se condense el agua en las semillas durante la manipulación. Las nuevas muestras de usuario se almacenan en condiciones de mediano plazo ($+4^{\circ}\text{C}$) y la muestra residual retorna al sitio de almacenamiento a largo plazo a -20°C .

5. Regeneración

Los procedimientos de regeneración, que varían según el cultivo o el grupo de cultivos, ya se han descrito en detalle en otro capítulo.

6. Distribución

Para garantizar la disponibilidad libre y continua de su germoplasma, el CGN solicita a todos cuantos lo reciben una declaración escrita de que están de acuerdo con la política de acceso sin restricción al germoplasma suministrado por el Centro. Por consiguiente, para obtener germoplasma del CGN, el usuario que actúa de buena fe debe firmar un ATM. Una vez recibido el ATM completo y firmado, el CGN enviará el germoplasma solicitado al usuario. Los usuarios frecuentes tienen la opción de firmar un ATM general que cubra todas las solicitudes futuras, hasta nuevo aviso. El CGN considera que todos los usuarios institucionales actúan de buena fe, y entre ellos están los que pertenecen a los sectores público y privado como las empresas de fitomejoramiento, las organizaciones de investigación, y las organizaciones de agricultores o de cultivadores, tanto de Holanda como de otros países. Por razones de tipo presupuestal, el Centro no acepta solicitudes de germoplasma provenientes de personas naturales.

ANEXO 5

Estudio de caso sobre el manejo de las colecciones de la Red Internacional para el Mejoramiento del Banano y del Plátano (INIBAP)⁸

Suzanne Sharrock
y Emile Frison

Misión

La misión del INIBAP es aumentar la productividad sostenible del banano y del plátano (*Musa* spp.) que se cultivan en minifundios para el consumo doméstico y para los mercados locales y de exportación.

Para cumplir esta misión, el INIBAP persigue cuatro objetivos principales, uno de los cuales se relaciona específicamente con la conservación y el uso de los recursos genéticos del género *Musa*; son los siguientes:

“Organizar y coordinar un intenso trabajo de investigación en todo el mundo sobre el banano y el plátano, orientado tanto al desarrollo, evaluación y difusión de cultivares mejorados, como a la conservación y al uso de la diversidad del género *Musa*”.

El banco internacional de germoplasma de *Musa*

Desde 1985, el INIBAP ha mantenido la Colección Internacional de Germoplasma de *Musa*. Esta colección, la más grande del mundo sobre germoplasma de *Musa*, se mantiene *in vitro* en el Centro de Tránsito del INIBAP (ITC) situado en la Katholieke Universiteit Leuven (KUL), en Bélgica. Esta colección forma parte de la red internacional de colecciones *ex situ* mantenidas bajo los auspicios de la FAO. El papel del INIBAP es mantener esta colección en fideicomiso en beneficio de la comunidad internacional.

Número y clase de accesiones

El banco de germoplasma cuenta actualmente con 1144 accesiones, de las cuales 933 constituyen la colección en fideicomiso. Las demás completan la colección del banco y son, en gran parte, materiales mejorados que vienen de los programas de mejoramiento. La colección total consta de un 10% de híbridos avanzados (mejorados), 75% de cultivares y 15% de especies silvestres.

Estrategia de conservación

El objetivo del INIBAP es garantizar que la diversidad exhibida por el género *Musa* se conserve en condiciones seguras, que este germoplasma sea siempre del dominio público, y que todo

⁸ El INIBAP es un programa del Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI, hoy Bioersity), un centro de investigación del GCIAl.

usuario de buena fe pueda tener libre acceso a él. La colección se mantiene actualmente en condiciones *in vitro* de crecimiento lento, que corresponden a un almacenamiento a mediano plazo. Se ha iniciado un proyecto de conservación a largo plazo de la colección aplicando la crioconservación. Hasta la fecha, han sido crioconservadas 44 accesiones.

El objetivo final es tener toda la colección en crioconservación para almacenamiento a largo plazo, mientras se mantiene también un duplicado de la colección activa *in vitro* para distribución. Todo el germoplasma se somete a pruebas que detectan la presencia de partículas virales, y sólo las accesiones libres de virus están disponibles para distribución. El INIBAP apoya la investigación estratégica sobre crioconservación, detección de virus y terapia viral, con el fin de mejorar la eficiencia y la eficacia de sus actividades de conservación y distribución del germoplasma.

Procedimientos en detalle

Introducción de nuevas accesiones

Las accesiones del banco de germoplasma representan una parte considerable de toda la diversidad contenida en el género *Musa*. Se sabe, sin embargo, que hay ciertos vacíos, especialmente en relación con las especies silvestres. Por ello, el INIBAP sigue dando apoyo a misiones específicas de colecta. Todas las nuevas accesiones adquiridas por el INIBAP han estado sujetas a un convenio de adquisición de germoplasma. Estos convenios garantizan que el germoplasma quede de dominio público. El INIBAP ha desarrollado también un convenio aparte para adquirir variedades mejoradas de los programas de fitomejoramiento.

Todas las nuevas accesiones se establecen *in vitro* a partir de un solo brote apical y, al hacer la primera multiplicación, se lleva a cabo una prueba bacteriológica para detectar endófitos. Si se detectan bacterias endófitas, se aplica un tratamiento con antibióticos (100 mg/litro de Rifampicina) o se restablece la accesión partiendo de un solo meristema. Todas las accesiones nuevas se someten a pruebas de detección de virus en uno de tres Centros de Indización Viral apoyados por el INIBAP. Sólo se pueden distribuir accesiones libres de virus. Actualmente, un 64% de las accesiones de la colección están listas para distribución. Está en curso una investigación sobre terapia viral con el propósito de eliminar los virus que tienen las accesiones infectadas de la colección.

Conservación a mediano plazo

Las accesiones se mantienen *in vitro* en forma de brotes apicales proliferantes. Cada accesión se mantiene en 20 tubos diferentes.

El medio de crecimiento empleado es Murashige y Skoog (medio MS), complementado con 2.25 mg/litro de bencil-aminopurina (BAP), 0.175 mg/litro de ácido indolacético (AIA), 30 g de sacarosa, y 2 g/litro de gelita. Para reducir las tasas de crecimiento, los cultivos se mantienen a una temperatura baja (16°C) y con una intensidad lumínica de 25 $\mu\text{m}^2/\text{s}$. En estas condiciones, es necesario hacer subcultivos cada 12 meses, aproximadamente. A todos los cultivos se les hace mensualmente un monitoreo de los siguientes aspectos: vigor, presencia de algún contaminante, ennegrecimiento, necrosis e hiperhidratación. Los cultivos que crecen mal y que están contaminados se eliminan de la colección. Se hacen subcultivos de una accesión cuando ésta cuenta solamente con ocho tubos.

Rejuvenecimiento

Muchas de las accesiones de la colección han sido subcultivadas más de 10 veces y es posible que experimenten alguna variación somaclonal. Por tanto, se ha establecido un sistema de verificación de campo y de rejuvenecimiento. Este sistema permite verificar las accesiones en el campo en su país de origen. Una vez comprobado su verdadero tipo, las accesiones se restablecen en los cultivos a partir de plantas duplicadas que se mantienen en el invernadero de la KUL.

Duplicación

Por razones de seguridad, aproximadamente la mitad de la colección se mantiene *in vitro* en el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), en Costa Rica, y en el Taiwan Banana Research Institute (TBRI), en Taiwán, como una colección duplicada a modo de 'caja negra'. Los duplicados de un gran número de accesiones han sido depositados en bancos de germoplasma en campo mantenidos por institutos nacionales de investigación en agricultura y por otras organizaciones de investigación agrícola regionales o internacionales. La identificación de los duplicados se facilita porque en ella participan muchos curadores de germoplasma de *Musa* que están en el Sistema de Información sobre Germoplasma de *Musa* (MGIS), un servicio coordinado por el INIBAP.

Conservación a largo plazo

El objetivo del INIBAP es garantizar que la colección esté segura durante un tiempo largo y recurre, para lograrlo, a la crioconservación de todas las accesiones. La investigación hecha durante los últimos años ha conducido al desarrollo de tres métodos alternos que se adaptan a los diferentes genotipos de la colección. Hasta la fecha, se han crioconservado 44 accesiones correspondientes a ocho grupos genómicos.

Caracterización y documentación

La información sobre las accesiones de la colección es fundamental. Esta información agrega valor a las accesiones y ayuda a intensificar el uso que se da a la colección. Los datos de pasaporte y de caracterización de todas las accesiones mantenidas por el INIBAP están disponibles en el MGIS, un servicio coordinado por el INIBAP, y se encuentran en el sitio SINGER de internet. El MGIS es un sistema descentralizado que maneja la información sobre el germoplasma y permite a los curadores de las colecciones de *Musa* utilizar esta información e intercambiarla. Cada curador maneja sus datos y le entrega al INIBAP regularmente una actualización de ellos, que quedará incorporada luego en la base de datos central. El MGIS se basa en los 'Descriptores para el género *Musa*' de IPGRI/INIBAP/CIRAD, y contiene los datos de pasaporte, de caracterización y de evaluación de las accesiones, así como la información relacionada con la distribución de ese germoplasma. Los datos de caracterización de las accesiones mantenidas por el INIBAP se reúnen empleando métodos moleculares, citológicos y morfológicos. Este trabajo se lleva a cabo gracias a la colaboración de diversas instituciones asociadas.

Distribución

Una de las funciones más importantes de los bancos de germoplasma es distribuir su material. Las accesiones se distribuyen in vitro, ya sea en forma de tejidos proliferantes o como plántulas ya enraizadas. Estos cultivos de tejidos se empacan en bolsas de polietileno asépticas de marca Cultusak®; de cada accesión se envían cinco fracciones de plántulas o de tejidos. Cualquier clase de germoplasma se distribuye bajo un ATM y hay también varios convenios vigentes para las accesiones que están en fideicomiso y para las variedades mejoradas. Para facilitar la distribución de germoplasma, el INIBAP apoya el establecimiento de centros de multiplicación nacionales y regionales con capacidad para distribuir un gran número de plantas. Alrededor de 1000 accesiones⁹ se distribuyen anualmente y 88 países han recibido germoplasma del INIBAP.

En el Recuadro 3 se incluye un ejemplo de un ATM para variedades mejoradas.

⁹ Esta cifra no significa 1000 'accesiones' diferentes: una misma 'accesión' se puede distribuir muchas veces durante un año

Recuadro 3. Muestra del Acuerdo de Transferencia de Materiales que aplica actualmente el INIBAP para transferir variedades mejoradas del género *Musa*.

1. La Red Internacional para el Mejoramiento del Banano y el Plátano (en adelante denominada INIBAP), que forma parte del Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos, entrega el germoplasma de la lista presentada más adelante, y la información relacionada con él, al receptor según los términos y condiciones de este convenio.
2. Este germoplasma ha sido adquirido por el INIBAP en un programa (o en varios programas) de fitomejoramiento [designado(s) en adelante como ‘el Proveedor’] según los términos y condiciones establecidos en el “Convenio (o Convenios) para la adquisición de variedades mejoradas de *Musa*”.
3. El receptor está de acuerdo en que no hará reclamos sobre la propiedad de este germoplasma, ni tratará de proteger el germoplasma recibido con derechos de propiedad intelectual. El receptor acepta, además, que se asegurará de que cualquier persona o institución a quien él proporcione algunas muestras de este germoplasma, quede obligada a esta misma cláusula.
4. El receptor puede usar este germoplasma para investigación, evaluación y producción, y lo hará conforme a los condiciones de este acuerdo.
5. Cuando el receptor distribuya este germoplasma, establecerá con claridad que fue suministrado originalmente por el Proveedor, tal como se especifica en la lista en que aparece el germoplasma. Se exige además al receptor que obtenga el mismo compromiso de cualquier otro receptor a quien él pueda distribuir después este germoplasma.
6. Se exigen además al receptor las siguientes acciones:
 - a. Llegar a un acuerdo con el Proveedor antes de la ejecución de las siguientes actividades:
 - propagación *in vitro* de material de siembra para la venta;
 - producción de fruta para la exportación;
 - producción comercial en un país desarrollado;
 - reclamación de propiedad sobre materiales derivados esencialmente del germoplasma recibido bajo este acuerdo o intento de protegerlos con derechos de propiedad intelectual;
 - modificación del nombre del germoplasma recibido bajo este acuerdo
 - b. Suministrar al INIBAP todos los datos de evaluación obtenidos del germoplasma concedido bajo este convenio.
 - c. Comunicar al INIBAP los nombres de las personas o instituciones a quienes se les han suministrado materiales recibidos bajo esto acuerdo.
 - d. Reconocer al Proveedor del germoplasma en todas las publicaciones o documentos relacionados con este material;
 - e. Obtener el mismo compromiso de cualquier adjudicatario posterior a quien aún más puede distribuir este germoplasma.
7. INIBAP compilará los datos de evaluación y pondrá esta información libremente al alcance de los Proveedores y otras partes interesadas.

Lista de germoplasma

Número ITC*	Nombre de la accesión	Proveedor
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____

Por el Receptor:

Por el INIBAP:

Firma: _____

Firma: _____

Nombre: _____

Nombre: _____

Cargo: _____

Cargo: _____

Fecha: _____

Fecha: _____

* ITC = Centro de Tránsito del INIBAP

ANEXO 6

Acuerdo interino de transferencia de materiales para los recursos fitogenéticos empleados en la alimentación y en la agricultura, del Programa Europeo de Colaboración con las Redes de Recursos Genéticos de Especies Cultivadas

El/La (nombre de la institución) mantiene una colección de accesiones de recursos fitogenéticos bajo un mandato de / de acuerdo con (autoridad nacional que impone el mandato). El/La (nombre de la institución) tiene el propósito de conservar los recursos genéticos que mantiene y de promover la utilización sostenible, y la participación justa y equitativa, de los beneficios que genere la utilización de dichos recursos genéticos. La intención de este convenio es contribuir a tales objetivos.

TEXTO PREFERIDO

Con el interés de impulsar la investigación y la utilización de las accesiones contenidas en su colección –sin llegar a obstaculizar un nuevo acceso a ellas o uso adicional– el/la (nombre de la institución) mantiene las accesiones en fideicomiso bajo las condiciones de un convenio entre el/la (nombre de la institución) y (autoridad nacional que impone el mandato).

TEXTO ALTERNO

Con el interés de mantener las accesiones disponibles para investigación y uso futuros, el/la (nombre de la institución) declara que tiene la propiedad legal de las accesiones mantenidas en su colección.

El/La (nombre de la institución) da acceso al germoplasma contenido en su colección conforme a las provisiones / bajo las condiciones / del Convenio sobre Diversidad Biológica y del Tratado Internacional sobre Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura. Se concederá acceso al germoplasma mantenido en su colección según las dos categorías siguientes:

Categoría 1

En caso de que la accesión (o accesiones) transferida(s) interese(n) a los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura enumerados en el Anexo 1 del Tratado Internacional sobre Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura, el acceso que se facilite a tales accesiones estará de acuerdo con las disposiciones de ese Tratado, en particular con sus artículos 10, 11 y 12.

Categoría 2:

En caso de que:

- la cesión (las cesiones) transferida(s) se relacione(n) con los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura que no se enumeran en el Anexo 1 del Tratado Internacional sobre Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura, y de que...
- ...la cesión (las cesiones) transferida(s) fue (fueron) o desarrollada(s) por (nombre de la institución) o adquirida(s) antes de que entrara en vigor el Convenio sobre la Diversidad Biológica, o si...
- ...habiendo sido adquirida(s) después de que entrara en vigor el Convenio sobre la Diversidad Biológica, la cesión (las cesiones) transferida(s) haya(n) sido obtenida(s) previo acuerdo de que podría(n) ponerse a disposición, sin ninguna restricción, de cualquier objetivo de investigación agrícola o de mejoramiento, entonces...

TEXTO PREFERIDO

...el acceso que se facilite a tales cesiones se acomodará a las disposiciones del Tratado Internacional sobre Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura, en particular a sus artículos 11 y 12.

TEXTO ALTERNO

...el acceso a tales cesiones se acomodará al Convenio sobre la Diversidad Biológica y, en particular, a las disposiciones relativas al acceso contenidas en los artículos 11, 12, 13 y en otros artículos pertinentes tanto de las Directrices de Bonn para el Acceso a los Recursos Genéticos y sobre la Participación Justa y Equitativa de los Beneficios Generados por su Utilización, como del Convenio sobre la Diversidad Biológica, donde éstos sean aplicables, así como a las condiciones establecidas a continuación.

Este Acuerdo de Transferencia de Materiales no se aplica a la transferencia de las cesiones adquiridas después de la puesta en vigor del Convenio sobre la Diversidad Biológica, y de las que estén sometidas a condiciones establecidas de mutuo acuerdo.

Reconocidas las obligaciones y las responsabilidades antes mencionadas, el/la (nombre de la institución) concede el acceso las cesiones de su colección bajo las condiciones que se especifican a continuación.

El receptor está de acuerdo, por tanto, en hacer lo siguiente:

- *acceder* a la cesión (las cesiones) transferida(s) solamente con el propósito de utilizarla(s) y conservarla(s) para la investigación,

el mejoramiento y la capacitación con fines alimentarios y agrícolas, excluyendo los usos químico, farmacéutico y otros de carácter industrial no relacionados con la alimentación humana o animal;

- no *reclamar*, respecto a la cesión transferida, ninguna propiedad intelectual u otro derecho que limite el acceso facilitado a los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura, o a sus partes o componentes genéticos, en la forma recibida;
- *asegurarse* de que toda persona o institución, a quien más adelante se le proporcionen muestras de la cesión o del material transferido que haya sido derivado¹⁰ esencialmente de la cesión recibida, esté atada por las mismas disposiciones de este acuerdo y se comprometa a transmitir las mismas obligaciones a los futuros receptores;
- *pagar* –si se comercializa un producto que sea un recurso fitogenético para la alimentación y la agricultura y que incorpore germoplasma cobijado por el Acuerdo de Transferencia de Materiales– al mecanismo mencionado en el Artículo 19.3.f del Tratado Internacional sobre Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura una fracción equitativa de los beneficios generados por la comercialización del producto, excepto cuando dicho producto quede a disposición de otros sin restricciones para continuar la investigación y el mejoramiento, caso en que se invita al receptor que comercializa a efectuar ese pago;
- *indemnizar* el/la (nombre de la institución) contra cualquier reclamación que surja por el uso dado a la cesión transferida;
- *suministrar* a el/la (nombre de la institución) los datos de desempeño relevantes obtenidos por el receptor y que provengan de la caracterización y evaluación de la cesión, o de sus partes y componentes. A solicitud del receptor, estos datos estarán disponibles para el público solamente después de un período de embargo de TEXTOS ALTERNATIVOS tres a cinco años;
- *dar crédito* a el/la (nombre de la institución), como proveedor de la cesión, por las publicaciones que resulten del uso de la cesión transferida o de sus partes y componentes, y enviar copias de esas publicaciones a el/la (nombre de la institución);
- *enviar* a el/la (nombre de la institución) copias de la propiedad intelectual, en particular de los números de referencia de la solicitud de protección de patente, citando el uso dado a la cesión transferida;
- *asumir* la responsabilidad plena de acatar la cuarentena y los reglamentos de bioseguridad de la nación receptora, y las reglas que rijan la importación o la liberación de material genético.

¹⁰ Se considerará que el germoplasma proviene esencialmente de otro germoplasma (la cesión inicial) cuando: (a) se derive en forma predominante de la cesión inicial, o del germoplasma que, en sí mismo, deriva en forma predominante de la cesión inicial, mientras retiene la expresión de las características esenciales que resultan del genotipo o de la combinación de genotipos de la cesión inicial; (b) se distingue claramente de la cesión inicial; y (c) salvo las diferencias que resultan del acto de derivación, se parece a la cesión inicial en la expresión de las características esenciales que provienen del genotipo o de la combinación de genotipos de la cesión inicial.

Se garantiza el estado fitosanitario de la accesión sólo si se describe en el certificado fitosanitario adjunto y solamente en la forma en que se describa. El/la (nombre de la institución) no da ninguna garantía de la seguridad o del título de la accesión, ni de la exactitud o la corrección de ningún pasaporte ni de otros datos que acompañen la accesión. Tampoco da ninguna garantía de la calidad, la disponibilidad o la pureza (genética o mecánica) de la accesión transferida.

[El receptor cubrirá los gastos de una declaración fitosanitaria, cuando ésta sea solicitada.]

Si llegare a presentarse una controversia contractual bajo este ATM, cualquiera de los Signatarios de este Acuerdo puede solicitar un arbitraje, según los tratados internacionales de arbitraje. Cada parte de la controversia nombrará un árbitro y estos dos árbitros designarán, de común acuerdo, un tercero que será el Presidente del tribunal de arbitraje.

Muestras de la(s) siguiente(s) accesión (accesiones) se suministrarán, en forma expresamente condicional, previa aceptación de los términos, antes descritos, de este acuerdo. La aceptación de la accesión (las accesiones) por parte del receptor equivale a estar de acuerdo con las condiciones antes mencionadas.

El/la (nombre de la institución) pide al solicitante que selle el acuerdo mediante la firma autorizada del instituto, de la empresa o de la persona que hace el pedido:

Nombre del receptor:

Institución:

Dirección completa:

Firma autorizada:

Fecha:

Nombre y título:

En representación de el/la (nombre de la institución):

(Cargo):

Fecha:

ANEXO 7

ACRÓNIMOS

ADN	ácido desoxirribonucleico
ADPIC	Aspectos de los Derechos de Propiedad Intelectual Relacionados con el Comercio
AIA	Ácido indolacético
ARS	Agricultural Research Service de Estados Unidos
ATM	Acuerdo de Transferencia de Materiales
BAP	Bencil-aminopurina
BAZ	Federal Centre for Breeding Research on Cultivated Plants, Alemania
BCC	International Barley Core Collection
BRG	Bureau des Ressources Génétiques, Francia
CATIE	Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Costa Rica
CBDC	Community Biodiversity Development and Conservation Programme
CDB	Convenio sobre la Diversidad Biológica
CGN	Centre for Genetic Resources, Holanda
CGRD	International Coconut Genetic Resources Database
CI	Compromiso Internacional sobre los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura
CIIA	Centros internacionales de investigación agrícola
CIMMYT	Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, México
CIP	Centro Internacional de la Papa, Perú
CIRAD	Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement, Francia
CMPGR	Caribbean Committee for Management of Plant Genetic Resources
COGENT	International Coconut Genetic Resources Network
CRGAA	Comisión de la FAO sobre los Recursos Genéticos para la Alimentación y la Agricultura
DLO	Dienst Landbouwkundig Onderzoek Servicio de Investigación Agrícola, Holanda
DPI	Derechos de propiedad intelectual
EAPGREN	Eastern Africa Plant Genetic Resources Network
EBDB	European Barley Database

ECP/GR	European Cooperative Programme for Plant Genetic Resources
EPGRIS	European Plant Genetic Resources Information Infrastructure
EURISCO	European Plant Genetic Resources Search Catalogue
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
FMAM	Fondo para el Medio Ambiente Mundial
GCIAI	Grupo Consultivo para la Investigación Agrícola Internacional
GEF	Global Environment Facility
GENIS	Genetic Resources Information System, Holanda
GLP	Buenas prácticas de laboratorio
GMP	Buenas prácticas de manufactura
GRIN	Germplasm Resources Information Network
HR	Humedad relativa
IBPGR	Consejo Internacional de Recursos Fitogenéticos (antecesor de Bioersity International)
ICRISAT	International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics, India
ICWG-GR	Intercenter working group on genetic resources del GCIAI
IGER	Institute of Grassland and Environmental Research, Reino Unido
INIBAP	Red Internacional para el Mejoramiento del Banano y el Plátano
IPGRI	Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (hoy Bioersity International), Italia
IPK	The Leibniz Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Alemania
IRRI	International Rice Research Institute, Filipinas
ISO	Organización Internacional de Normalización
ISTA	International Seed Testing Association
ITC	Centro de Tránsito de INIBAP
KUL	Katholieke Universiteit Leuven, Bélgica
LAMP	Latin America Maize Project
MGIS	Sistema de Información sobre Germoplasma del género <i>Musa</i>
MMO	Muestra más original
NGB	Nordic Gene Bank, Suecia
NKO/STERLAB/ STERIN	Nederlandse Kalibratie Organisatie Instituto de Ordenamiento de los Laboratorios y de los Organismos de Inspección, Holanda
NPGS	National Plant Germplasm System

OMC	Organización Mundial del Comercio
ONG	Organización no gubernamental
PAM	Plan de Acción Mundial para la Conservación y la Utilización Sostenible de los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura
pcGRIN	Personal computer Germplasm Resources Information Network
RCP	Reacción en cadena de la polimerasa
RECSEA-PGR	Regional Co-operation in Southeast Asia for Plant Genetic Resources
REDARFIT	Red Andina de Recursos Fitogenéticos
REMERFI	Red Mesoamericana de Recursos Fitogenéticos
RFG	Recursos fitogenéticos
RFGAA	Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura
SADC	Southern African Development Community
SGRP	System-wide genetic resources programme del GCIAI
SIG	Sistemas de información geográfica
SINGER	System-wide Information Network for Genetic Resources
SPGRC	SADC Plant Genetic Resources Centre
TBRI	Taiwan Banana Research Institute
TI	Tratado Internacional sobre los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura
TROPIGEN	Red Amazónica de Recursos Fitogenéticos
UE	Unión Europea
UNEP	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
UPOV	Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales
URG	Unidad de Recursos Genéticos
USDA	United States Department of Agriculture
VIR	Nicolai Ivanovich Vavilov Research Institute of Plant Industry, Rusia
WARDA	Africa Rice Center, Benin
WIEWS	Sistema Mundial de Información y Alerta Rápida sobre los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura

Anotaciones

Anotaciones



El IPGRI y el INIBAP
operan bajo el nombre
de Bioversity International
y están auspiciados
por el CGIAR

ISBN 92-9043-582-8 (para la versión original en inglés)
ISBN 978-92-9043-767-3 (para la versión en español)