

BANCOS DE SEMILLAS



José Manuel Pita Villamil

Dr. Ciencias Biológicas

Juan B. Martínez Laborde

Dr. Ingeniero Agrónomo

Dpto. Biología Vegetal

E.U.I. Técnica Agrícola

Universidad Politécnica de Madrid



MINISTERIO
DE AGRICULTURA, PESCA
Y ALIMENTACION

SUBSECRETARIA

SECRETARIA GENERAL
TECNICA

BANCO DE SEMILLAS

A mediados del siglo XX comenzó a generalizarse en el sector agrícola la utilización a gran escala de híbridos y otras variedades comerciales genéticamente homogéneas y altamente productivas. Junto a los incrementos de rendimiento que este cambio produjo, se desencadenó de forma paralela un proceso de erosión genética de los cultivos, consistente en la pérdida de numerosos genotipos, y de sus alelos, debido al abandono progresivo del cultivo de las variedades locales tradicionales, más heterogéneas y de menor rendimiento.

La desaparición de estas variedades conllevaba la pérdida de valiosos genes de adaptación a cada medio, de resistencia a plagas y enfermedades, etc. que podrían ser útiles para la obtención, mediante la mejora genética, de nuevos cultivares. A partir de los años sesenta, la comunidad científica y las instituciones, comprendiendo el significado de la erosión genética, reconocieron que todos los cultivos



Fig. 1.- La utilización de variedades comerciales homogéneas es una práctica habitual en Agricultura moderna.



tradicionales y la flora silvestre constituyeran auténticos recursos naturales (*recursos fitogenéticos*) que debían ser conservados; desde este momento se inició el desarrollo de distintas estrategias con el objetivo de evitar su desaparición definitiva.

Existen dos alternativas básicas para la conservación: la conservación *in situ* y la conservación *ex situ*. La primera, en el caso de las plantas silvestres, consiste en el establecimiento de espacios naturales protegidos (parques nacionales, parques naturales, reservas,...), cuya ocupación, uso y explotación por el hombre quedan más o menos restringidos con el objeto de preservar sus ecosistemas y las especies que los constituyen; en el caso de las plantas cultivadas la conservación *in situ* es mucho más difícil de implementar y gestionar, ya que se hace necesario establecer acuerdos y subsidios para que los agricultores acepten continuar cultivando esas variedades y utilizando, en muchos casos, las técnicas tradicionales de cultivo que requieren.

La conservación *ex situ* se basa en la creación de centros donde, fuera de su medio natural o tradicional, se mantienen colecciones de material



Fig. 2.- Los Jardines Botánicos fueron en el siglo XIX los primeros centros de conservación de Recursos Fitogenéticos (Jardín Botánico de Madrid).

(germoplasma) vegetal de manera que permanezca disponible para su cultivo, estudio o utilización en la mejora vegetal. En los jardines botánicos, colecciones de plantas y huertos semilleros o clonales se mantienen especímenes adultos en cultivo, mientras que en los bancos de germoplasma se preservan polen, embriones, yemas..., y, sobre todo, semillas en condiciones adecuadas para que se mantengan viables durante periodos muy prolongados.

Las primeras colecciones de semillas con fines científicos de estudio e investigación se establecieron a fines del siglo XIX y principios del XX. Sin embargo, no es hasta el periodo 1920-50 cuando, debido a la alarmante pérdida de biodiversidad en el sector agrícola, se comienza la recolección y almacenamiento de semillas con fines conservacionistas. Así, en la década siguiente a 1920 se crea el All-Union Institute of Plant Industry en Leningrado (actual N. I. Vavilov Research Institute of Plant Industry, San Petersburgo, Rusia), y en 1940 Estados Unidos inicia la creación de centros de conservación en Ames (Iowa, 1947), Geneva (New York, 1948), Experiment (Georgia, 1949) y Pullman (Washington, 1949), con el mandato de recolectar, multiplicar, evaluar, distribuir y conservar germoplasma vegetal. En estos primeros bancos las semillas se almacenaban a temperatura ambiente, con lo que solo se aseguraba su conservación a corto o medio plazo, siendo necesario multiplicar el material con frecuencia. En 1958 el National Seed Storage Laboratory (Colorado, USA) comienza a conservar colecciones de los principales cultivos (trigo, avena, cebada, maíz, sorgo, arroz, soja, lino, tabaco, algodón) a bajas temperaturas (2 °C), condición que no se establece en el Instituto Vavilov hasta los primeros años de la década de 1970 (Plucknett & al., 1987).

En 1974 se crea el IBPGR (International Board for Plant Genetic Resources), actualmente IPGRI (International Plant Genetic Resources Institute), con el mandato de crear y coordinar una red internacional de centros de conservación de germoplasma vegetal. En la actualidad existen en todo el mundo numerosos Bancos de Semillas que, en el ámbito internacional, nacional e incluso regional, conservan millones de muestras de especies cultivadas y silvestres (FAO, 1996a: www.fao.org). En todos ellos el principio básico para la conservación



de las semillas es mantenerlas con un bajo contenido de humedad y a bajas temperaturas, condiciones que reducen la actividad metabólica, y con ella la intensidad de los procesos implicados en la pérdida de viabilidad y vigor de las semillas.

Los modernos Bancos de Semillas, para cumplir adecuadamente su función de preservar el material genético en ellos depositado, desarrollan una serie de actividades que esencialmente son: adquisición del material, conservación, control de viabilidad, multiplicación/ regeneración, caracterización, distribución y documentación.

Las muestras (o entradas) que llegan a los Bancos de Semillas suelen proceder de recolecciones, pero pueden también provenir de donaciones o intercambios con otras instituciones, lo que asegura la existencia de duplicados del material en distintos centros, como medida de seguridad ante eventuales pérdidas.

La eficacia de las actividades de recolección de un banco de semillas depende de una adecuada planificación de las expediciones en la que se contemple, a medio o largo plazo, los materiales prioritarios a recolectar en función de su riesgo de desaparición, su mayor importancia económica, y la demanda de investigadores y mejoradores. Conviene que grupos multidisciplinarios (documentalistas, botánicos, genetistas, agrónomos,...) se ocupen de esa planificación, así como de la organización de las expediciones, teniendo en cuenta aspectos relativos al cultivo que se quiere recolectar (área de recolección, tamaño de las muestras) y aspectos logísticos (personal auxiliar, transporte, alojamiento, materiales de recolección,...).

La adecuada exploración del área geográfica en la que se va a realizar la recolección requiere la recopilación previa de información sobre la región (cartografía, tipo de vegetación, tipos y áreas de cultivos, características edáficas y climáticas,...). El tamaño de las muestras a recolectar dependerá del tamaño de las poblaciones y del sistema de reproducción de la especie y debe estimarse antes de la recolección para asegurar que el material que se recolecte recoja la mayor variabilidad genética posible. Se deberá disponer de un vehículo adecuado y del material necesario para la recogida y transporte de las muestras (sacos, sobres, etiquetas, prensas para


herborizar pliegos testigo.....). Durante la expedición se deben recoger, de forma estandarizada, los datos botánicos, geográficos, etc., que deberán quedar asociados a cada muestra una vez ésta haya entrado al banco de semillas, tal como debe estar previsto en el sistema de documentación del centro (Guarino & al., 1995).

La entrada de las muestras al banco debe ser registrada asignando a cada una un número secuencial (número de entrada o número de accesión) que permitirá distinguirla inequívocamente del resto de las muestras. Un sistema de registro inadecuado impedirá una correcta documentación de las entradas almacenados en el centro y con ello una eficaz gestión del material que se quiere conservar (Painting & al., 1995).

Las muestras, sobre todo si se han recolectado en el campo, suelen venir acompañadas por materiales residuales (suelo, insectos, restos vegetales.....), que deben ser eliminados antes de almacenarlas. La limpieza de las muestras se puede realizar de forma manual, mediante gradillas de diferente tamaño o aventadoras; en última instancia el peso y el tamaño de las semillas, así como las características de los materiales que se quieren eliminar, determinarán cuál o cuáles son en cada caso los



Fig. 3.- El método más adecuado para la limpieza de las semillas viene determinado por su tamaño y por la naturaleza de los materiales que se quieren eliminar.



métodos de limpieza más adecuados. Tras esta primera etapa, se deben quitar de la muestra las semillas con daños mecánicos o atacadas por insectos u hongos, que estarán muertas o presentarán bajo vigor. También se deberían separar las semillas en las que no se ha completado el desarrollo del embrión (semillas inmaduras, semillas vacías); no obstante, esta condición es en ocasiones difícil de apreciar a simple vista, por lo que conviene, sobre todo si se sospecha una alta incidencia de semillas vanas, recurrir a técnicas especiales (p. ej. rayos X) para poder detectarlas y proceder a su eliminación (Hanson, 1985).

Los métodos de limpieza no suelen provocar daños, excepto cuando las semillas presentan un elevado contenido en humedad (>16%), en cuyo caso es recomendable el secado de las muestras antes de proceder a su limpieza.

Un contenido en humedad inadecuado implicará además, un rápido deterioro de las semillas, por lo que conviene realizar su determinación y, si es necesario, proceder a la desecación de las muestras antes de su almacenamiento. Los métodos para determinar el contenido de humedad de las semillas son muy variados, pero el IPGRI recomienda la utilización, en términos generales, de la metodología propuesta por la International Seed Testing Association (ISTA, 1996): las semillas deben mantenerse en el interior de una estufa hasta su total desecación, ya sea a baja temperatura (101-105 °C / 15-17 h) o a alta temperatura (130-133 °C / 2-4 h). Según la ISTA la determinación debe realizarse utilizando dos repeticiones de 4 g de semillas cada una; no obstante, por tratarse de métodos destructivos, el IPGRI recomienda, para minimizar la pérdida de material, utilizar 0,5 g en cada repetición. La fiabilidad de los resultados debe asegurarse realizando las pesadas en una balanza que aprecie décimas de miligramo. Los resultados se expresarán como porcentaje de humedad sobre el peso fresco (Hanson, 1985).

En algunos casos son necesarias modificaciones de los protocolos: si las semillas son de gran tamaño deben ser previamente trituradas, si presentan un contenido inicial de humedad superior al 10% es recomendable su predesecación, y si tienen un alto contenido en aceites la temperatura de desecación debe ser lo más cercana posible a los 100 °C, lo cual disminuye al máximo la evaporación de los aceites, evitándose falsos resultados.

Si el contenido de humedad de la muestra está por encima del 8%, se debe proceder a su desecación. Las semillas pueden colocarse en recipientes herméticos con agentes deshidratantes (gel de sílice, cloruro cálcico), o bien en cámaras de desecación en las que, a una temperatura y humedad constante (p. ej. 20 °C / 20%HR), las semillas equilibran su contenido de humedad entre el 6 y el 8% al cabo de unos 20-30 días de almacenamiento.

Las semillas de un gran número de especies toleran su desecación parcial: son las denominadas semillas ortodoxas. Sin embargo, en las llamadas semillas recalcitrantes e intermedias la disminución del contenido de humedad por debajo de un determinado valor reduce drásticamente su viabilidad (Tabla I). Este contenido crítico de humedad varía en las diferentes especies (en el cacao es el 23% y en *Avicennia marina* el 61%), pero también depende del método de desecación utilizado. La conservación de semillas recalcitrantes no es factible en las condiciones habituales de los Bancos de Semillas; otros métodos de conservación (Bancos de Cultivo *in vitro*, Colecciones de Plantas,



Fig. 4.- La desecación de las semillas se puede realizar manteniendolas almacenadas en cámaras de desecación hasta que su contenido de humedad se sitúa entre el 6-8%.

Crioconservación de semillas o embriones) son las alternativas para preservar este tipo semillas (Hong & Ellis, 1996).

Es conveniente evaluar la viabilidad de las semillas antes de almacenarlas, ya que una elevada viabilidad inicial es un factor esencial para asegurar una mayor longevidad. Para determinar la viabilidad el método más adecuado es la realización de ensayos de germinación: 100-200 semillas, distribuidas en 2-4 repeticiones, se incuban en cámaras con control de temperatura e iluminación, sobre papel de filtro humedecido con agua destilada; la emergencia de la radícula es habitualmente el criterio por el que se considera que una semilla ha germinado. Se recomienda que, para proceder al almacenamiento, la germinación se sitúe entre el 75-85%. Si se supone que las semillas son durmientes, sobre todo en el caso de especies silvestres, se deben

Especie	Tipo de semilla
<i>Artocarpus heterophyllus</i>	R
<i>Camellia sinensis</i>	I
<i>Carica papaya</i>	I
<i>Castanea sativa</i>	R
<i>Citrus limon</i>	I
<i>Cocos nucifera</i>	R
<i>Coffea arabica</i>	I
<i>Cola nitida</i>	R
<i>Corylus avellana</i>	R
<i>Dipterocarpus baudi</i>	R
<i>Durio zibethinus</i>	R
<i>Hevea brasiliensis</i>	R
<i>Juglans nigra</i>	R
<i>Mangifera indica</i>	R
<i>Passiflora edulis</i>	I
<i>Piper nigrum</i>	I
<i>Quercus spp.</i>	R
<i>Theobroma cacao</i>	R
<i>Zizania aquatica</i>	R


Tabla I.- Algunas especies con semillas recalcitrantes (R) o intermedias (I).



Fig. 5.- Los ensayos de germinación son el método habitualmente utilizado en los Bancos de Semillas para evaluar la viabilidad de las semillas.



Fig. 6.- En el test bioquímico del tetrazolio la coloración de los tejidos del embrión se utiliza como indicador de la viabilidad de las semillas.



realizar tratamientos específicos para romper la dormición (Ellis & al., 1985). El test bioquímico del tetrazolio (ISTA, 1996) también evalúa la viabilidad del embrión, pero desde un punto de vista técnico es más complejo y en semillas de pequeño tamaño es prácticamente imposible de utilizar, por lo que no es recomendable su utilización, de forma rutinaria, en los Bancos de Semillas.

La determinación del contenido de humedad y de la viabilidad implican la utilización destructiva de una parte de la muestra, lo que constituye una pérdida de material o erosión genética que con frecuencia es preferible evitar. Por otra parte, su realización implica la necesidad de personal, infraestructuras (cámaras de germinación, destiladores.....) y material fungible (placas de Petri, papel de filtro.....) cuyos costes económicos en muchas ocasiones no pueden asumirse por las limitaciones presupuestarias del centro. Por todo ello, a veces, especialmente en el caso de las semillas de especies silvestres, se omiten ambas pruebas, de manera que las muestras se almacenan directamente tras su limpieza y desecación.

Por último, el almacenamiento de las semillas debe realizarse en contenedores (de plástico, vidrio, metal.....) que aseguren que el contenido de humedad de la muestra no varíe a lo largo del tiempo. Por ello, antes de adoptar un determinado tipo de recipiente, debe comprobarse la hermeticidad de su cierre y la posible porosidad del material del que está hecho.

El almacenamiento en cámaras refrigeradas permite el control del segundo factor que se considera esencial para asegurar la conservación en los Bancos de Semillas: la baja temperatura. En este punto es necesario distinguir entre colecciones base y colecciones activas. Las colecciones base están constituidas por un conjunto de muestras que se conservan a largo plazo. Las condiciones idóneas para este tipo de colecciones son una temperatura de almacenamiento de $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ y un contenido de humedad de las semillas del 3-7%; cuando no se puedan mantener estas condiciones, se considera aceptable una temperatura inferior a $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ (FAO/IPGRI, 1994). El material conservado en este tipo de colecciones no suele ser ofrecido ni distribuido a los posibles usuarios, debiéndose regenerar cuando la germinación resulte menor del 85%.



Fig. 7.- Tras su desecación y empaquetado en recipientes adecuados, las semillas se almacenan en cámaras refrigeradas.

En las colecciones activas las condiciones son menos estrictas (temperatura 0-5 °C, contenido de humedad 7-8%) dado que se pretende conservar el material a medio plazo (10-20 años). Durante este periodo la viabilidad de las muestras no debe disminuir por debajo del 65% de germinación (FAO/IPGRI, 1994). Las muestras de las colecciones activas se utilizan habitualmente para diversos fines: intercambio, investigación, multiplicación, etc. Además de estos dos tipos de colecciones, existen colecciones de mejora, que se mantienen en condiciones menos estrictas, dado que sus muestras son utilizadas periódicamente por los mejoradores.

El número de semillas que debe almacenarse debería representar la mayor variabilidad genética del material que se quiere conservar. Actualmente se recomienda que el número de semillas por entrada sea de entre 1.000 y 2.000 semillas, si bien se reconoce que en el caso de materiales genéticamente heterogéneos el número de semillas debería ser mayor (Plucknett & al., 1987).



Durante el desarrollo de estas tareas se genera un gran número de datos (datos de recolección, datos de viabilidad, contenido en humedad, tamaño de la muestra, tipo de contenedor, lugar de almacenamiento.....) que deben recopilarse adecuadamente, ya que constituyen una información de gran valor, tanto desde un punto de vista científico como para la gestión del propio banco. Para registrar esta información se debe disponer de un adecuado sistema de documentación que actúe de forma integrada con el resto de los procesos que tienen lugar en el banco de semillas (Painting et al., 1995).

Además de este conjunto de datos (datos de pasaporte/gestión) es recomendable que para cada entrada se obtengan los denominados datos de caracterización, de gran interés en el momento de seleccionar el material para su utilización en programas de mejora, así como para verificar la identidad de las muestras. Los datos de caracterización hacen referencia a características del material fácilmente observables, con una elevada heredabilidad y que se expresan en cualquier ambiente. Son, por tanto, caracteres que para un genotipo dado se pueden considerar más o menos invariables y que permiten una descripción básica de las muestras. Entre estos caracteres observados se encuentran de tipo morfológico (tamaño de las semillas, color de las flores,.....), agronómicos, y también bioquímicos (patrones isoenzimáticos,.....). Para caracterizar un determinado material vegetal se aconseja recurrir a las listas de descriptores que periódicamente publica el IPGRI para diferentes cultivos y especies silvestres relacionadas (www.cgiar.org/ipgri).

Durante el almacenamiento las semillas sufren un progresivo deterioro o envejecimiento, debido a la acumulación de metabolitos tóxicos, cambios en el material genético (mutaciones, daños cromosómicos), etc. Es aconsejable controlar periódicamente la viabilidad de las muestras para comprobar que se mantiene por encima del 65-85% de germinación. En caso contrario debería procederse a la regeneración de la muestra, que consiste en su renovación mediante el cultivo de una submuestra al azar de sus semillas, en condiciones que aseguren el mantenimiento de las características genéticas de la población original.

Si bien sería deseable disponer de un único protocolo de regeneración, las diferentes características de las muestras lo impiden, por lo que los responsables de los Bancos de Semillas deben diseñar protocolos, lo suficientemente flexibles como para adecuarse a los requerimientos de los diferentes materiales. En cualquier caso, sus objetivos serán: optimizar la cantidad y calidad de las semillas que se produzcan, mantener la integridad genética de la muestra y minimizar los costes económicos del proceso. Para ello será necesario tener en cuenta la composición genética de la muestra y su viabilidad, así como diferentes aspectos de su biología, adaptación a diferentes condiciones ambientales, fisiología de las semillas, sistema de reproducción, asociaciones simbióticas, enfermedades y plagas, etc. En muchos casos, esta información no está disponible y los responsables deben tomar las decisiones sobre la base de su propia experiencia e intentar compensar la falta de información incrementando las precauciones durante la regeneración (Sackville-Hamilton, 1997).

Durante la regeneración el material puede perderse por multitud de causas (plagas, enfermedades, sequía) o bien sufrir cambios en su composición genética que resulten de una incidencia importante de los procesos de erosión o deriva genéticas. Estos riesgos, sumados a su elevado coste (necesidad de mano de obra e instalaciones), hacen que la regeneración sea una operación que conviene evitar, asegurando unas condiciones de almacenamiento que permitan el mantenimiento de la viabilidad durante el mayor tiempo posible.

La distribución y utilización del material conservado es una de las principales actividades de los Bancos de Semillas. La distribución de semillas a los mejoradores o investigadores debe realizarse a partir del material almacenado en las colecciones activas. El material debe enviarse en condiciones que eviten los efectos perjudiciales del transporte (cambios bruscos de temperatura, daños mecánicos) sobre las semillas. Se recomienda que las semillas se empaqueten en sobres de aluminio sellados térmicamente. Las muestras deben ir acompañadas de los datos de pasaporte y de caracterización, así como, si es posible, de un certificado fitosanitario. Por último, la salida y las características del material enviado se deben recoger en el sistema de documentación del propio banco.



Fig. 8.- La regeneración de las muestras es un proceso complejo y costoso, en el que el material puede perderse por diferentes causas (plagas, enfermedades, sequía,...).

La distribución de material, si bien permite la duplicación de las colecciones, es también, junto a los controles de viabilidad, la principal causa de la disminución del tamaño de las muestras almacenadas en los Bancos de Semillas, además de constituir un proceso costoso económicamente. Conviene por tanto establecer limitaciones: se recomienda que no se envíen más de 50-100 semillas de cada muestra, y solo en los casos en los que la solicitud se considere adecuadamente justificada. Aparte de estas limitaciones, en general puede considerarse que, a nivel mundial, hay una total disponibilidad de germoplasma de los principales cultivos, excepto de aquellos materiales almacenados por ciertos países que, por razones políticas o económicas, no aceptan el libre intercambio de recursos fitogenéticos.

En la actualidad, según el reciente "Informe sobre el Estado de los Recursos Fitogenéticos en el Mundo" (FAO,1996a; www.fao.org), existen cerca de 400 Bancos de Semillas con instalaciones de conservación a largo o medio plazo, con un total de muestras almacenadas (entradas) cercano a los seis millones, de las que el 50% se mantienen en colecciones base.

Los diferentes cultivos no están representados por igual en el conjunto de los Bancos de Semillas: la mayor parte de las muestras son cereales (50-60%), seguidos de las legumbres utilizadas en el consumo humano (15-20%), correspondiendo el resto a hortalizas, forrajeras, aromáticas, cultivos industriales, etc. En este conjunto de muestras, se estima que el 48% corresponde a cultivares modernos o líneas de mejora, el 36% a cultivares tradicionales y el 15% a especies silvestres emparentadas con las cultivadas.

Entre los Bancos de Semillas existentes en el mundo son de destacar los dependientes del CGIAR (Consultative Group on International Agricultural Research), el NSSL (National Seed Storage Laboratory) en Estados Unidos y el Instituto Vavilov en Rusia, en el que se conserva la mayor colección de cereales del mundo (Tabla II).

En España el Centro de Recursos Fitogenéticos, perteneciente al Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias almacena, entre colección base y colección activa, cerca de 27.000 entradas, entre las que destacan, al igual que en el contexto internacional, las correspondientes a cereales y leguminosas. En este centro, tal como establece el Programa Nacional de Recursos Fitogenéticos del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (B.O.E. 22-III-1994), se mantienen duplicados de otros Bancos de Semillas nacionales.

La actual red mundial de Bancos de Semillas, que inició su desarrollo en la década de 1970, ha sido esencial para la conservación de una biodiversidad en grave peligro de desaparición. No obstante, a lo largo de estos años se han puesto de manifiesto numerosos problemas que cuestionan su eficacia para la conservación a largo plazo. Muchos Bancos de Semillas, debido a falta de financiación suficiente, no son capaces de mantener adecuadamente sus actividades por escasez de equipos y personal. Esta situación es particularmente grave en algunos países en desarrollo, en los que destacan la falta de equipos de refrigeración, de limpieza de semillas y de desecación, a lo que se une, en muchos casos, la falta de un suministro constante de energía eléctrica. Por otro lado, el inevitable deterioro de las semillas durante el almacenamiento y la imposibilidad, por falta de infraestructuras y personal, de llevar a cabo la regeneración, han provocado a lo largo de los años la pérdida de numerosas muestras en todo el mundo (FAO, 1996a; www.fao.org).



<i>Instituto</i>	<i>País</i>	<i>Número de entradas</i>
Institute of Crop Germplasm	China	300.000
National Seed Storage Laboratory	USA	268.000
N.I. Vavilov Institute	Rusia	177.680
National Institute of Agrobiological Resources	Japón	146.091
National Bureau of Plant Genetic Resources	India	144.109
Rural Development Administration	Corea del Sur	115.639
Plant Genetic Resources Centre	Canadá	100.000
Institute for Plant Genetics and Crop Plant Research	Alemania	103.000
National Centre for Genetic Resources	Brasil	60.000
Federal Research Centre of Agriculture	Alemania	57.000
Istituto de Germoplasma	Italia	55.806
Biodiversity Institute	Etiopía	54.000
Institute for Agrobotany	Hungría	45.833
Plant Breeding & Acclimatization Institute	Polonia	44.883
National Plant Genetic Resources Laboratory	Filipinas	32.446

Tabla II.- Principales colecciones internacionales de germoplasma
(FAO. 1996a; www.fao.org)

Por ello se ensayan nuevas alternativas para la conservación de semillas, que sean capaces de minimizar los costes de gestión y el deterioro natural que se produce con los sistemas tradicionales de conservación; entre los métodos alternativos destaca la crioconservación. En la crioconservación, las semillas se almacenan a temperaturas inferiores a $-130\text{ }^{\circ}\text{C}$, habitualmente mediante su inmersión en nitrógeno líquido ($-196\text{ }^{\circ}\text{C}$). En estas condiciones el metabolismo se detiene, y con ello se anulan los procesos de deterioro responsables de la pérdida de viabilidad de las semillas con lo que se asegura, en teoría, su conservación por tiempo indefinido (Bajaj, 1995).

La influencia de numerosos factores debe ser evaluada antes de poder utilizar la crioconservación: contenido de humedad, tamaño y anatomía de las semillas, y las velocidades de enfriamiento y recalentamiento. Los resultados obtenidos en diferentes trabajos indican que la crioconservación puede ser utilizada con semillas de numerosas plantas cultivadas, silvestres, forestales o medicinales. La crioconservación es



Fig. 9.- En el Centro de Recursos Fitogenéticos del Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias se conservan importantes colecciones de semillas, entre las que destacan las de cereales y leguminosas.

asimismo especialmente prometedora para la conservación de semillas recalcitrantes. Por otra parte, se muestra como una de las alternativas más idóneas para la conservación de semillas, sobre todo en los países en vías de desarrollo, por su simplicidad y eficiencia, así como por sus bajos costes (Engelmann & Takagi, 2000).

En una etapa de profundas transformaciones en el sector agrícola europeo, los recursos fitogenéticos almacenados en los Bancos de Semillas pueden ser el punto de partida para la obtención de nuevos cultivos y la recuperación de cultivos tradicionales que, por su importancia alimenticia, su valor ornamental o su potencial utilización en la industria cosmética o farmacéutica, pueden ser alternativas de gran interés para los agricultores que, por razones políticas o económicas, están forzados a abandonar la explotación de sus actuales cultivos. Asimismo, en los Bancos de Semillas se conserva un patrimonio biológico y económico esencial para la seguridad alimentaria de la Humanidad. En el año 2025 la población mundial se estima que



Fig. 10.- La criopreservación de semillas asegura el mantenimiento de su viabilidad por tiempo indefinido.

alcanzará los 8.300 millones de personas, y para alimentarla la producción agrícola deberá aumentar, según la FAO, en un 75% en los próximos 30 años. Ello obligará a la obtención de nuevas variedades altamente productivas y resistentes, para lo cual la información genética que aún no se ha perdido será un elemento imprescindible. Por tanto, durante el próximo siglo se puede prever que la utilización de los recursos fitogenéticos se incrementará drásticamente. Los países que hayan tomado las adecuadas medidas políticas, económicas y científicas para la conservación de sus recursos fitogenéticos (FAO, 1996b; www.fao.org) dispondrán de un patrimonio de incalculable valor económico y estratégico. Para ello deberán desarrollar políticas gubernamentales que estimulen el estudio de la biodiversidad, impulsen la diversificación de los cultivos, promuevan una agricultura sostenible y respetuosa con el medio ambiente y, en general, desalienten o impidan cualquier actividad que signifique un perjuicio para el planeta y sus ecosistemas. En este contexto, los Bancos de Semillas son una pieza clave para la conservación *ex situ* de germoplasma de las variedades cultivadas, de las especies silvestres directamente emparentadas, y en general de toda la flora espontánea.

BIBLIOGRAFÍA

Bajaj, Y.P.S. (1995). Cryopreservation of Plant Germplasm I. Biotechnology in Agriculture and Forestry 32. Ed. Springer-Verlag.

Ellis, R.H.; Hong, T.D.; Roberts, E.H. (1985). HandBook of Seed Technology for Genebanks. Volume I. Principles and Methodology. International Board for Plant Genetic Resources.

Ellis, R.H.; Hong, T.D.; Roberts, E.H. (1985). HandBook of Seed Technology for Genebanks. Volume II. Compendium of Specific Germination Information and Test Recommendations. International Board for Plant Genetic Resources.

Engelmann, F.; Takagi, H. (2000). Cryopreservation of Tropical Plant Germplasm. Current Research Progress and Application. Japan International Research Center for Agricultural Sciences. Tsukuba, Japan/International Plant Genetic Resources Institute.

FAO (1996a). Report on the State of the World's Plant Genetic Resources for Food and Agriculture. (www.fao.org).

FAO (1996b). Global Plan of Action for the Conservation and Sustainable Utilization of Plant Genetic Resources for Food and Agriculture. (www.fao.org).

FAO/IPGRI (1994). Genebank Standards. Food and Agriculture Organization of the United Nations. International Plant Genetic Resources Institute.

Guarino, L.; Ramanatha-Rao, V.; Reid, R. (1995). Collecting Plant Genetic Diversity. Technical Guidelines. Ed. CAB International.

Hanson, J. (1985). Procedures for Handling Seeds in Genebanks. International Board for Plant Genetic Resources.

Hong, T.D.; Ellis, R.H. (1996). A Protocol to Determine Seed Storage Behaviour. IPGRI Technical Bulletin no. 1. International Plant Genetic Resources Institute.

ISTA (1996). International Rules for Seed Testing. Seed Science and Technology, 24. Supplement.

Painting, K.A.; Perry, M.C.; Denning, R.A.; Ayad, W.G. (1995). Guidebook for Genetic Resources Documentation. International Plant Genetic Resources Institute.

Plucknett, D.L.; Smith, N.J.H.; Williams, J.T.; Murthi-Anishetty, N. (1987). Gene Banks and the World's Food. Ed. Princeton University Press.

Sackville-Hamilton, N.R.; Chorlton, K.H. (1997). Regeneration of Accessions in Seed Collections: a decision guide. Handbook for Genebanks No. 5. International Plant Genetic Resources Institute.



CENTRO DE PUBLICACIONES

Paseo de la Infanta Isabel, 1 - 28014 Madrid