

# CONSERVACIÓN DE LOS RECURSOS FITOGENÉTICOS. ASPECTOS CONCEPTUALES

Odalys Isasi

Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey"  
Central España Republicana, CP 44280, Matanzas, Cuba  
E-mail: [isasi@indio.atenas.inf.cu](mailto:isasi@indio.atenas.inf.cu)

Los recursos fitogenéticos representan una garantía para la seguridad alimentaria del planeta. Estos recursos son la materia prima de los fitomejoradores y el aporte imprescindible para los agricultores; por lo tanto, son fundamentales para la producción agrícola sostenible, la conservación, la utilización y la distribución justa y equitativa de los beneficios derivados de su uso (Fundora, Castiñeiras, Torres, Pérez, Fernández y Estévez, 1997).

Los adelantos más importantes conseguidos por los países desarrollados y los países en desarrollo en materia de productividad agrícola han dependido, en gran medida, del acceso a una amplia variedad de recursos filogenéticos; en contraste, en años recientes varios factores, incluyendo la sustitución de genotipos locales por variedades mejoradas o híbridos, la deforestación, el cambio en las tecnologías agrícolas, el aumento de la población, la industrialización, la extensión de la frontera agrícola y el abuso de los agroquímicos, han causado una rápida y profunda erosión de los recursos fitogenéticos y con ello la pérdida de la diversidad genética, la cual en muchos casos se encuentra pobremente explorada y caracterizada (Villalobos y Engelmann, 1995).

Esta pérdida de la variabilidad pone en peligro la estabilidad económica y social de los países, ya que aumenta la vulnerabilidad ante el estrés ambiental o biótico. Por esta razón, es necesario reforzar los mecanismos para su conservación a través de la creación de colecciones custodiadas en bancos de germoplasma y reservas de la biosfera.

Tomando como punto de partida lo antes expuesto, el objetivo de este artículo es dar a conocer los aspectos conceptuales y las actividades relacionadas con la conservación de los recursos fitogenéticos, los factores que se deben tener en cuenta para la conservación en los bancos de semillas, así como las diferentes estrategias para conservar el germoplasma.

## Definición de recursos fitogenéticos

Los recursos de un país están compuestos por los medios con que cuenta para satisfacer sus necesidades actuales y futuras, los cuales constituyen una parte indisoluble de su patrimonio nacional (FAO, 1996). Entre los principales recursos existentes se encuentran los fitogenéticos, que se definen como unidades biológicas con una variabilidad heredable de valor presente o potencial (Alvarez, citado por Jaramillo y Baena, 2000).

Esquinas (1981) y Chang (1994) los definen como el material genético de plantas, animales y otros organismos que determina sus características y, por ende, su habilidad para adaptarse y sobrevivir.

Por su parte, Hawkes (1991) planteó que constituyen los genotipos o poblaciones de cultivos que se mantienen en forma de semillas, tejidos, plantas, etc.

Hidalgo (1991) los definió como la suma de todos los genes resultantes de la evolución de una especie y comprenden desde especies silvestres con potencial agrícola hasta genes clonados.

El término recursos genéticos encierra la implicación de que el material que se conservará tiene o puede tener valor económico utilitario (FAO, 1996a), por lo que incluye cultivos tradicionales, cultivos modernos, plantas silvestres afines y otras especies silvestres que pueden ser utilizadas para la alimentación, fibras, ropas, cobijo, energía, etc.

Dentro del concepto de recursos genéticos de una especie, se tienen en cuenta varios factores, en dependencia de si se trata de una especie domesticada o no. La gran mayoría de las especies que son de importancia para el hombre se incluyen dentro del grupo de las domesticadas, es decir, aquellas que han sufrido una presión de selección y de uso intensivo.

## Clasificación de los recursos fitogenéticos

Desde el punto de vista evolutivo los recursos fitogenéticos se clasifican, según Ramanatha-Rao y Riley (1994); Frankel, Brown y Burton (1995) y FAO (1996), en cuatro grandes grupos:

1. Especies silvestres y formas regresivas (Hanken, Stalker y Prescott, citados por Frankel et al., 1995).
2. Variedades de agricultura tradicional
  - Razas nativas
  - Cultivares primitivos
3. Producto de los programas científicos de mejoramiento
  - Cultivares modernos y obsoletos
  - Líneas avanzadas mutantes
  - Materiales sintéticos
4. Producto de la biotecnología e ingeniería agrícola
  - Plantas transgénicas
  - Fragmentos de ADN
  - Genes clonados
  - Genes marcadores
  - Germoplasma de cloroplastos y otros.

Los grupos anteriormente citados son una generalización de los componentes de los recursos genéticos de una especie, los cuales son tratados de diferentes maneras por distintos autores.

Chang (1985) indica que el recurso genético del germoplasma de una especie tiene tres fuentes principales:

1. Germoplasma de los centros de diversidad.
2. Germoplasma de los centros de cultivo.
3. Germoplasma de los programas de mejoramiento.

Por su parte, Esquinas (1981) propone dos grandes clases:

1. Especies cultivadas
2. Especies silvestres

Dentro de las especies cultivadas identifica cuatro grupos.

1. Variedades comerciales
2. Variedades locales
3. Variedades tradicionales
4. Líneas de mejoramiento

Dentro de las especies silvestres identifica tres grupos.

1. De uso directo
2. De uso indirecto
3. De uso potencial

Cualquiera que sea el tipo de clasificación que se utilice para agrupar los recursos fitogenéticos de una especie, lo importante es tratar de coleccionar todo el espectro de variabilidad genética que se ha producido durante la domesticación de las especies.

### **¿Qué es el germoplasma de un determinado cultivo? ¿Qué es un banco de germoplasma y cómo se clasifica?**

**Germoplasma.** Se aplica a la estructura genética que porta la suma total de características hereditarias de una especie (EMBRAPA, 1996). La palabra germoplasma supone que la estructura puede dar origen a una nueva generación, transmitiendo sus características genéticas.

El germoplasma que compone las colecciones de los recursos fitogenéticos es la base del caudal genético y reúne un conjunto de materiales hereditarios de una especie.

**Banco de germoplasma.** Se aplica a la estructura física donde las colecciones de germoplasma son conservadas en forma de células, semillas y plantas.

Otros autores, como Leal (1997), utilizaron la definición de banco de genes para referirse a la base física donde el germoplasma es conservado en forma de semillas, explantes o plantas en el campo; este autor plantea que generalmente son centros o instituciones públicas o privadas.

La denominación bancos de genes ha sido adoptada por el IBPGR (1991) para indicar la estructura y el local del sistema de recursos genéticos donde los genotipos son conservados. Esta denominación difiere de banco genómico, que ha sido utilizada para designar la estructura física dedicada a la conservación de DNA y sus fragmentos (EMBRAPA, 1996).

Los bancos de germoplasma se establecen para cumplir los objetivos de la conservación de una institución de investigación, un país o una región. En estos se realizan diferentes actividades, que van desde adquirir el germoplasma, conocer sus características y utilidad potencial y asegurar su supervivencia, hasta mantenerlo disponible para los usuarios y difundir información que estimule su utilización.

Los bancos de germoplasma se clasifican por:

- El tipo de muestra
- El número de especies que conservan
- El mandato institucional

Según el tipo de muestra, pueden ser:

- Bancos de semilla
- Bancos de polen
- Bancos de clones
- Bancos de conservación *in vitro*
- Bancos de ADN
- Criobancos o bancos de crioconservación

Los bancos de germoplasma, según el número de especies que conservan, pueden ser monoespecíficos y poliespecíficos, que conservan, respectivamente, una o pocas especies a corto y mediano y largo plazo.

Los bancos poliespecíficos se establecen a manera de centro nacional de recursos fitogenéticos de un determinado país y conservan colecciones de germoplasma de interés económico, cultural, científico y social.

Los bancos de germoplasma, según el mandato institucional, son:

- Institucionales
- Regionales
- Internacionales

Los bancos institucionales únicamente conservan el germoplasma utilizado para la investigación por el instituto al cual están adscritos; un ejemplo lo constituye la Universidad General de Vicosá (Brasil), donde se conservan *Lycopersicum* y *Solanum*.

Los bancos regionales se establecen como empresa colaborativa entre varios países, para conservar el germoplasma y apoyar la investigación de una determinada región. Un ejemplo en América Latina lo constituye el banco de conservación del CATIE, en Costa Rica.

Los bancos ubicados en los centros internacionales conservan germoplasma de un determinado cultivo y de otros cultivos bajo su mandato. Ej.: el banco del CIAT de Colombia, que conserva forrajeras tropicales.

### **¿Qué es una colección de germoplasma?. ¿Cómo se clasifican las colecciones de germoplasma *ex situ*?**

Dentro de las colecciones relacionadas con la conservación de la diversidad genética, el IBPGR (1991) considera: colección de germoplasma para indicar la colección que mantiene genotipos, genes o alelos de una especie en particular obtenidos de fuentes o locales ecogeográficos diferentes, organizados con una estructura adecuada para promover su conservación y utilización como fuente de material genético para los trabajos de mejoramiento genético (EMBRAPA, 1996).

Según Jaramillo y Baena (2000), la colección de germoplasma es una congregación de accesiones representativas de una variación genética objetivo de conservación y/o utilización.

También ha sido utilizado el término colecciones de recursos fitogenéticos vegetales para indicar una colección que mantiene accesiones de una especie o varias especies de interés y de los parientes silvestres relacionados (EMBRAPA, 1996).

Existen dos aspectos importantes que se deben considerar en la organización de una colección de germoplasma:

1. Las colecciones deben poseer el máximo de la diversidad genética existente.
2. Las muestras poblacionales utilizadas para la colecta y la regeneración de germoplasma deben ser establecidas considerándose el tamaño de la población efectiva y la frecuencia alélica (Sackville y Chorlton, 1997).

Las colecciones de germoplasma *ex situ* se clasifican en:

- Colección de base
- Colección activa

- Colección núcleo
- Colección de trabajo

**Colección de base.** Esta colección está dedicada a conservar y preservar el germoplasma a través del uso de procedimientos para la conservación a largo plazo a través de la utilización de procesos de refrigeración con humedad relativa entre 4 y 6 % a temperaturas de  $-18$  y  $-20^{\circ}\text{C}$ .

Su estructura está definida de forma tal que permita liberar muestras de germoplasma para realizar los procedimientos de multiplicación inicial y de regeneración.

Esta colección constituye la principal fuente de variabilidad genética para la especie de interés, por incluir las accesiones de interés científico, tecnológico, socioeconómico y cultural para la demanda actual.

**Colección activa.** Conserva muestras de accesiones de germoplasma utilizando procedimientos para la conservación a mediano plazo con temperaturas por encima de  $0^{\circ}\text{C}$  y por debajo de  $15^{\circ}\text{C}$  y humedad de las semillas entre 3 y 7 %.

Mantiene el germoplasma con demanda actual en multiplicación inicial, regeneración, caracterización y evaluación. Los procedimientos de incorporación y descarte de accesiones se realizan continuamente.

La estructura física que conserva las colecciones activas se denomina banco activo de germoplasma.

**Colección núcleo.** El concepto de colección núcleo es aplicado a las colecciones de germoplasma en las que con un 10-15 % del tamaño de la colección original, se representa el 70-80 % de la variabilidad genética disponible de la especie de interés y de los parientes silvestres.

La colección núcleo se establece para facilitar el manejo y fomentar la utilización del germoplasma. Esta colección permite detectar duplicados en la colección base y establecer prioridades para caracterizar y evaluar las muestras; además, ofrece fácil acceso a los materiales conservados (Pérez-Ruiz y Frankel, citados por Jaramillo y Baena, 2000).

**Colección de trabajo o colección del mejorador.** Se establece para suministrar germoplasma a investigadores, instituciones o programas de investigación y/o mejoramiento.

## ¿Qué es la conservación de los recursos filogenéticos? ¿Cuáles son los métodos de conservación?

**Conservación.** En un sentido más amplio, es el conjunto de actividades y políticas que aseguran la continua disponibilidad y existencia de un recurso. En un sentido más estrecho, es el almacenamiento y la salvaguarda del germoplasma en condiciones ideales, que permite la mantención de su integridad.

La conservación de los recursos fitogenéticos es una labor continua, de largo plazo, que implica inversiones importantes en tiempo, personal, instalaciones y operación, justificable en función de las necesidades, no del deseo o conveniencia de conservar un material.

Las razones para conservar y las especies objeto de la conservación se deben definir sobre la base de criterios lógicos, científicos y económicos como la necesidad, el valor y uso de las especies, y la factibilidad de conservarlas (Maxted, Ford-Lloyd y Hawkes, 1997).

**Conservación estática.** Tipo de conservación que detiene los procesos naturales de evolución y coevolución de los recursos genéticos, debido a que los conserva aislados, fuera de su hábitat natural; el término se aplica específicamente a la conservación *ex situ*. El almacenamiento de las semillas es un método estático de conservación de los recursos fitogenéticos.

## Métodos de conservación de los recursos fitogenéticos

Los métodos de conservación de los recursos fitogenéticos pueden clasificarse en dos grandes grupos: métodos de conservación *in situ* y métodos de conservación *ex situ* (fig. 1); a su vez, cada método puede incluir varias alternativas.

El método *in situ* implica la conservación de la diversidad en su hábitat natural, donde las especies de plantas se desarrollan o se encuentran. Este tipo de conservación es dinámicamente opuesto a la naturaleza semiestática de la conservación *ex situ* y está provista de especies o poblaciones con un desarrollo oportuno bajo condiciones naturales (Kanowski y Boshier, 1997).

La conservación *in situ* puede incluir varias alternativas:

1. Preservación de vastas zonas para conservar plantas y animales como una biomasa integral.
2. Preservación de especies silvestres en comunidades naturales no denominadas como reservas.
3. Preservación de las domesticadas, es decir, las razas nativas en sus áreas de cultivos tradicionales (Frankel y Soulé, 1991).

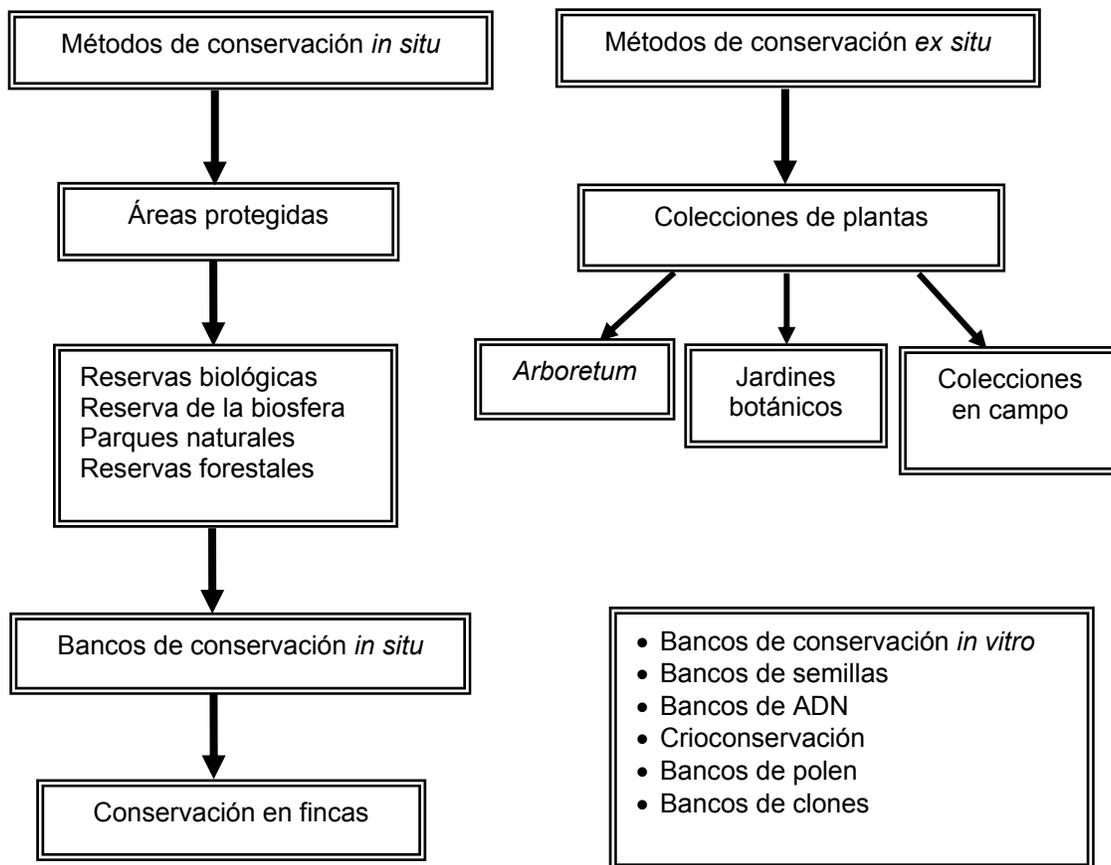


Fig. 1. Métodos de conservación de los recursos fitogenéticos.

Algunas formas de biodiversidad son conservadas *in situ* como única opción; una de las razones para la conservación *in situ* es la necesidad de mantener el potencial evolutivo de las especies y las poblaciones (Frankel y Ledy, citados por Frankel y Soulé, 1991).

Para llevar a cabo los programas de conservación *in situ* se necesita información en los siguientes aspectos, según Ramanatha-Rao y Riley (1994):

1. Estudio de la erosión genética debido a la introducción de nuevas variedades.
2. Identificación de las regiones ricas en diversidad genética.
3. Efecto de la diferencia del suelo en la diversidad genética.
4. Cambios temporales y espaciales en la estructura genética de las poblaciones.
5. Estudio biogeográfico.
6. Tamaño de las áreas y poblaciones mínimas viables.

Los métodos de conservación *ex situ* se basan en la recolección de muestras representativas de la variabilidad genética de una especie o cultivar y su mantenimiento fuera de las condiciones naturales en la que la especie o cultivar ha evolucionado o ha sido seleccionado (Maxted et al., 1997).

Este método de conservación puede incluir varias alternativas (fig.1), las cuales se relacionan a continuación.

Las **colecciones de plantas** constituyen uno de los métodos tradicionales de conservación *ex situ* de los recursos filogenéticos; básicamente se pueden dividir en tres grupos:

#### ❖ **Colecciones en campo**

Una colección de plantas en campo es un conjunto de individuos de una misma especie o varias especies seleccionadas para que sean representativos de la mayor variabilidad genética posible (Pita Villamil e Iriando Alegría, 1997).

Este método de conservación *ex situ* es adecuado para las especies perennes que tardan años en producir semillas, como es el caso de las especies forestales o las que se reproducen exclusivamente de manera

vegetativa. Asimismo, es uno de los métodos más ampliamente utilizados para la conservación de germoplasma cuyas semillas no pueden ser fácilmente almacenadas (semillas recalcitrantes) o pierden rápidamente su viabilidad durante el almacenamiento (Puignau y da Cunha, 1996).

En este sentido, en la Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey" existe un área de campo denominada "Genofondo" destinada a la conservación de gramíneas de reproducción vegetativa. La colección ocupa un área total de aproximadamente 1 ha, dividida en 830 parcelas de 3 m<sup>2</sup> cada una.

Los problemas asociados a este tipo de colecciones son: requieren una gran superficie de terreno y están expuestas a todo tipo de desastres (incendios, enfermedades, plagas, etc.), además de presentar elevados costos fijos de mantenimiento.

#### ❖ **Jardines botánicos**

Los jardines botánicos pueden considerarse las primeras instituciones dedicadas a la conservación de recursos fitogenéticos y en ellas se conservan plantas enteras; uno de los problemas relacionados con la conservación de estas especies es el hecho de que la variabilidad intraespecífica mantenida suele ser baja, ya que frecuentemente una "entrada" está solo representada por uno o unos pocos ejemplares. Para buscar una mayor utilidad de este tipo de conservación se ha sugerido la creación de jardines etnobotánicos en centros de origen o centros de diversidad, en los que todavía hay regiones de agricultura tradicional, con el fin de conservar tanto el germoplasma como la cultura circundante en que se desarrolla (Cuevas, 1988).

#### ❖ **Arboretum**

Según la definición realizada por Jara-millo y Baena (2000), el *arboretum* es un jardín donde se cultivan árboles y arbustos para su estudio y exhibición; también tiene la finalidad de conservar el material genético de estas especies.

A esta alternativa de conservación se le pueden atribuir las mismas desventajas de la conservación de plantas en colecciones de campo.

#### ❖ **Bancos de polen**

La conservación de plasma germinal usando polen es aconsejable cuando no es posible conservar las especies *in situ*, ya sea porque están en peligro de extinción o porque no se conocen las técnicas adecuadas para conservar las semillas, los clones o su propagación *in vitro*. Se ha reportado que el polen de muchas especies se puede almacenar a temperaturas entre 5 y 23°C y una humedad relativa de 0 a 50 %; también se han hecho ensayos de crioconservación y se han obtenido buenos resultados (Castillo, Estrella y Tapia, 1991).

#### ❖ **Bancos de clones**

Este tipo de bancos aparece como una alternativa cuando se tienen especies de semillas recalcitrantes o con una alta heterocigocidad, y por ello hay que mantener el genotipo de forma vegetativa. También se establecen cuando existen problemas de germinación (tiempo y condiciones) que limitan la propagación sexual o porque la producción de semillas es muy baja. Generalmente se aplica en especies de propagación vegetativa, tales como estacas, rizomas, estolones, tallos subterráneos, etc., y se mantienen como colecciones de campo.

Las limitantes que presentan estas colecciones se refieren principalmente a los costos de mantenimiento y al peligro potencial de pérdida de una colección en caso de una enfermedad epidérmica, un ataque masivo de algún insecto o un factor ambiental que produzca devastación de las plantas. Se conocen bancos de clones de papa, yuca, batata y tuberosas altoandinas, entre otras (Castillo et al., 1991).

#### ❖ **Bancos de conservación *in vitro***

En el término de cultivo *in vitro* se incluye un gran número de técnicas de cultivo de material vegetal, en estado de asepsia, en un medio nutritivo sintético y definido, bajo condiciones ambientales controladas (Ashmore, 1997). Esta técnica de conservación apareció a principios del siglo XX para conservar genotipos de especies de interés comercial.

Su desarrollo se basa en que casi todas las partes de la planta están capacitadas para regenerar otras plantas, a través de diferentes técnicas de cultivo de tejidos tales como células simples, protoplastos, anteras o polen, meristemos, embriones, callos y suspensiones de células (Engelmann, 1999).

Los bancos de conservación *in vitro* tienen un costo inicial relativamente alto, pero a largo plazo los costos pueden ser menores que los de los bancos de clones.

Se requiere que estos bancos sean un complemento de los bancos de clones, los cuales seguirán actuando como activos. Su principal beneficio es que el germoplasma está protegido de ataques de plagas, enfermedades, cambios climáticos y problemas del suelo. Existen colecciones de conservación *in vitro* de papa, yuca, batata y ñame, entre otras (FAO/IPGRI, 1997).

### ❖ **Crioconservación**

Este método de conservación consiste en llevar un material biológico desde su temperatura fisiológicamente normal hasta temperaturas ultrabajas (generalmente en nitrógeno líquido,  $-196^{\circ}\text{C}$ ). A esta temperatura la división celular y los procesos metabólicos cesan, por lo que el material puede permanecer almacenado por un período indefinido sin que sufra modificaciones o alteraciones; permite almacenar cualquier especie que tolere y sobreviva al congelamiento (Engelmann, 1997a).

Por esta razón, resulta particularmente útil para conservar especies de semilla no ortodoxa o de reproducción vegetativa, difíciles de conservar en cámara o en campo (Engelmann y Takaii, 2000).

Sin embargo, el éxito del proceso dependerá del acondicionamiento que se le dé al material para que resista tanto el congelamiento como el descongelamiento. El acondicionamiento consiste en provocar una deshidratación protectora en las células y el tejido, de manera que se evite o disminuya la formación de cristales de hielo que provoca grandes daños en las membranas de la gran mayoría de las células (Villalobos y Engelmann, 1995).

### ❖ **Bancos de ADN**

Conservan ADN y sus fragmentos. Para ello se procede a la extracción del ADN procedente de individuos de una determinada especie o cultivar y posteriormente se conservan a bajas temperaturas ( $-80^{\circ}\text{C}$ ;  $-196^{\circ}\text{C}$ ).

### ❖ **Bancos de semillas**

Los métodos para la conservación de los recursos fitogenéticos son muy variados. No obstante, dado que la mayoría de las especies cultivadas se reproducen por semillas, su almacenamiento es el método más generalizado por su eficiencia y economía.

Las primeras colecciones de semillas se establecieron a finales del siglo XIX y principios del XX, para su utilización en estudios botánicos o programas de mejora. Sin embargo, no es hasta los años 1920-1950 que la recolección de semillas y su almacenamiento se comienzan a realizar con fines conservacionistas. Así, en los años 20 se crea el Instituto Vavilov en Leningrado y en 1958 el National Seed Storage Laboratory en Fort Collins, Colorado.

En estos primeros bancos de semillas la conservación se realizaba en condiciones ambientales, sin ningún control de la humedad ni de la temperatura, factores que influyen decisivamente en el mantenimiento de la viabilidad.

Las semillas presentan una serie de características que hacen que su almacenamiento sea el método más eficaz y económico para la conservación *ex situ* de especies vegetales. Entre ellas se pueden enumerar:

1. Las semillas, en general, son de pequeño tamaño, lo que facilita el almacenamiento de un gran número de muestras.
2. En muchas especies cada semilla posee una constitución genética diferente; ello asegura que cada muestra contenga gran variabilidad genética.
3. La mayoría de las semillas son capaces de permanecer viables, de forma natural, durante largos períodos de tiempo.

### ➤ **Factores para la conservación en bancos de semilla**

Chang (1985) enumera cuatro tipos de factores que se deben tener en cuenta para asegurar el éxito de la conservación en bancos de germoplasma en forma de semilla:

- Biológicos
- Fisiológicos
- Físicos
- Humanos

De acuerdo con los objetivos de este artículo, solo se analizarán los tres primeros.

### ◆ **Factores biológicos**

**Madurez fisiológica.** La semilla continúa su desarrollo hasta la madurez. Cuando se recolecta y se seca antes del pico de madurez puede carecer de una cantidad óptima de materia seca para su almacenamiento y posterior germinación, o de ciertos componentes bioquímicos esenciales para la preservación de la viabilidad.

Las semillas plenamente maduras conservan por más tiempo su viabilidad en comparación con aquellas que se recolectan inmaduras.

**Calidad inicial.** Para mantener una mayor longevidad de las semillas almacenadas de las diferentes especies, una alta calidad inicial es un requisito indispensable antes del almacenamiento. Esto puede lograrse a

través de un cuidadoso control de la calidad genética y fisiológica original a lo largo de las diferentes etapas de recolección, manejo y procesamiento.

**Estado sanitario de las semillas.** Estas deben ser cosechadas de plantas completamente sanas que no hayan tenido ataques de hongos, bacterias, virus o insectos, ni hayan sufrido estrés ambiental (temperatura, agua, suelo).

**Métodos de cosecha.** Se pueden utilizar métodos manuales o mecanizados que no produzcan daños mecánicos a la semilla, de tal manera que las partes enteras no sufran deterioro y puedan producir plantas normales.

**Presencia de dormancia.** En algunos casos la dormancia puede ayudar a prolongar la longevidad de la semilla.

#### ♦ **Factores fisiológicos**

Los fisiólogos de semillas han clasificado la mayoría de las semillas de las especies domesticadas en dos grandes grupos: ortodoxas y recalcitrantes (Roberts, 1973) y más recientemente se ha identificado un tercer grupo (Ellis, Hong y Roberts, 1990): las semillas intermedias; mientras que Bonner (1994) clasificó las semillas recalcitrantes en dos tipos: templadas y tropicales. Estos grupos hacen referencia a la respuesta de las semillas a la desecación y al almacenamiento. La aparente diferencia entre las recalcitrantes templadas y las tropicales parece ser la alta sensibilidad a la desecación y a las bajas temperaturas del almacenamiento, y una menor longevidad de las recalcitrantes tropicales.

Las semillas de comportamiento ortodoxo son aquellas que toleran el secado a bajos contenidos de humedad (menor que el 10 %) y, por ende, soportan el almacenamiento a bajas temperaturas. Estas características permiten conservar intacta la viabilidad de la semilla por períodos largos de tiempo (más de 10 años); la gran mayoría de las especies domesticadas están dentro de este grupo.

Por el contrario, las semillas de comportamiento recalcitrante no permiten el secado a bajos contenidos de humedad ni el almacenamiento a bajas temperaturas, pues pierden su viabilidad rápidamente. Permanecen viables por períodos cortos (semanas o unos pocos meses), aun si se almacenan en condiciones óptimas (Roberts, 1975). Dentro de este grupo se encuentran especies generalmente arbustivas o árboles, como el té, café, cacao, caucho, aguacate, mango, etc.

Las semillas de comportamiento intermedio son aquellas que solo soportan bajas temperaturas cuando son desecadas a un nivel no menor que el 10 % de humedad y si se secan a valores inferiores no soportan temperaturas por debajo de 0°C (Ellis et al., 1990; Engelmann, 1999).

#### ♦ **Factores físicos**

**Temperatura.** La temperatura, junto con la humedad relativa del ambiente de almacenamiento, determina la longevidad de las semillas. En este sentido, cuanto más baja es la temperatura tanto menor es la tasa de respiración y, por ello, tanto más prolongada la vida de las semillas almacenadas (Harrington, 1970). El efecto de la temperatura en las semillas se extiende desde la madurez fisiológica hasta la cosecha durante el secado y el tiempo que permanezcan fuera de los cuartos de conservación.

**Humedad.** Debido al carácter higroscópico de las semillas, estas se equilibran en un contenido de humedad de acuerdo con la temperatura y la humedad relativa circundante. Cada especie tiene una curva isotérmica de equilibrio. En el caso de las semillas de comportamiento ortodoxo, la longevidad se afecta mucho cuando la humedad relativa es alta, especialmente si la temperatura ambiental también es alta.

**Contenido de humedad de las semillas.** El bajo contenido de humedad de las semillas facilita el mantenimiento de la viabilidad por largos períodos de tiempo. Este factor varía según la especie y las accesiones dentro de una misma especie (Schmidt, 2000).

**Temperatura de almacenamiento.** La temperatura de almacenamiento es otro factor importante que afecta la longevidad de las semillas almacenadas. La temperatura óptima para el almacenamiento varía según la fisiología de los diferentes grupos de especies.

**Interacción entre la temperatura y el contenido de humedad.** Existen ciertos rangos de temperatura y contenido de humedad de las semillas en los que se pueden tener varias combinaciones para estimar períodos de viabilidad, y estos varían según la especie.

#### ➤ **Actividades relacionadas con la conservación en bancos de semillas**

Actualmente los modernos bancos de semillas, para cumplir su función de preservar el material genético depositado en ellos, deben desarrollar una serie de actividades que esencialmente son: adquisición del material (colecta o recibo de semillas), multiplicación, determinación de la humedad, control de la viabilidad, empaque, conservación, regeneración, caracterización, distribución y documentación (fig. 2).

Las muestras (entradas) que llegan a los bancos de semillas pueden provenir de recolecciones o de donaciones de otras instituciones. En esta primera etapa se debe realizar un control de la calidad y el estado sanitario de las semillas. Las semillas inmaduras, físicamente dañadas o contaminadas con agentes patógenos deben ser desechadas, dado que suelen presentar baja viabilidad y vigor, características que las hacen poco idóneas para ser conservadas.

A continuación las semillas deben ser desecadas, reduciendo el contenido de humedad mediante agentes deshidratantes como el gel de sílice o por almacenamiento en cámaras de desecación. En estas últimas, a una temperatura y humedad constante (ejemplo: 20°C/20 % HR), las semillas equilibran su contenido de humedad entre el 6 y 8 % al cabo de unos 20-30 días de almacenamiento.

La viabilidad de las semillas debe ser evaluada antes de proceder a su conservación (Pita Villamil e Iriondo Alegría, 1997). Una elevada viabilidad inicial es un factor esencial para asegurar una mayor longevidad (Chin, 1994). Por ello se recomienda que la germinación sea mayor del 85-95 % para la mayoría de las especies cultivadas (Genebanks Standards, 1994).

El almacenamiento de las semillas debe realizarse en contenedores herméticos, para asegurarse de que su contenido de humedad no varíe durante el almacenamiento.

El número de semillas que debe almacenarse tiene que ser suficiente para representar la mayor variabilidad genética del material que se quiere conservar. A lo largo del tiempo se han propuesto diferentes cantidades que varían de 100 a 12 000, según la mayor o menor uniformidad genética de la población de la que proviene la muestra.

Actualmente se recomienda que el número de semillas por entrada sea de 1 000 y 2 000 semillas.

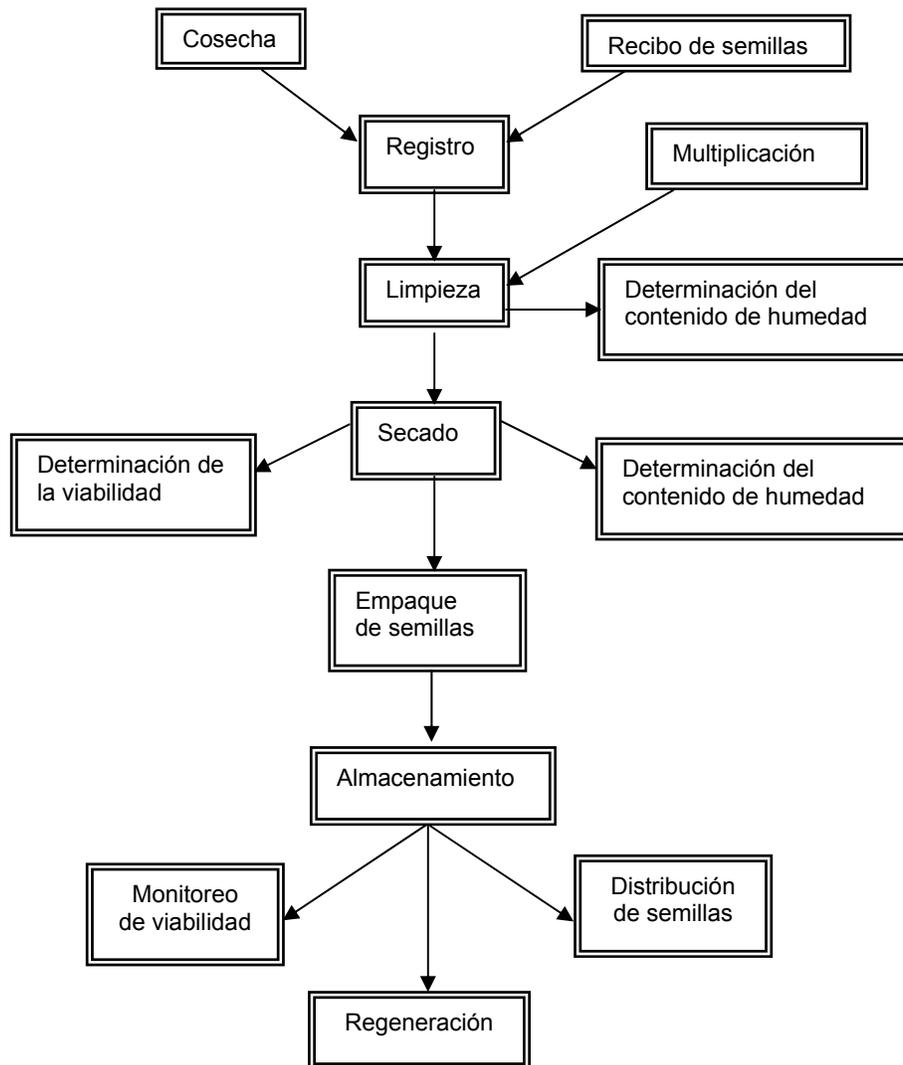


Fig. 2. Secuencia de actividades en un banco de semillas.

## Actividades relacionadas con la conservación *ex situ* de los recursos fitogenéticos

La conservación *ex situ* incluye una serie de actividades o etapas, entre las que se pueden mencionar:

- La adquisición del germoplasma
- La multiplicación preliminar
- El almacenamiento
- El manejo del germoplasma conservado. Esta etapa incluye: la caracterización y la evaluación, la regeneración y la multiplicación para distribución y uso, la documentación y la utilización e intercambio.

El germoplasma de interés se puede obtener mediante la exploración o colecta, y el intercambio o la donación con otras instituciones. Una vez que se posea el germoplasma, se lleva al sitio de conservación donde se somete a la multiplicación preliminar, que consiste en el incremento inicial del germoplasma en condiciones óptimas de cultivo para garantizar muestras suficientes, viables y que mantengan la identidad genética original con el propósito de conservarlas posteriormente; estas “entradas” se almacenarán en un local que posea las condiciones ideales que aseguren la existencia de ese recurso en condiciones viables. Una vez almacenadas, se realizan las actividades de manejo, es decir, la caracterización, la evaluación y la multiplicación, la cual se hace cuando no se cuenta con un *stock* de semilla u otro material conservado, o sea, cuando el germoplasma disminuye en cantidad; mientras que la regeneración es el procedimiento que se aplica cuando el material pierde su viabilidad (disminución de la calidad). Si el objetivo es recuperar la viabilidad se habla de regeneración o rejuvenecimiento; si el objetivo es llevar las muestras a un tamaño óptimo, se trata de multiplicación (Jaramillo y Baena, 2000).

La conservación de germoplasma, en sus diversas etapas, comprende una gama de actividades para las cuales se requiere información o de las cuales se deriva información (Pita, citado por Jaramillo y Baena, 2000). La actividad de registrar, organizar y analizar datos de conservación u otras actividades relacionadas se denomina documentación y es fundamental para conocer el germoplasma y tomar decisiones sobre su manejo; esta actividad permitirá, posteriormente, utilizar el germoplasma e intercambiarlo con otras instituciones al conocer adecuadamente sus características.

### CONSIDERACIONES FINALES

- Los recursos fitogenéticos constituyen el caudal genético para el establecimiento de una agricultura dinámica, sostenible y en armonía con el medio ambiente.
- En los bancos de semillas se conserva un patrimonio biológico y económico esencial para la seguridad alimentaria de la humanidad.
- El desarrollo de nuevas tecnologías, como la crioconservación y el establecimiento de colecciones núcleos y bancos de polen, ha mostrado perspectivas más racionales para conservar, manejar y utilizar la variabilidad genética de las especies.
- Los recursos fitogenéticos pueden conservarse *ex situ* e *in situ*; la integración de los diferentes métodos ofrece una estrategia más segura para la conservación de las especies que la utilización de cualquiera de las dos alternativas de forma individual.

### FINAL CONSIDERATIONS

- Plant genetic resources are the genetic wealth for the establishment of a dynamic, sustainable agriculture in harmony with the environment.
- A biological and economic patrimony is conserved in the seed banks, which is essential for the food security of the humankind.
- The development of new technologies, such as cryopreservation and the establishment of nucleus collection and pollen banks, has shown more rational perspectives for conserving, managing and using the genetic variability of species.
- Plant genetic resources may be *ex situ* and *in situ* conserved; the integration of the different methods provides a more secure strategy for the conservation of species than the individual use of any of the two alternatives.

### REFERENCIAS

Ashmore, S.E. 1997. Status report on the development and application of *in vitro* techniques for the conservation and use of plant genetic resource. IPGRI, Rome. 67 p.

- Bonner, F.T. 1994. Storage of seed: potential and limitation for germplasm. **Conservation for Ecology and Management**. 35:35
- Castillo, R.; Estrella, J. & Tapia, C. (Eds.). 1991. Técnica para el manejo y uso de los recursos fitogenéticos vegetales. Editorial Porvenir, Ecuador. 248 p.
- Chang, T.T. 1994. Plant genetic resource conservation and utilization. **Encyclopedia Agric. Sci.** 3:295
- Chang, Te-Tzu. 1985. Plant genetic resource-key to future plant production. Plant Science lecture Series, 1984. **Iowa State Journal of Research**. Vol 4. 59, p. 323
- Chin, H.F. 1994. Seed banks: conserving the past for the future. **Seed Science and Technology**. 22:385
- Cuevas, A.J. 1988. Recursos fitogenéticos: bases conceptuales para su estudio y conservación. Universidad Autónoma de Chapingo. Departamento de Fitotecnia. Chapingo, México. 244 p.
- Ellis, R.H.; Hong, T.D. & Roberts, E.H. 1990. An intermediated category of seed storage behaviour. **J. Exp. Bot.** 41:1167
- EMBRAPA. 1996. Glossario de recursos genéticos vegetais. Brasil. 62 p.
- Engelmann, F. 1997. Importance of desiccation for the cryopreservation of recalcitrant seed and vegetative propagated species. **Plant Genetic Resources Newsletter**. 112:9
- Engelmann, F. (Ed.). 1999. Management of field and *in vitro* germplasm collection. Proceedings of a consultation meeting. CIAT. Cali, Colombia-International Plant Genetic Resources Institute. Rome, Italy
- Engelmann, F. & Takaii, H. (Eds.). 2000. Cryopreservation of tropical plant germplasm: Current research. Centre for Agricultural Science e International Plant Genetic Resources Institute. Italy. 496 p.
- Esquinas, A.J. 1981. Los Recursos fitogenéticos, una inversión segura para el futuro. Consejo Internacional de Recursos Fitogenéticos. Instituto Internacional de Investigaciones Agrarias. Madrid. 44 p.
- FAO. 1996. Plan de acción mundial para la conservación y utilización de los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Italia. 64 p.
- FAO. 1996a. Informe sobre el estado de los recursos fitogenéticos en el mundo. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Italia. 64 p.
- FAO/IPGRI 1997. Técnicas *in vitro* para la colecta de germoplasma vegetal. (Eds. L.A Sandoval y V.M Villalobos). Food and Agricultural Organization of the United Nations. Rome, Italy
- Frankel, O.H.; Brown, A.H.D. & Burton, J.J. 1995. Conservation of plant biodiversity. Cambridge University Press, UK. 299 p.
- Frankel, O.H. & Soulé, M.S. 1991. Conservation: tactics for a constant crisis. **Science**. 25:744
- Fundora, Zoila; Castiñeiras, L.; Torres, M.; Pérez, P.; Fernández, M. & Estévez, Ana. 1997. El plan de acción mundial sobre los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura: metas y compromisos; esperanzas de Cuba. Segundo Taller internacional sobre colecta y evaluación de recursos fitogenéticos nativos. Sancti Spiritus, Cuba. p. 36
- Genebanks Standards. 1994. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. International Plant Genetic Resource Institute, Rome
- Harrington, J.F. 1970. Seed and pollen storage for conservation of plant gene resource. In: Genetic resource in plant-their exploration and conservation. (Eds. O.H. Frankel and E. Bennett). Blackwell Scientific, Oxford and Edinburg. p. 511
- Hawkes, J.G. 1991. (Ed.). Genetic conservation of world plants. Academic Press, London. 87 p.
- Hidalgo, R. 1991. Conservación *ex situ*. En: Técnicas para el manejo y uso de los recursos fitogenéticos vegetales. (Eds. R. Castillo, J. Estrella y C. Tapia). Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Ecuador. p. 71
- IBPGR. 1991. Annual report. International Board for Plant Genetic Resource, Rome
- Jaramillo, S. & Baena, M. 2000. Material de apoyo a la capacitación en conservación *ex situ* de recursos fitogenéticos. Instituto Internacional de Recursos Filogenéticos. Cali, Colombia
- Kanowski, P.J. & Boshin, D.H. 1997. Conserving the genetic resources of trees *in situ*. In: Plant genetic conservation. The *in situ* approach. (Eds. N. Maxted, B.V. Ford-Lloyd and J.G. Hawkes). Chapman and Hall, UK. p. 207
- Leal, F. 1997. Glosario de términos agronómicos. Universidad Central de Venezuela. Maracay, Venezuela. 64 p.
- Maxted, N.; Ford-Lloyd, B.V. & Hawkes, J.G. (Eds.) 1997. Plant genetic resource conservation: The *in situ* approach. Chapman and Hall, UK. 446 p.
- Pita Villamil, J. & Iriando Alegría, J. 1997. Conservación de recursos fitogenéticos. **Agricultura**. Año LXVI, No. 783, p. 800
- Puignau, J.P. & Da Cunha, Rozane. 1996. Conservacao de germoplasma vegetal "ex situ". En: Conservación de germoplasma vegetal. IICA-PROCISUR, Montevideo. Diálogo 45, p. 7
- Ramanatha-Rao, V. & Riley, K.W. 1994. The use of biotechnology for conservation and utilization of plant genetic resources. **Plant Genetic Resources Newsletter**. 97:3

- Roberts, E.H. 1973. Predicting the storage life of seeds. ***Seed Science and Technology***. 1:499
- Roberts, E.H. 1975. Problems of long- term storage of seed and pollen for genetic resource conservation. In: Crop genetic resource for today and tomorrow. (Eds. O.H. Frankel and J.G. Hawkes). Cambridge University Press. p. 269
- Sackville, N.R. & Chorlton, K.H. 1997. Regeneration of accession in seed collections: A decision guide. Handbook for gene banks No. 5. International Plant Genetic Resource Institute, Italy. 75 p.
- Schmidt, L. 2000. Guide to handling of tropical and subtropical forest seed. Danida Forest Seed Centre, Denmark. 511 p.
- Villalobos, V. & Engelmann, F. 1995. *Ex situ* conservation of plant germplasm using biotechnology. ***World Journal of Microbiology and Biotechnology***. 11:375

Recibido el 7 de agosto del 2001  
Aceptado el 15 de Julio del 2002