



1 de mayo de 2015 | Vol. 16 | Núm. 5 | ISSN 1607 - 6079

ARTÍCULO

CONSERVACIÓN DE LAS ESPECIES SUBVALORADAS COMO RECURSOS GENÉTICOS AGRÍCOLAS

*Flavio Aragón Cuevas y Fernando de la Torre
(CIRPAS-INIFAP)*

CONSERVACIÓN DE LAS ESPECIES SUBVALORADAS COMO RECURSOS GENÉTICOS AGRÍCOLAS

Resumen

En este artículo se presentan las estrategias de conservación *in situ* mediante bancos comunitarios de semillas (BCS) con predominancia de las especies tradicionales subvaloradas y subutilizadas (ETSS), así como de conservación *ex situ* a través de bancos de germoplasma. En México se localizan 26 bancos comunitarios que conservan una amplia diversidad de especies nativas cultivadas bajo el sistema milpa, donde participan activamente los agricultores en las tareas de conservación y mejoramiento. El INIFAP cuenta con el Centro Nacional de Recursos Genéticos, con la más alta tecnología e infraestructura para la conservación a largo plazo, tanto de especies de importancia económica como de cultivos subutilizados. Su capacidad actual de almacenamiento es de 800,000 accesiones de diferentes cultivos. Finalmente, se recalca que hace falta acrecentar el número de colectas de las ETSS tanto en los bancos comunitarios como en los bancos de germoplasma *ex situ*, así como generar información de caracterización y promover su utilización.

Palabras clave: Bancos comunitarios, conservación *in situ*, conservación *ex situ*, bancos de germoplasma, especies subvaloradas y subutilizadas

THE NUS AS GENETIC RESOURCES FOR THE CONSERVATION OF CROP BIODIVERSITY

Abstract

In this paper two conservation strategies are presented: In situ conservation through community seed banks where the Neglected and Underutilized Species (NUS) predominate, and ex situ conservation through germplasm banks. In Mexico, there are 26 community banks, where an ample variety of native species cultivated under the milpa system are preserved. In those banks, local farmers actively participate in conservation and improvement tasks. The National Forest, Crops and Livestock Research Institute (INIFAP), has the National Genetic resources Center, with advanced facilities, equipment and technology and current capacity to preserve 800,000 seed accessions, whose main objective is long-term preservation of germplasm, both economically relevant and NUS. There is a need for increasing the number of NUS collections, both in community banks and in the ex situ collections of germplasm banks, as well as for generating information on NUS characterization and use promotion.

Keywords: Community bank, in situ conservation, ex situ conservation, germplasm banks, Neglected and Subutilized Species.

CONSERVACIÓN DE LAS ESPECIES SUBVALORADAS COMO RECURSOS GENÉTICOS AGRÍCOLAS

Introducción

La seguridad alimentaria mundial, así como el crecimiento económico del sector primario, dependen cada vez más de un reducido número de cultivos. De 7,000 especies de plantas registradas como cultivos para la alimentación y la agricultura (de un total estimado de 270,000 especies de plantas), únicamente 150 de ellas son comercialmente importantes, y tan sólo cuatro (maíz, trigo, arroz y caña de azúcar) proveen el 63% del consumo mundial de calorías que provienen de plantas. Adicionalmente, el 32% de la cosecha mundial de cereales se utiliza para la alimentación de animales de granja, principalmente aves y cerdos (DFID, 2001). Esta situación pone en grande riesgo el futuro del aporte de alimentos y de los ingresos de la población rural, generando la necesidad de direccionar la atención a cultivos alternativos que tienen el potencial de brindar seguridad alimentaria a la población y sustento a las comunidades rurales (IPGRI, 2002).

Las especies subvaloradas y subutilizadas (ETSS), conocidas en el entorno global como NUS (Neglected and underutilized species), son aquellas a las que se les brinda poca atención o que son completamente ignoradas por investigadores agrícolas, mejoradores y responsables de políticas públicas. Típicamente, las ETSS no son comercializadas como mercancías y son variedades silvestres y semidomesticadas, adaptadas a ambientes locales. Muchas de éstas, junto con la riqueza del conocimiento tradicional que las rodea, se están perdiendo a pasos alarmantes. Además de ser una opción verdadera para combatir la pobreza, el hambre y la malnutrición, las ETSS son una alternativa para hacer los sistemas agrícolas más resilientes al cambio climático (PADULOSI *et al.*, 2013).

La estrategia de conservación *in situ* de las ETSS

Los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura constituyen la base biológica de la seguridad alimentaria y la materia prima de los fitomejoradores. Siendo México un país megadiverso (RZDOWSKI 1978, 1998; FLORES-VILLELA y GEREZ 1994; MITTERMEIER *et al.*, 1997; CEBALLOS *et al.*, 2002) y dadas las amenazas que ponen en peligro la conservación de la diversidad en su hábitat, resulta imprescindible continuar la ordenación, la conservación *ex situ* y el uso sostenible para reducir el riesgo de pérdida de los recursos fitogenéticos.

En los últimos años, el INIFAP y otras instituciones educativas y de investigación se vieron fortalecidas con el apoyo del Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura (SINAREFI), para la constitución de bancos comunitarios de semillas (BCS) para la conservación *in situ* de la diversidad, con la finalidad de contrarrestar la amenaza de los materiales transgénicos, así como para conservar la riqueza genética local y aprovechar las ventajas de semillas altamente adaptadas a las condiciones ambientales de los agricultores. Con esta estrategia, además, se pretende hacer frente a los desafíos del cambio climático mediante la disponibilidad de semilla de calidad y en cantidad suficiente para volver a sembrar en caso de catástrofe.

Los bancos comunitarios de semillas nativas se han utilizado como una alternativa por cientos de familias de pequeños agricultores que dieron origen a varios proyectos de desarrollo sustentable. Son un modelo alternativo de administración colectiva de la reserva de semillas, necesaria para la siembra entre los productores en las comunidades

donde se establecen. El funcionamiento se basa en un sistema de préstamo y devolución. Los productores asociados toman prestada una cierta cantidad de semillas, a la que se agrega un porcentaje cuando es devuelta después de la cosecha. Para el inicio de las actividades, el banco define colectivamente la cantidad de semillas que cada agricultor tiene que depositar y cuál será el porcentaje que debe ser agregado en la devolución.

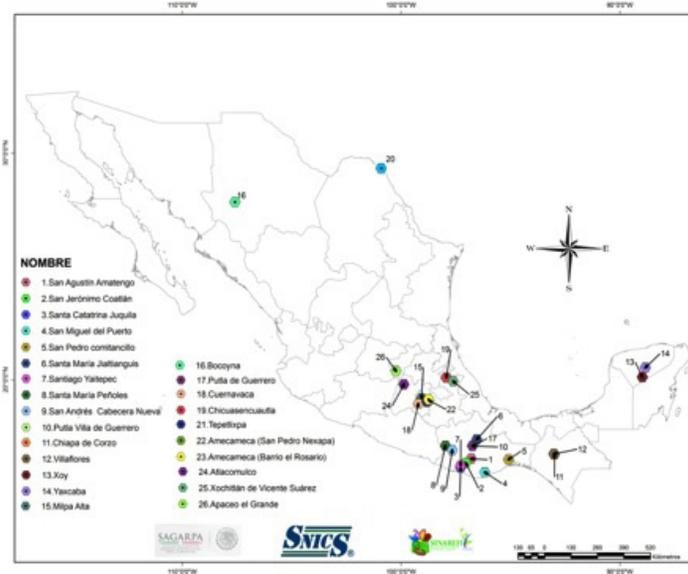


Figura 1. Bancos comunitarios de semillas en México.
 Fuente: Mapa elaborado con información del SINAREFI.

Este sistema permite que cada agricultor produzca y mejore su semilla (ARAGÓN-CUEVAS *et al.*, 2011).

Estos bancos son esenciales dentro de la Red de Centros de Conservación del SINAREFI y en las comunidades indígenas, por lo que es necesario realizar una serie de actividades como el resguardo e incremento de accesiones, monitoreo durante la conservación, intercambio y flujo de las accesiones, manejo de la información de accesiones resguardadas y acondicionamiento de accesiones para su resguardo en cuarto frío. Para esto, los bancos requieren de espacio y equipo adecuado, así como un manual de procedimientos para lograr una estandarización en la realización de dichas actividades.

Los BCS dependen del fortalecimiento en el mantenimiento y conservación de las accesiones ya existentes, así como del incremento de accesiones de cultivos nativos y de importancia agroalimentaria subutilizados. Esta semilla no se comerá hasta que se obtenga la cosecha del ciclo de temporal o riego. Así se evitará la pérdida de la misma ante un evento catastrófico en campo. También se les solicita a los productores que seleccionen más semilla de la necesaria para sembrar para que puedan intercambiar con sus familiares, amigos u otras personas de la comunidad o de comunidades vecinas.

Actualmente se ubican 26 bancos comunitarios funcionando en México, con diferentes estrategias y prioridad de cultivos (Figura 1). Algunos han focalizado su actividad de conservación en calabazas, otros en hortalizas, algunos sólo en las razas de maíz y otros en las especies del sistema milpa (Cuadro 1). En Oaxaca se localizan nueve BCS, distribuidos en diferentes regiones del estado. En ellos se conservan más de 1000 accesiones de cultivos nativos como maíz, frijol, calabazas y otras especies subutilizadas que crecen dentro de la milpa, como chiles, quelites, miltomates, flores nativas, plantas medicinales, entre otras.

Los BCS son estructuras rústicas, elaboradas con madera o estantes metálicos. No poseen sistemas de enfriamiento por lo costoso del equipo y el consumo de luz eléctrica. Lo que sí es importante es la renovación periódica de las semillas, bajo común acuerdo con los productores. De hecho, cada familia miembro del BCS realiza la renovación del germoplasma anualmente. Lo importante es que los BCS se establezcan en lugar seguro de la comunidad, donde se resguarden las semillas por un periodo de dos a cuatro años, dependiendo del clima.



Figura 2. Miembros del BCS de San Cristóbal Honduras, San Jerónimo Coatlán, Oaxaca, con tambos herméticos para conservar la diversidad de sus cultivos nativos.

Las semillas se almacenan en botes herméticos de diferente tipo: PET, ánforas, botellas de refrescos, tambos de 200 kilos de capacidad o silos metálicos. Para el almacenamiento de las semillas se debe garantizar la limpieza de las mismas y una baja humedad (7 a 8%).

Los integrantes de los BCS son agricultores con prestigio y tradición en la conservación de semillas nativas (Figura 2). Los constituyen hombres y mujeres, sin distingo de credo, orientación política, raza ni grupo indígena. Los productores miembros de los BCS se comprometen a donar semillas al banco, conservar en sus parcelas los materiales de interés de la comunidad, así como tolerar o fomentar la siembra de especies subutilizadas, que a nivel familiar representan una fuente importante de calorías, proteínas, vitaminas y minerales. Raramente los materiales subutilizados salen al mercado y además

son muy estacionales. Son pocos los agricultores que han encontrado algún nicho de mercado para ciertos productos, por ejemplo, la venta de chepiles (*Crotolaria* sp.), verdolagas (*Portulaca oleracea* L.), hierbamoras (*Solanum nigrum* L.), miltomates (*Physalis ixocarpa* L), chiles nativos (*Capsicum* sp), chayotes (*Shechium edule* L.), frutales, entre otros.



Figura 3. Cursos de capacitación para conservación y mejoramiento de las semillas nativas impartido a los miembros de los BCS.

Existe una amplia diversidad de especies su-

butilizadas en México que pueden ayudar a remediar el hambre en las zonas marginadas. Hace falta una estrategia para incorporar más de éstas en los bancos comunitarios de semillas. Aunque los productores miembros las siembren, las toleren o las recolecten, se requiere que se revalore su importancia a nivel comunitario y a nivel de la sociedad civil. Es importante realizar estudios *in situ* de los usos de estas especies, su caracterización morfológica y bioquímica, y su utilización en programas de mejoramiento genético.

Figura 4. Diversidad de especies cultivadas expuestas en las ferias de semillas por productores miembros de los bancos comunitarios.



La capacitación del personal es una pieza clave para lograr el éxito deseado en la conservación, manejo y utilización del germoplasma nativo. El desarrollo de talleres de capacitación (Figura 3) y ferias de semillas (Figura 4) ayudan a la divulgación de la conservación de germoplasma de las comunidades, para sensibilizar la opinión pública y despertar el interés de investigadores con el fin de aprovechar el germoplasma nativo de especies subutilizadas en sus programas de mejoramiento genético.

La estrategia de conservación ex situ de las ETSS

Ya se ha manifestado la importancia de conservar las especies subvaloradas y subutilizadas en su ambiente natural, junto con la preservación del conocimiento ancestral ligado a éstas, para no sólo resguardar su diversidad sino también permitir los cambios adaptativos que estas especies experimentan en respuesta a las modificaciones en las condiciones ambientales y de producción.

En esta sección hablaremos de la conservación *ex situ*, es decir, la conservación de plantas o muestras de las mismas que representen la diversidad genética de la especie a preservar, cuya representatividad estará en función de los recursos disponibles para coleccionar y conservar la mayor diversidad posible en el rango de distribución de la especie. Esta conservación permite la disponibilidad inmediata del recurso genético (base de la seguridad alimentaria mundial) para su uso, ya sea en programas de mejoramiento o de reintroducción de la especie a su ambiente natural, y es una estrategia relevante cuando se trata de especies colocadas en criterios de amenaza de desaparición para mantener la diversidad genética (RAO, 2004; SÁNCHEZ-CHIANG y JIMÉNEZ, 2010).

Por otra parte, la conservación *ex situ* preserva la diversidad de la especie en el momento en que fue colectada y no adquiere registro de los cambios adaptativos que la especie pudiera experimentar después de la colecta, a menos que la colección se vaya

actualizando. En este sentido, las colecciones *ex situ* e *in situ* juegan un papel complementario en la conservación de una especie determinada, y en cierta medida funcionan como colección de respaldo una de la otra. También se menciona que la inclusión de la estrategia de conservación *ex situ* en las políticas actuales relacionadas con la conservación de la diversidad global debe captar mayor atención de las entidades internacionales pertinentes (COHEN *et al.*, 1991).

Estado	Institución responsable	Núm. de accesiones	Núm. de productores	Especies
Oaxaca (9)	INIFAP	1026	400	Maíz, frijol, calabaza, chile, tomates criollos, algunas plantas medicinales
Chiapas (2)	INIFAP	145	58	Maíz, frijol, calabaza
Yucatán (2)	UACH	15	5	Maíz, frijol, calabaza
Distrito Federal (1)	SPDF	50	3	Maíz
Chihuahua (1)	SNICS	25	14	Maíz
Oaxaca (1)	Canasta de semillas	22	22	Varias
Morelos (1)	Canasta de semillas	21	20	Varias
Puebla (1)	Canasta de semillas	23	20	Varias
Coahuila (1)	Canasta de semillas	22	18	Varias
Estado de México (3)	Canasta de semillas	151	47	Varias
Estado de México (1)	FPMEM	199	15	Maíz
Puebla (1)	UNAM	53	41	Calabaza
Total		1752	663	

Cuadro 1. Bancos comunitarios de semillas en México, número de accesiones y cultivos bajo conservación.

Con relación a las ETSS, la primera pregunta que se debe hacer es: ¿cuál es el estatus de conservación de estas especies a nivel de bancos de germoplasma? Varios autores coinciden en que estas especies están pobremente representadas en colecciones *ex situ* (DULLOO *et al.*, 2010; IPGRI, 2002; PADULOSI *et al.*, 2013; PADULOSI *et al.*, 2014). Este hecho puede tener respuesta en dos sentidos: a las características de los sistemas de conservación *ex situ* de los países y regiones donde las ETSS están presentes o a las características propias de las ETSS. Con respecto a lo primero, considerando que en los países en vías de desarrollo es donde estas especies son más relevantes por su diversidad y uso, *se puede tomar como una buena referencia el diagnóstico de la conservación ex situ en la región mesoamericana, contenido en el Plan de acción estratégico para fortalecer la conservación y el uso de los recursos fitogenéticos mesoamericanos para la adaptación de la agricultura al cambio climático (BIOVERSITY INTERNATIONAL, 2013).*

En este documento se señalan puntualmente características en los sistemas de conservación *ex situ* de recursos fitogenéticos que claramente limitan la representatividad de la diversidad de las ETSS (y de las especies agrícolas en general) en los bancos de germoplasma. Entre éstas se pueden señalar:

- La calidad de los datos pasaporte de accesiones conservadas en bancos de germoplasma nacionales y regionales no es siempre confiable. Esto limita la disponibilidad de germoplasma, ya que si una accesión no cuenta con información confiable que la respalde, ésta no es útil.
- Existen brechas geográficas significativas en las colecciones *ex situ* que limitan la representatividad de las especies en cuanto a su rango de distribución y muy probablemente en cuanto a que representen la variabilidad genética de la especie.
- Los bancos de germoplasma de la región presentan dificultades para distribuir sus materiales debido a la falta de un sistema formal de solicitudes y entrega y a que en muchos casos tienen pequeñas cantidades de germoplasma en las accesiones, lo cual limita la distribución.
- Hay desigualdad entre países y aquellos con menor recurso son los que mayor biodiversidad poseen y disponen de menos infraestructura para conservarla, por lo que es indispensable establecer acciones conjuntas de cooperación (BACCHETTA *et al.*, 2008).
- Se encuentran faltantes específicos en datos de pasaporte y clasificación taxonómica de géneros regionalmente importantes.
- Por condiciones geológicas y climáticas, específicas de la región mesoamericana (alta incidencia de terremotos y huracanes), en el pasado se han perdido colecciones importantes y el riesgo de que esto ocurra en el futuro persiste.
- Hay una falta de divulgación pública de los bancos de germoplasma para hacer concientización social del problema de creación y colaboración de redes de conservación, lo cual genera un continuo cambio de conocimientos y actualización de tecnología.

Por otro lado, la conservación *ex situ* de las ETSS enfrenta también dificultades específicas que ameritan ser revisadas.

El principal objetivo de la conservación *ex situ* es mantener semillas y otros tipos de germoplasma viables tanto tiempo como sea posible, reduciendo la frecuencia de regeneración que podría causar pérdida de diversidad genética (DULLOO *et al.*, 2010). La consecución de este objetivo pasa por brindar condiciones ambientales óptimas al germoplasma, que en el caso de las semillas está ligado a la temperatura de almacenamiento, al contenido de humedad de las semillas y a la humedad relativa en el ambiente donde son conservadas (ELLIS y ROBERTS, 1980; FAO, 2014). Esto ha sido ampliamente estudiado para las especies más difundidas, lo cual ha generado protocolos específicos de acondicionamiento de semillas para obtener máximos periodos de viabilidad bajo las condiciones ambientales estándar que se manejan en los bancos de germoplasma (FAO, 2014). Aun así, investigaciones recientes han demostrado que existe una importante variabilidad en la longevidad de semillas de diferentes especies, conservadas bajo las mismas condiciones de temperatura y humedad relativa (revisado por DULLOO *et al.*, 2010), situación que tiene repercusiones en el manejo de bancos de germoplasma multiespecies (que son la mayoría a nivel mundial), ya que éstos no tienen la capacidad de brindar condiciones de manejo específicas por especie.

Cuando se cambia el enfoque hacia las ETSS, que comprenden una amplia variedad de especies, el problema se vuelve mucho más complicado, ya que es muy escasa la información disponible sobre comportamiento de la semilla (ortodoxa, intermedia o

recalcitrante), dormancia, protocolo de desecación, valores óptimos de contenido de humedad y condiciones de almacenamiento en cuanto a humedad relativa y temperatura; adicionalmente, es posible encontrar diferencias significativas entre accesiones de una misma especie que ameriten protocolos distintos (MERRITT *et al.*, 2014).

Por lo anterior, el enfoque de investigación en conservación de semillas ortodoxas de ETSS debe estar orientado a ampliar el entendimiento de las respuestas de estas especies a diferentes condiciones de acondicionamiento y almacenamiento. Esta tarea es ardua y compleja, por lo que se requiere priorizar los esfuerzos de investigación, encaminándolos en primera instancia a entender estos procesos en especies que empiecen a ser relevantes en términos sociales, culturales y económicos.

Las ETSS están, en su mayoría, en posesión de grupos poblacionales que practican la agricultura de subsistencia y el autoconsumo. Estos grupos difícilmente tienen acceso a depositar germoplasma de sus cultivos en bancos de germoplasma gubernamentales o institucionales, por lo que la conservación de semillas en bancos comunitarios y la conservación de especímenes vivos en bancos de campo se vuelven las opciones más viables para la conservación *ex situ* de ETSS.

Los bancos comunitarios son espacios dentro de las mismas comunidades, donde los productores almacenan accesiones de los materiales con los que trabajan; no cuentan con capacidades para acondicionar la semilla ni cámaras con condiciones controladas de temperatura por lo que las semillas son almacenadas sin evaluación de calidad, proceso de desecado y a temperatura ambiente, por lo que los materiales se deben reponer en el corto plazo. Funcionan como colecciones activas y con el apoyo técnico de fitomejoradores, en ocasiones llevan a cabo actividades de mejoramiento participativo (ARAGÓN, 2013).

Las especies que no pueden ser conservadas como semillas debido a que no se tienen definidos los protocolos de conservación de la misma o porque son de naturaleza recalcitrante o bien porque son de propagación clonal, pueden ser conservadas como especímenes vivos en bancos de campo (REED *et al.*, 2004); sin embargo, los bancos de campo poseen retos operacionales que requieren la concurrencia de recursos y capacidades técnicas; demandan, asimismo, grandes áreas de terreno, riego y mano de obra, y son vulnerables a plagas y enfermedades, desastres naturales, clima extremo, fuego, vandalismo y robo, además de que pueden sufrir el riesgo de cambios en el uso de la tierra (HAWKES, 2003).

Afortunadamente, existen alternativas biotecnológicas que pueden resolver los inconvenientes asociados a la conservación de ETSS en bancos de campo, como la propagación *in vitro* de plantas (Figura 5) y su conservación en condiciones de crecimiento mínimo, así como la criopreservación, tanto de tejidos vegetales como de las mismas semillas ortodoxas (REED *et al.*, 2004); sin embargo, estas tecnologías traen consigo desventajas, tales como la posibilidad de variación somaclonal al realizar los subcultivos (LEVA, 2012) y la necesidad, en muchos casos, de desarrollar protocolos de establecimiento, crecimiento mínimo y criopreservación específicos para cada especie. Eso sin mencionar que se requieren instalaciones, equipos y capacidades técnicas para acceder a estas tecnologías.

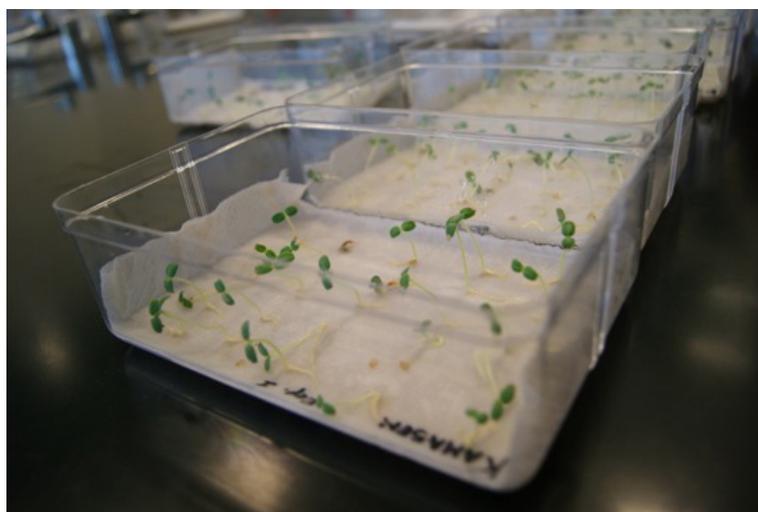
Es claro que, dadas las condiciones sociales, culturales y productivas que rodean a las ETSS, la estrategia más importante es la de la conservación *in situ*, donde los poseedores de estos recursos ya tienen el conocimiento tradicional ancestral para man-

tener las poblaciones y diversidad de estas especies; sin embargo, el complementar esta estrategia con la conservación *ex situ* puede ofrecer certeza ante el riesgo de erosión genética de estas especies. Los bancos de germoplasma constituyen, entonces, sistemas esenciales para prevenir la pérdida de la biodiversidad genética y garantizar así un futuro a las ETSS (BACCHETTA *et al.*, 2008).

De las más de seis millones de accesiones de germoplasma de plantas que se conservan en aproximadamente 1,500 colecciones alrededor del mundo, sólo 20% corresponden a especies subvaloradas y subutilizadas, que están representadas en un promedio de únicamente 8.2 accesiones por especie (IPGRI, 2002). Esto significa que las ETSS no sólo están pobremente representadas en las colecciones *ex situ* a nivel de especie,

sino que también su representación a nivel de diversidad genética es muy baja. Lo anterior resalta la urgente necesidad de incidir a nivel de políticas de país, para que se refuerce la estrategia de conservación *ex situ* como un instrumento de gran utilidad, indispensable para intervenciones *in situ* de especies subvaloradas y subutilizadas.

Figura 5.



Recientemente inició operaciones el Centro Nacional de Recursos Genéticos (CNRG) (Figura 6) del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, cuya principal función es la conservación *ex situ* a largo plazo de recursos genéticos de importancia agroalimentaria y ambiental. Con una capacidad actual para albergar hasta 800,000 accesiones de semillas ortodoxas, el CNRG cuenta a la fecha con más de 23,000 accesiones de semillas, de las cuales 9,520 pertenecen a 170 especies de uso moderado o local.

Respecto a las ETSS, en el CNRG se conservan 4,432 accesiones de semillas ortodoxas y 104 accesiones de semillas recalcitrantes. Entre el primer tipo de semillas sobresalen por su número de accesiones bajo resguardo las siguientes: *Sesamum* spp. (104), *Amaranthus* spp. (336), *Phaseolus coccineus* (137), *Cucurbita* spp. (291), *Cuphea* spp. (94), *Dahlia* spp. (67), *Gossypium hirsutum* (482), *Hibiscus* spp. (62), *Jatropha curcas* (17), *Simmondsia* spp (44), *Leucaena* spp. (107), *Physalis* spp (198), *Solanum* spp. (659), *Tajetes* spp. (75), *Vigna* spp. (40), *Zea mays* spp. *Parviglumis* (76). Del segundo grupo, correspondiente a las semillas recalcitrantes, se conservan en mayor número las especies que a continuación se listan: *Agave* spp. (6), *Sechium* spp (15) y *Vainilla Planifolia* (73).

Por lo anteriormente expuesto, el CNRG se erige como una alternativa importante para incrementar la representatividad de las especies subvaloradas y subutilizadas en las colecciones *ex situ* del país.

Conclusiones

Las estrategias de conservación *in situ* y *ex situ* de las ETSS son complementarias para asegurar la permanencia a largo plazo de la diversidad ante casos de catástrofes. Mediante la utilización de bancos comunitarios de semillas se mantiene una conservación dinámica de los cultivos, además de que existe un alto involucramiento de los productores en las tareas de selección y custodia de los cultivos.

Por otra parte, mediante la conservación *ex situ* en bancos de germoplasma se asegura una conservación a largo plazo de las ETSS en instalaciones con adecuadas condiciones de almacenamiento, tanto de temperatura como de humedad relativa.

Para concluir, cabe señalar la necesidad de que se dise-

ñe una estrategia nacional para aumentar el número de accesiones de ETSS a los bancos de germoplasma; se realicen los estudios de uso tradicional, caracterización morfológica y bioquímica; y se fomente su uso en las zonas rurales y urbanas. ❁



Figura 6. Instalaciones del Centro Nacional de Recursos Genéticos, en Tepatitán de Morelos, Jalisco, México.

Bibliografía

- [1] ARAGÓN-CUEVAS, F., G. F. H. Castro, T. J. M. Cabrera y A. L. Osorio, “Bancos comunitarios de semillas para conservar *in situ* la diversidad vegetal”, *Publicación especial núm. 9*, Oaxaca, México: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Centro de Investigación Regional Pacífico Sur, Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca, 2011, pp. 79.
- [2] ARAGÓN, C.F. “Conservación *in situ* de cultivos de importancia alimentaria para las comunidades oaxaqueñas”, en: *Memorias del Taller Internacional de conservación in situ y utilización de recursos fitogenéticos*, Libro científico N° 1, INIFAP-CIRPAC, 2013, pp. 47-61.
- [3] BACCHETTA G., Bueno *et al.* (eds.), *Conservación ex situ de plantas silvestres*, España: Principado de Asturias / La Caixa, 2008, pp. 378.
- [4] BIOVERSITY INTERNATIONAL. “Plan de acción estratégico para fortalecer la conservación y el uso de los recursos fitogenéticos mesoamericanos para la adaptación de la agricultura al cambio climático”, PAEM 2014-2024, Bioversity International, Cali, Colombia, 2013, pp. 66.
- [5] CEBALLOS, G., J. Arroyo-Cabrales y R.A. Medellín., “The mammals of Mexico: composition, distribution, and status”, *Occasional papers*, Texas Tech University, 2002, núm. 218, pp. 1-27.
- [6] COHEN, J.I., J.T. Williams, D.L. Plucknett y H. Shands, “*Ex Situ* conservation of plant genetic resources: Global development and environmental concerns”, *Science*, 1991, núm. 253, pp. 866-872.
- [7] DFID, Department for International Development, “Strategic Approach for integrating biodiversity in development cooperation”, *Biodiversity in Development, Biodiversity Brief*, European Commission, UK. 2001, núm. 13, pp. 80.
- [8] DULLOO, M.E., D. Hunter, y T. Borelli, “*Ex situ* and *In situ* Conservation of agricultural biodiversity: major advances and research needs”, *Not. Bot. Hort. Agrobot. Cluj*, 2010, Vol. 38, núm. 2, pp. 123-135.
- [9] ELLIS, R.H. y E.H. Roberts, “Improved equations for prediction of seed longevity”, *Ann of Bot.*, 1980, núm. 45, pp. 13-30.
- [11] FAO, *Genebank Standards for Plant Genetic Resources for Food and Agriculture*, Rome: Rev. ed., 2014, pp. 166.
- [12] FLORES-VILLELA, O., y P. Gerez, *Biodiversidad y conservación en México: vertebrados, vegetación y uso del suelo*, México: UNAM-Conabio, 1994, pp. 439.

- [13] HAWKES, J.G., N. Maxted y B.V. Ford-Lloyd, "The Ex Situ Conservation of Plant Genetic Resources", *Genetic Resources and Crop Evolution*, 2003, Vol. 50, núm. 6, pp. 663-664.
- [14] IPGRI, "Neglected and Underutilized Plant Species: Strategic Action Plan of the International Plant Genetic Resources Institute", *International Plant Genetic Resources Institute*, Rome, Italy, 2002, pp. 27.
- [15] LEVA, A.R., R. Petruccelli y L.M.R Rinaldi, "Somaclonal variation in tissue culture: a case study with olive", *Recent advances in plant in vitro culture*, 10-17, 2012, pp. 123-150.
- [16] MERRITT, D.J. et al., "A continental-scale study of seed lifespan in experimental storage examining seed, plant, and environmental traits associated with longevity", *Biodiversity and Conservation*, 2014, Vol. 23, núm. 5.
- [17] MITTERMEIER, R.A., P. Robles G. y C. Goetsch de M., *Megadiversidad: los países biológicamente más ricos en el mundo*, México, D.F.: Agrupación Sierra Madre, S.C. y CEMEX, 1997, pp. 501.
- [18] SÁNCHEZ-CHIANG, N. y Víctor M. Jiménez, "Técnicas de conservación in vitro para el establecimiento de bancos de germoplasma en cultivos tropicales", *Agronomía mesoamericana*, 2010, núm. 21, pp. 193-205.
- [19] PADULOSI, S., J. Thompson y P. Rudebjer. *Fighting poverty, hunger and malnutrition with neglected and underutilized species (NUS): Needs, challenges and the way forward*, Rome: Bioversity International, 2013, pp. 56.
- [20] PADULOSI, S. et al., "A Holistic Approach to Enhance the Use of Neglected and Underutilized Species: The Case of Andean Grains in Bolivia and Peru", *Sustainability*, 2014, núm. 6, pp. 1283-1312.
- [21] RAO, N.K. 2004. "Plant genetic resources: Advancing conservation and use through biotechnology", *African Journal of Biotechnology*, 2004, núm. pp. 136-145.
- [22] REED, B.M., F. Engelmann, M.E. Dulloo y J.M.M. Engels, "Technical guidelines for the management of field and in vitro germplasm collections", *IPGRI Handbooks for Genebanks*, 2004, núm. 7, Rome, Italy: International Plant Genetic Resources Institute, pp. 106.
- [23] RZADOWSKI, J. *Vegetación de México*. México, Limusa, 1978, pp. 504.
- [24] -----, RZADOWSKI, J. 1998. "Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México", en T RAMAMOORTHY, P., R. Bye, A. Lot y J. Fa (eds.). *Diversidad biológica de México: Orígenes y distribución*, México: Instituto de Biología, UNAM, pp. 129-145.