

Informe final* del Proyecto ME015
Conservación del germoplasma vegetal en las regiones áridas y semiáridas de México, Fase 6*

Responsable: Dra. Patricia Dávila Aranda
Institución: Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Estudios Superiores Iztacala
División de Investigación y Posgrado
Unidad de Biotecnología y Prototipos
Dirección: Av. de los Barrios # 1, Los Reyes Iztacala, Tlalnepantla, Mex, 54090 , México
Correo electrónico: pdavilaa@servidor.unam.mx
Teléfono/Fax: 5623 1219; 5623 1134
Fecha de inicio: Junio 15, 2015.
Fecha de término: Enero 17, 2020.
Principales resultados: Base de datos, informe final.
Forma de citar el informe final y otros resultados:** Dávila Aranda, P. Rodríguez Arévalo I. y L. García Rojas. 2020. Conservación del germoplasma vegetal en las regiones áridas y semiáridas de México. Fase 6. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Estudios Superiores Iztacala. **Informe final SNIB-CONABIO, proyecto No. ME015.** Ciudad de México.

Resumen:

El proyecto "Conservación ex situ de germoplasma vegetal en las regiones áridas y semiáridas de México", fue planteado en el año 2002, para desarrollarse en 10 fases, cada una de las cuales implicarían la recolección de germoplasma vegetal en diferentes regiones áridas y semiáridas del país. Principalmente, con el apoyo de la CONABIO, aunado a los esfuerzos de los Reales Jardines Botánicos de Kew y la FES Iztacala de la UNAM, se han podido desarrollar hasta el momento 5 de las 10 fases propuestas. Con el desarrollo de las primeras 5 fases, la colección científica del Banco de Semillas, FESI-UNAM, ha crecido hasta resguardar un total de 2144 accesiones de semillas correspondientes a 1084 especies y taxa infraespecíficos, pertenecientes a 125 familias botánicas. A partir del desarrollo de la fase 6 de este proyecto, se pretende recolectar, procesar y conservar un total de 450 accesiones nuevas accesiones de semillas y sus correspondientes 450 ejemplares de herbario en los estados de Baja California, Baja California Sur, Querétaro, Zacatecas, Aguascalientes y, dependiendo de las condiciones de seguridad en el país, algún otro estado que permita la recolección de especies que aún no están resguardadas en el banco. Además, se ingresarán a la base de datos 1600 nuevos registros correspondientes a 800 accesiones de semillas y sus respectivos respaldos de herbario. Estas 800 accesiones fueron recolectadas durante el desarrollo de las fases 4 y 5 del proyecto y han sido ya procesadas y, en la mayoría de los casos, determinadas.

La base de datos que respalda la colección del Banco y que actualmente cuenta con 4264 registros, se incrementará para alcanzar un total de 5864 registros, al finalizar la fase 6 del proyecto. Las pruebas de calidad de las colecciones resguardadas, es decir, las pruebas de germinación, que actualmente se han realizado para un total de 1451 accesiones, se incrementarán con la captura de 150 pruebas que fueron realizadas a partir del desarrollo de la fase 5 del proyecto, de manera que al finalizar la fase 6 del proyecto habrá un total de 1601 pruebas de germinación incluidas en la base de datos.

-
- * El presente documento no necesariamente contiene los principales resultados del proyecto correspondiente o la descripción de los mismos. Los proyectos apoyados por la CONABIO así como información adicional sobre ellos, pueden consultarse en www.conabio.gob.mx
 - ** El usuario tiene la obligación, de conformidad con el artículo 57 de la LFDA, de citar a los autores de obras individuales, así como a los compiladores. De manera que deberán citarse todos los responsables de los proyectos, que proveyeron datos, así como a la CONABIO como depositaria, compiladora y proveedora de la información. En su caso, el usuario deberá obtener del proveedor la información complementaria sobre la autoría específica de los datos.

“Conservación *ex situ* de germoplasma vegetal en las regiones áridas y semiáridas de México, Fase 6”

ME015

Informe Final

RESUMEN

El proyecto “Conservación *ex situ* de germoplasma vegetal en las regiones áridas y semiáridas de México” fue planteado en el año 2002, para desarrollarse en fases, cada una de las cuales implicaría la recolección de germoplasma vegetal en diferentes regiones áridas y semiáridas del país. Principalmente con el apoyo de la CONABIO, aunado a los esfuerzos de los Reales Jardines Botánicos de Kew y la FES Iztacala de la UNAM. Al momento, se han desarrollado 6 fases de este proyecto y aunque el trabajo podría extenderse por varios periodos más, dada la gran cantidad de recursos vegetales que aún se siguen recolectando, se presenta aquí el resultado de las 6 primeras fases de este gran esfuerzo de conservación. En particular, la fase 6 de este proyecto inició en agosto de 2015 y terminó en julio de 2018 y los proyectos anteriormente involucrados fueron el BE018, el EE024, el GE002, el HE008, el KE001 y el ME015.

Con la culminación de la fase 6 de este proyecto el Banco de Semillas FESI-UNAM, ha crecido hasta resguardar un total de **2930** accesiones de semillas correspondientes a **1501** especies y taxa infraespecíficos, pertenecientes a **131** familias botánicas. Se cuenta también con **2935** ejemplares de herbario. La base de datos que respalda la colección del Banco, actualmente cuenta con **5865** registros. Las pruebas de calidad de las colecciones resguardadas que hasta ahora se han realizado e ingresado a la base de datos suman un total de **1748** pruebas de germinación y **1947** pruebas de disección.

ANTECEDENTES

La fase 6 de este proyecto constituyó una estrategia de conservación de la flora de las regiones áridas y semiáridas de México, a través de la recolecta, procesamiento y almacenaje del germoplasma vegetal en regiones prioritarias para el país. Esta estrategia de conservación estuvo siempre apoyada por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Estudio de la Biodiversidad (CONABIO).

Más de la mitad del territorio nacional está habitado por plantas representantes de zonas áridas y semiáridas (Dávila-Aranda *et al.*, 2002; Flores-Villela y Geréz, 1994). México posee en su territorio al menos 100 millones de hectáreas en las cuales se reconocen diez tipos distintos de matorrales xerófilos, así como una gran variedad de pastizales y vegetación halófila (Rzedowski, 1993). Además, como sucede en gran parte del territorio, en estas regiones se encuentra una gran riqueza de especies y una gran cantidad de endemismos. Las formas de vida y los patrones de diversificación de muchos grupos taxonómicos que se originaron en otras regiones, alcanzan sus máximos niveles de diversidad, abundancia e importancia en las regiones secas (Dávila-Aranda *et al.*, 2002; Dávila-Aranda & Herrera-MacBryde, 1997). Tomando en consideración la importancia biológica de las zonas áridas y semiáridas, su rápido deterioro y la fragilidad de sus comunidades, es indispensable continuar con las actividades de conservación *ex situ* del germoplasma vegetal,

planteadas en este proyecto, con el fin de respaldar una muestra lo más representativa posible, de la diversidad genética de las especies vegetales que crecen en estas regiones.

Este proyecto se ha centrado en las regiones prioritarias para la conservación, las cuales fueron definidas por la CONABIO (Arriaga *et al.*, 2000) y su prioridad ha sido, inicialmente, crear un banco de semillas, el cual fue oficialmente reconocido como colección científica el 2 de septiembre de 2003 (Banco de Semillas FESI-UNAM, MEX-FLO-150-0903) y, posteriormente, trabajar en el crecimiento y adecuada conservación de la colección. El Banco de Semillas FESI-UNAM, está vinculado directamente con el denominado "Millennium Seed Bank Project" de los Jardines Botánicos Reales de Kew, Inglaterra, cuyo objetivo principal es conservar muestras de germoplasma vegetal de la flora de todo el mundo (Slageren, 2003). El proyecto se inició en febrero de 2002, y tiene como base una serie de actividades desarrolladas desde el año 2000, tales como el entrenamiento técnico de personal de campo y de laboratorio, la recolecta de germoplasma vegetal y el desarrollo de proyectos de investigación sobre diferentes tópicos relacionados con el estudio de las semillas.

Como se mencionó anteriormente, este proyecto fue planeado para realizarse en fases, finalmente se llevaron a cabo un total de 6. La primera fase, estuvo dirigida a la recolección de germoplasma vegetal en la región del Valle de Tehuacán-Cuicatlán y tuvo una duración de aproximadamente tres años. La segunda fase, se enfocó al trabajo en algunas regiones de los estados de Hidalgo (Reserva de la Biosfera Barranca de Meztitlán), Tlaxcala, Guerrero y Morelos (Sierra de Taxco-Huautla), además de una pequeña región del estado de Jalisco. La tercera fase se desarrolló principalmente en Aguascalientes, aunque también se recolectaron algunas accesiones en San Luis Potosí. La cuarta fase permitió que se recolectaron los estados de San Luis Potosí, Puebla, Morelos, Guerrero, Jalisco, Coahuila y Querétaro. Durante la quinta fase se recolectaron semillas de los estados de Baja California, Baja California Sur, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, Estado de México, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí y Zacatecas y, finalmente la sexta, permitió recolectar semillas de los estados de Baja California, Baja California Sur, Guerrero, Oaxaca, San Luis Potosí, Sinaloa, Hidalgo, Querétaro, Zacatecas, Jalisco, Puebla, Estado de México, Aguascalientes, Veracruz, Sonora y Chihuahua. Cabe aclarar, que durante las fases 4 a 6 del proyecto se han seguido recolectando materiales en estados que ya habían sido trabajados en fases anteriores, pero en los que algunas especies importantes no se habían podido recolectar por diversas razones. De acuerdo con el plan original, el desarrollo de las últimas fases implicaría la recolección de las Cuencas y Sierras del Norte en los estados de Chihuahua, Coahuila y Durango (Fase 5), la Planicie Costera del Noroeste en los estados de Sonora y Sinaloa (Fase 6) y la península de Baja California (Fase 7). Sin embargo, dadas las condiciones de inseguridad en el país, **ha sido necesario modificar la estrategia de recolección.**

Por lo anteriormente expuesto, el objetivo general de la fase 6 de este proyecto, fue **continuar con los esfuerzos de conservación de germoplasma a través de la recolección de 450 nuevas accesiones (ANEXO 1). Además de la captura de 1600 nuevos registros en la base de datos y al menos 150 nuevas pruebas de germinación.**

MÉTODO

Todas las semillas de las especies representadas en el banco, han pasado por un muestreo y procesamiento rigurosos, que cumplen con los estándares internacionales para su

almacenamiento a largo plazo (Brown & Marshall, 1995; Ellis *et al.*, 1985; Linington & Smith, 1985; Smith, 1995; Linington & Pritchard, 2000). Para cada colección, se tienen documentados datos taxonómicos (familia, género, especie, categoría infraespecífica, autoridad, año, etc.), ecológicos (hábitat y hábito, muestreo), etnobotánicos (usos) y fenológicos básicos (unidad de dispersión), los cuales se requieren antes y durante el procesamiento de las muestras.

La forma en que se realizó el trabajo durante las 6 fases del proyecto, consistió en lo siguiente:

Trabajo de campo

El muestreo siempre requiere de medidas apropiadas, dado que el germoplasma vegetal de las especies elegidas para conservar a largo plazo en un banco de genes debe significar una colección heterogénea, la cual incluirá la mayor variación genética posible (Brown & Marshall, 1995; Ellis *et al.*, 1985; RBG Kew). El método de recolección fue el siguiente:

- Se recolectaron, cuando fue posible, frutos y semillas de un mínimo de 30 a 50 individuos de una población.
- De cada individuo se recolectaron del 25% al 30% del total de sus frutos.
- Siempre se recolectaron frutos de la planta madre y se seleccionaron sólo los fisiológicamente maduros. En medida de lo posible no se recolectaron restos de materia vegetal como hojas y tallos, para evitar un incremento de humedad y temperatura en las muestras.
- Se obtuvieron muestras de 4000 a 7000 semillas (colecciones heterogéneas).
- Se guardaron las muestras recolectadas en bolsas de papel o de tela de algodón, con su etiqueta respectiva.
- Las muestras se mantuvieron en un lugar sombreado y sin humedad, durante su traslado al cuarto de desecación y procesamiento en el Banco de Semillas.
- De cada taxón muestreado se colectaron de 3 a 6 duplicados de ejemplares de herbario, como respaldo para el Banco de Semillas y para su posterior verificación taxonómica, además de considerar la donación de ejemplares de herbarios del país.
- Se obtuvieron y registraron los datos en campo sobre cada taxón muestreado, la información se capturó en un formato prediseñado con campos de tipo taxonómico, ecológico, edáfico, etnobotánico y fenológico.

Trabajo de laboratorio

Esta fase del trabajo inició con la llegada de las muestras al laboratorio del Banco de Semillas e involucra diferentes actividades:

- Deshidratación inicial. Se llevó a cabo en el laboratorio y a una temperatura de 23°C y una humedad relativa de 28% (condiciones ambientales), durante una semana o más dependiendo de los requerimientos de cada especie. Todo esto con el fin de evitar el deterioro e infestación de las semillas, además de reducir paulatinamente la humedad de las muestras y evaluar el tipo de fruto o semillas para priorizar la limpieza de las mismas.
- Evaluación de la calidad y fenología de la unidad de dispersión. Esta se realizó durante la limpieza de las muestras, con el objeto de determinar el método de limpieza más adecuado y la calidad de las mismas.

- Limpieza. Esta actividad siempre fue manual, se ayudó del uso de tamices de diferente diámetro de malla, tapones de hule, charolas, navajas, bisturíes, pinzas, agujas, espátulas, martillos de goma y guantes para abrir o triturar los frutos y para extraer y separar las semillas. También se utilizó una sopladora que permitió separar por diferencia de peso, las semillas llenas y maduras de las vacías o "vanas" y de los restos vegetales presentes en la muestra. Las muestras que se limpiaron primero fueron siempre las que provenían de frutos carnosos y/o semi-carnosos y, posteriormente, aquellas que se encontraban en frutos secos.
- Disección. A partir de cada muestra de semillas que se obtuvo, después de la limpieza, se separaron dos submuestras de 10 semillas cada una (20 semillas si se trataba de especies de la familia Asteraceae). Las semillas se cortaron bajo el microscopio estereoscópico para observar si el embrión y los cotiledones estaban bien desarrollados, de ser así, se consideraba que se trataba de semillas potencialmente viables. El porcentaje necesario de semillas potencialmente viables, para considerar que la muestra está limpia debe ser superior al 80%.
- Deshidratación principal. Las semillas se mantuvieron a una temperatura de 14°C y humedad relativa de 11% durante 4-6 semanas, con el propósito de reducir los contenidos de humedad hasta un valor óptimo de < 7%.
- Estimación del número de semillas por colección. Dependiendo de la unidad de dispersión, se estimó el número aproximado de semillas existentes en cada colección, por medio de métodos gravimétricos y estadísticos (ISTA, 1999).
- Pruebas de germinación. Esta prueba se realizó para saber el porcentaje real de germinación. Se utilizaron 3 lotes de 20 semillas cada uno, para sembrarse en cajas de Petri con papel filtro. Los lotes se incubaron a 30°C durante 20 días (hasta 30 si es necesario), en oscuridad y luz blanca (12 h/12 h).
- Pruebas de viabilidad. Cuando era necesario, se llevaban a cabo pruebas especializadas utilizando tricloruro de tetrazolio. Las semillas fueron disectadas y evaluadas bajo el microscopio estereoscópico, posteriormente fueron embebidas en una solución de tetrazolio al 1%, para incubarlas a temperatura ambiente durante 3-4 días, con el fin de observar el patrón de coloración y determinar el tejido vivo (color rojo) y muerto (color pardo).
- Empacado de las muestras. De acuerdo con la metodología recomendada por el Banco de Semillas del Milenio en Kew, se utilizaron principalmente sobres de aluminio y frascos de vidrio templado con tapa de sellado hermético. Posteriormente se almacenaron en un congelador a temperatura constante de -20°C.
- Captura de la información en la base de datos. Toda la información asociada a los materiales de herbario y a la colección de semillas fue capturada en la base de datos de biótica.

DURACIÓN DEL PROYECTO Y RESULTADOS

Duración

La duración de este proyecto considerando sus 6 fases fue de **quince años**, particularmente la fase 6, tuvo una duración de **tres años**, tiempo en el cual se recolectaron un total de 450 nuevas accesiones en las 30 salidas al campo que se llevaron a cabo (ANEXO 1). Las regiones en las que se realizaron las colectas incluyeron los estados de Baja California, Baja California Sur, Guerrero, Oaxaca, San Luís Potosí, Sinaloa, Hidalgo, Querétaro, Zacatecas, Jalisco, Puebla, Estado de México, Aguascalientes, Veracruz, Sonora y Chihuahua. La base de datos de Biótica que se entregó

a la CONABIO como resultado final del desarrollo de las 6 fases del proyecto cuenta con un total de 5865 registros, de los cuales **1652** corresponden a los registros capturados durante la fase 6 del proyecto. De los registros que corresponden a la fase 6, **824** son de accesiones de semillas y **828** de ejemplares de herbario, éstos pertenecen a **88** familias botánicas y representan **509** especies diferentes.

Recursos humanos y materiales

Durante el desarrollo de las 6 fases de este proyecto han participado las siguientes personas:

Responsables

Dra. Patricia Dávila Aranda (Responsable del proyecto)
Dra. Norma Isela Rodríguez Arévalo (Responsable del Banco de Semillas)
Biól. Lilia García Rojas (Capturista)

Técnicos de campo

Biól. Juan Ismael Calzada
Biól. Ulises Guzmán Cruz
Biól. Héctor Cervantes Maya
M. en C. Francisco Iberry Paredes
Biól. Armando Ponce Vargas
Biól. Carlos Hiram Rodarte Sánchez

Técnicos de Laboratorio

Biól. Salomé Alcasio Rangel
Biól. Sandra Fabiola Arias
Biól. Meztli Tlanezi Olvera
M. en C. Martha Santiago Santiago
Biól. Monserrat Paredes Negrete
Biól. Diana Sánchez Estrada
Biól. Edith Pérez Pelaez
Biól. Juliana Álvarez Lara

En lo que respecta a recursos materiales, gracias al apoyo de la CONABIO actualmente el Banco de Semillas posee los siguientes equipos:

3 equipos de cómputo
1 higrómetro
3 congeladores para el almacenamiento de semillas.

RESULTADOS

Como resultado del desarrollo de las 6 fases del proyecto CONABIO-Kew-UNAM, la base de datos del Banco de Semillas de la FES-Iztacala, UNAM, cuenta con un total de **5865** registros de colectas de herbario y semilla, **2930** accesiones están conservadas en la colección y su respectivo

respaldo en materiales de herbario. Cada uno de los duplicados de material herborizado se han procesado y depositado en los herbarios KEW, MEXU e IZTA. Los datos generados sobre la calidad de las muestras se han incrementado de manera importante, específicamente los que se relacionan con las pruebas de germinación superan las 1700 pruebas y los relacionados con los análisis de disección superan los 1790 análisis.

En lo que respecta al estado actual de la colección del Banco de Semillas, está representada por un total de 1501 especies y taxa infraespecíficos, pertenecientes a 131 familias botánicas entre las que destacan la familia Asteraceae, Mimosaceae, Cactaceae y Fabaceae con el mayor número de especies, mientras que entre las familias representadas por muy pocas especies se encuentran Buddlejaceae, Celastraceae, Meliaceae y Chenopodiaceae, entre otras (Fig. 1).

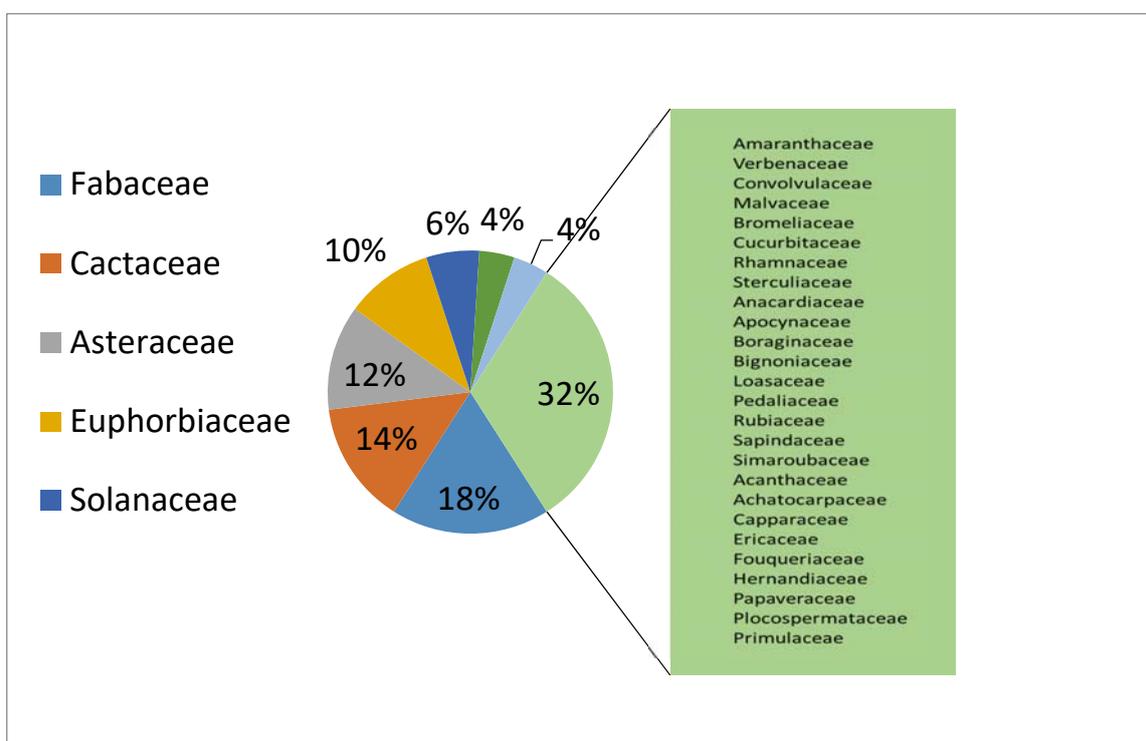


Fig. 1. Porcentaje de representación por familias presentes en la colección del Banco de Semillas FESI-UNAM.

Como parte de este proyecto, se han desarrollado diferentes investigaciones sobre temas particulares. Así, se han estudiado diferentes aspectos de las cactáceas columnares del Valle de Tehuacán-Cuicatlán, las plantas medicinales y comestibles de San Rafael, Coxcatlán y Santa María Chimalapas, se concluyeron los trabajos sobre la familia Fabaceae del Valle de Tehuacán-Cuicatlán, las especies de *Yucca* de la República Mexicana, las Poaceas de Coxcatlán y las especies de la tribu Asterae en Baja California. Estos proyectos se desarrollaron desarrollando como parte de los Laboratorios de Investigación Científica y Tecnológica (LICyT) y/o tesis de licenciatura de alumnos que se han integrado al Banco de Semillas.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los inventarios biológicos son fragmentarios, escasos e incompletos (Peterson *et al.*, 2002), generalmente, las bases de datos geográficos se basan en localidades individuales y registros puntuales, restringiendo el conocimiento de la distribución de los taxa, ya que para la mayoría de las especies son insuficientes las colectas u observaciones confiables (Navarro *et al.*, 2003).

Sin duda, los proyectos como éste, en los que se generan bases de datos con una perspectiva de conservación son sumamente importantes para el país, incluso lo son a nivel mundial. Proyectos como el que aquí se describe, apoyados por la CONABIO, sirven, en primera instancia para conocer con qué recursos se cuenta y dónde se distribuyen estos recursos, pero también son la base de proyectos de investigación encaminados a otros temas, como es el caso particular de la conservación.

Las plantas vasculares, las aves y los mamíferos representan grupos biológicos que pueden ser usados como modelos de prueba en estudios de patrones de distribución de biodiversidad, la razón es que están razonablemente bien estudiados y, además, contienen la mayoría de especies objetivo para la conservación (Luna-Vega & Contreras-Medina, 2010). En ese sentido, nuestra contribución al conocimiento y resguardo de las plantas vasculares se vuelve aún más relevante.

Se calcula que en el país existen 54 órdenes, 250 familias, 2706 géneros y 22126 especies de angiospermas (Villaseñor, 2016), particularmente, en las regiones áridas y semiáridas hay cerca de 7000 especies registradas de las cuales casi 3000 son endémicas. Si consideramos que el Banco de Semillas FESI-UNAM, gracias al apoyo de la CONABIO y luego de un esfuerzo de 15 años de trabajo ha logrado recolectar 1501 especies de zonas áridas, podemos concluir que tenemos resguardado en el Banco el germoplasma del 21.44% de la flora de las regiones áridas del país.

Los estudios de conservación de la flora mexicana son necesarios a diferentes niveles, particularmente a nivel de estado, con el fin de implementar políticas de conservación más apropiadas, ya que los políticos y tomadores de decisiones generalmente consideran límites geopolíticos y no límites naturales en los criterios de conservación (Dávila-Aranda *et al.*, 2004).

Hay aún mucho material por resguardar, pero el esfuerzo se está haciendo y los resultados hasta ahora son muy alentadores. El material resguardado ha permitido, además de la conservación misma, el desarrollo de trabajos de investigación relacionados con sistemática, fisiología y ecología de las especies bajo resguardo. Seguiremos trabajando en este esfuerzo conjunto por conseguir la protección *ex situ* de las plantas con semilla de las regiones áridas, que son, sin lugar a dudas, las regiones más vulnerables del país.

BIBLIOGRAFÍA

Arriaga, L., J.M. Espinoza, C. Aguilar, E. Martínez, L. Gómez & E. Loa (coordinadores). 2000. Regiones Terrestres Prioritarias de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México

Brown, A. H. D. & D. R. Marshall. 1995. A basic sampling strategy: theory and practice. *In*: L. Guarino, V. Ramanatha Rao y R. Reid (eds.). Collecting Plant Genetic Diversity. Technical Guidelines.

CAB International, Wallingford, U.K.

Dávila, P. & O. Herrera-MacBryde. 1997. Tehuacan-Cuicatlán Region, México. *In*: Davis, S.D., V.H. Heywood, O. Herrera-MacBryde, J. Villalobos y A. C. Hamilton (eds.). *Centres of Plant Diversity: A guide and Strategy for their Conservation*. Vol 3. The World Wide Fund for Nature (WWF), U.K.

Dávila, P., M. Coro Arizmendi, A. Valiente-Banuet, J. L. Villaseñor, A. Casas & R. Lira. 2002. Biological diversity in the Tehuacán-Cuicatlán Valley, Mexico. *Biodiversity and Conservation* 11: 421-442.

Dávila-Aranda, P., Lira, R. & Valdés-Reyna, J. 2004. Endemic species of grasses in Mexico: a phytogeographic approach. *Biodiversity and Conservation* 13, 1101-1121.

Ellis, R.H., T.D. Hong & E.H. Roberts. 1985. *Handbook for Genebanks: No. 2, Handbook of Seed Technology for Genebanks, Vol. 1, Principles and Methodology*. IBPGR, Rome.

Flores-Villela, O. & Geréz P. 1994. *Biodiversidad y Conservación en México: Vertebrados, Vegetación y Uso de Suelo*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad/Universidad Nacional Autónoma de México, México.

ISTA. 1999. *International Rules for Seed Testing, 1999*. *Seed Science and Technology* 27: supplement 333 pp.

Linington, S. H. & R. D. Smith. 1985. Deferred Regeneration: A Manpower-efficient Technique for Germplasm Conservation. *FAO/IBPGR, Plant Genetic Resource Newsletter* 70: 2-12.

Linington, S. H. & H. W. Pritchard. 2000. Gene Bank. *Encyclopedia of Biodiversity*. Levin S. (edit), Academic Press. U.K.

Luna-Vega, I. & Contreras-Medina, R. 2010. Plant biodiversity hotspots and biogeographic methods. *In*: Rescigno, V. & Maletta, S., Eds., *Biodiversity Hotspots*. Nova-Science Publishers, New York, USA, pp. 181-191.

Navarro, A. G., Peterson, A. T., Nakazawa U, Y. J. & Liebig-Fossas, I. 2003. Colecciones Biológicas, Modelaje de Nichos Ecológicos y los Estudios de la Biodiversidad. pp: 115-122, *in* Morrone, J. & Llorente, J. (eds). *Una perspectiva Latinoamericana de la biogeografía*. Las prensas de Ciencias, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.

Peterson, A. T., Ball, L. G. & Cohoon, K. P. 2002. Predicting distributions of Mexican birds using ecological niche modelling methods. *Ibis* 144: E27-E32.

Rzedowski, J. 1993. Diversity and Origins of the Phanerogamic Flora of Mexico. *In*: Ramamoorthy, T. P., R. Bye, A. Lot & J. Fa (eds.). *Biological Biodiversity of Mexico. Origins and Distribution*. Oxford University Press.

Smith, R. D. 1995. Collecting and handling seeds in the field. *In*: L. Guarino, V. Ramanatha Rao & R. Reid (eds.). *Collecting Plant Genetic Diversity. Technical Guidelines*. CAB International, Wallingford,

U.K.

Slageren van M. W. 2003. The Millennium Seed Bank: building partnerships in arid regions for the conservation of wild species. *Journal of Arid Environments* 54: 195-201.

Villaseñor, J. L. 2016. Checklist of the native vascular plants of Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*.