

Recursos genéticos del algodón en México: conservación *ex situ*, *in situ* y su utilización*

Genetic resources of cotton in Mexico: *ex situ* and *in situ* conservation and use

Claudia Pérez Mendoza^{1§}, Ma. del Rosario Tovar Gómez², Quintín Obispo Gonzalez³, Felipe de Jesús Legorreta Padilla⁴ y José Ariel Ruiz Corral⁵

¹Centro Nacional de Recursos Genéticos-INIFAP. Blvd. de la Biodiversidad Núm. 400. Tepatitlán, Jalisco. C. P. 47600. Tel: 3781065020. ²INIFAP-Campo Experimental Valle de México, Estado de México. (tovar.rosario@inifap.gob.mx). ³Colegio de Estudios Superiores Agropecuarios del estado de Guerrero. (q.obispoglez@hotmail.com). ⁴Sitio Experimental Tlaxcala- INIFAP. (investigador hasta diciembre de 2011). ⁵Campo Experimental Centro Altos, Jalisco-INIFAP. (ruiz.ariel@inifap.gob.mx). [§]Autora para correspondencia: perez.claudia@inifap.gob.mx.

Resumen

México es el centro de origen del algodón *Gossypium hirsutum*, 11 de las 13 especies silvestres de *Gossypium* en el hemisferio occidental son endémicas de nuestro país. Durante el periodo 2009-2011, se realizaron diferentes actividades enfocadas principalmente a la elaboración del diagnóstico de los recursos genéticos del algodón en México. Los resultados obtenidos en este estudio mostraron que en México se han recolectado en las diferentes expediciones realizadas por científicos mexicanos y del extranjero tan solo del periodo de 1978 a 2006, 980 accesiones siendo la especie con mayor recolección *G. hirsutum* mientras que las especies con menor recolección fueron: *G. armourianum*, *G. shwendimanii*, *G. laxum* y *G. arboreum*. Estas accesiones se encuentran resguardadas en los bancos de germoplasma de los Estados Unidos de América, China y Rusia por mencionar algunos. La especie con mayor recolección es *G. hirsutum* seguido de *G. aridum* es la especie silvestre diploide arborescente. El género *Gossypium* se distribuye en el país con un alto nivel de endemismo, las áreas con mayor diversidad se ubican principalmente al sur del territorio nacional y en las zonas costeras del país.

Palabras clave: *Gossypium*, diversidad genética, especies silvestres, recolección.

Abstract

Mexico is the center of origin of *Gossypium hirsutum* cotton; 11 of the 13 wild species of *Gossypium* in the occidental hemisphere are endemic to Mexico. In 2009-2011, different activities were carried out focused on the elaboration of the diagnosis of genetic resources of cotton in Mexico. The results obtained in this study showed that on several expeditions done by Mexican and foreign scientists in 1978-2006, 980 accessions were collected in Mexico, *G. hirsutum* being the species with the greatest amount of gathered data, while the species with less gathered data were: *G. armourianum*, *G. shwendimanii*, *G. laxum* and *G. arboreum*. These accessions are stored at germplasm banks in the United States, China and Russia. The most widely recollected species is *G. hirsutum*, followed by *G. aridum*, the arborescent diploid wild species. The *Gossypium* genus is distributed throughout Mexico with a high endemism level; the areas with more natural diversity are located mainly in the southern and coastal areas of the country.

Keywords: *Gossypium*, collection, genetic diversity, wild species.

Introducción

Los recursos genéticos son la base de la seguridad y soberanía alimentaria de un país y la materia prima para el desarrollo de nuevas variedades con características que les permitan ser resistentes a plagas, enfermedades, escasez de agua, cambios climáticos, etc. De acuerdo con Griffon (2008), las razas y variedades criollas son el resultado del proceso de coevolución de las culturas humanas y sus respectivos entornos. Estos organismos son indicadores de la diversidad cultural, por lo tanto son tan importantes de preservar como las lenguas y tradiciones ancestrales. Este autor menciona que los pequeños agricultores son los guardianes y los principales usuarios de esta biodiversidad agrícola.

La creciente actividad humana, sin embargo, está ocasionando un deterioro progresivo de la biodiversidad genética; según datos del Centro de Monitoreo de Conservación Mundial (World Conservation Monitoring Center), el 12.5% del total de las 250 mil especies vegetales conocidas en el planeta se encuentran en peligro de extinción y a su vez, sólo 10% de las especies vegetales han sido evaluadas por su potencial agronómico o medicinal, según sea el caso (Iriondo, 2001).

Un factor importante que ha aumentado el riesgo de extinción de las variedades criollas, es la desmedida expansión del cultivo de organismos genéticamente modificados. Cuatro cultivos industriales (frijol de soya [63%], maíz [19%], algodón [13%] y canola [5%]) representaron 100% del área sembrada con cultivos transgénicos comerciales en 2001; lo cual representa con mucho la mayor causa de erosión genética actualmente en el mundo (Griffon, 2008). Es importante considerar lo anterior, especialmente en los países que son centro de origen entre los que se encuentra México.

La República Mexicana y más específicamente el área conocida como Mesoamérica, es una de las regiones del mundo con mayor riqueza florística, señalándose como centro de origen y diversidad de plantas cultivadas que han adquirido gran importancia a nivel mundial (FAO, 1996), entre las que se encuentran el maíz, chile, frijol, algodón, tabaco, cacao, aguacate etc. (Lepíz y Rodríguez, 2006).

El algodón (*Gossypium*) tiene relevancia cultural, económica y biológica en el mundo. Ulloa *et al.* (2006) reportan que México es el centro de origen del género *Gossypium* con 11 de las 13 especies diploides (*G. armourianum*, *G. lobatum*, *G. gossypoides*, *G. aridum*, *G. laxum*, *G. shwendimanii*, *G.*

Introduction

Genetic resources are the basis for the food safety and sovereignty of a country, and raw material for the development of new varieties with characteristics that allow resistance to plagues, illnesses, water shortages, climatic changes, etc. According to Griffon (2008), the Creole races and other varieties are the result of the co-evolution process of the human culture and corresponding environments. These organisms are indicators of cultural diversity; their preservation is therefore as important as languages and ancient traditions. This author mentions that small farmers are the guardians and the main users of such agricultural diversity.

Increasing human activity has caused a progressive deterioration of genetic diversity. According to data from the World Conservation Monitoring Center, 12.5% of a total of 250 thousand plant species are at risk of extinction and at the same time, only 10% of the plant species have been assessed due to their agronomic or medicinal potential, as the case may be (Iriondo, 2001).

An important factor that has increased the risk of extinction of the Creole varieties is the unreasonable cultural expansion of genetically modified organisms. Four industrial cultures (soy beans [63%], corn [19%], cotton [13%] and canola [5%]) represented 100% of the area sown with commercial transgenic cultures in 2001, which represents the greatest cause of genetic erosion in the world present day (Griffon, 2008). It is important to consider the foregoing, especially in countries that are centers of origin to plant species such as Mexico.

The Mexican Republic, more specifically the area known as Mesoamerica, is a region with a wealth of flora, identified as a center of origin and diversity of cultivated plants that have acquired great importance worldwide (FAO, 1996), among which corn, chile, beans, cotton, tobacco, cacao, avocado, etc. are present (Lepíz and Rodríguez, 2006).

Cotton (*Gossypium*) has a cultural, financial and biological relevance in the world. Ulloa *et al.* (2006) report that Mexico is the center of origin of the *Gossypium* genus with 11 of the 13 diploid species (*G. armourianum*, *G. lobatum*, *G. gossypoides*, *G. aridum*, *G. laxum*, *G. shwendimanii*, *G. thurberi*, *G. trilobum*, *G. davisonii*, *G. turneri* and *G. harknesii*) and one tetraploid (*Gossypium hirsutum*), which

thurberi, *G. trilobum*, *G. davisonii*, *G. turneri* y *G. harknesii*) y una tetraploide (*Gossypium hirsutum*), que en conjunto constituyen un acervo genético útil en el aprovechamiento y mejoramiento de este género (Ulloa *et al.*, 2006; Feng *et al.*, 2011; Ulloa *et al.*, 2013). En la actualidad, la especie *G. hirsutum* es el principal algodón cultivado y aporta casi 90% de la producción mundial debido a las buenas características de la fibra que produce (Poelham and Sleper, 2003; Tovar *et al.*, 2013); además, la semilla de algodón es también una fuente importante de alimento ya que se extraen de su semilla aceite para consumo humano y harinolina para la alimentación animal (Sunilkumar *et al.*, 2006).

Para conservar y propiciar un uso sustentable del algodón es necesario conocer sobre el estado actual que guarda este recurso en México. Poseer esta información es crucial para alcanzar el éxito en el rescate de la diversidad genética del género *Gossypium*. Con base en lo anterior, el objetivo planteado fue la de realizar una investigación sobre el estado que guarda los recursos genéticos del algodón en México y su relación con la conservación *ex situ*, *in situ* y su utilización.

Materiales y métodos

La investigación se realizó de enero 2009 a diciembre 2011 y para llevar a cabo la investigación, se visitaron herbarios de diferentes instituciones del centro del país así como, una revisión bibliográfica referente a su conservación *ex situ*, *in situ* y la utilización de los recursos genéticos del algodón en México.

Fuentes de información. Se consideraron los registros de recolección de algodón del período de 1978 a 2006: *G. hirsutum*, *G. armourianum*, *G. aridum*, *G. gossypoides*, *G. laxum*, *G. lobatum*, *G. shwendimani*, *G. turneri*, *G. thurberi*, *G. trilobum*, *G. lanceolatum*, *G. harknesii*, *G. davidsonii* que son las especies de algodón reportadas para México.

Para ello, se reunió la información contenida en las etiquetas de los ejemplares del género *Gossypium* resguardados en los herbarios, bancos de germoplasma o semilla de la Universidad Autónoma Chapingo (UACH), el Colegio de Postgraduados (COLPOS), la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), el Instituto Nacional de Ecología (INECOL), el Centro de Investigación Científica de Yucatán (CICY) y la Universidad Autónoma de Yucatán (UADY). Además, se realizaron consultas por internet a la

together constitute a genetic pool useful in the utilization and improvement of this genus (Ulloa *et al.*, 2006; Feng *et al.*, 2011; Ulloa *et al.*, 2013). Currently, the *G. hirsutum* species is the main cultivated cotton and contributes with almost 90% of the world production due to the characteristics of the fiber that it produces (Poelham and Sleper, 2003; Tovar *et al.*, 2013); in addition, cotton seed is also an important food source as oil for human consumption and cottonseed meal for animals are extracted from its seed (Sunilkumar *et al.*, 2006).

In order to preserve and promote a sustainable use of cotton, it is necessary to know about the current state of this resource in Mexico. It is important to have this information in order to achieve the rescue success of the genetic diversity of the *Gossypium* genus. Based on the foregoing, the planned objective was to research the state of the genetic resources of cotton in Mexico and their relation to the *ex situ* and *in situ* conservation and their uses.

Materials and methods

The research was done from January 2009 to December 2011 and in order to carry out the research, herbaria from different national institutions were visited, and a bibliographic review was done in reference to their *ex situ* and *in situ* conservation and the use of the genetic resources of cotton in Mexico.

Information sources. The collection records of cotton from 1978 to 2006 were considered: *G. hirsutum*, *G. armourianum*, *G. aridum*, *G. gossypoides*, *G. laxum*, *G. lobatum*, *G. shwendimani*, *G. turneri*, *G. thurberi*, *G. trilobum*, *G. lanceolatum*, *G. harknesii*, and *G. davidsonii*, the cotton species reported in Mexico.

The information contained in the labels of the *Gossypium* genus was collected; this information is stored in the herbaria, germplasm or seed banks at the Universidad Autónoma Chapingo (UACH), the Colegio de Postgraduados (COLPOS), the Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), the Instituto Nacional de Ecología (INECOL), the Centro de Investigación Científica de Yucatán (CICY) and the Universidad Autónoma de Yucatán (UADY). Furthermore, internet research was done in the World Biodiversity Information Network (REMIB), which provides information on herborized cotton samples. Each herbaria specimens was revised and photographed in order to capture the information contained in the collection card.

Red Mundial de Información sobre Biodiversidad (REMIB), la cual cuenta con información de muestras herborizadas de algodón. Cada ejemplar de herbario fue revisado y fotografiado para posteriormente, en gabinete, capturar la información contenida en la ficha de recolecta.

Mapeo de la distribución actual de *Gossypium* sp. Se integró una matriz de datos georreferenciados en Excel de Microsoft® (2007), relativa a los puntos de cada accesión en la República Mexicana de cada una de las especies de *Gossypium* en estudio. En la matriz se incluyeron para cada accesión los siguientes datos: género, especie, entidad federativa, latitud, longitud y altitud. La localización geográfica de cada uno de los sitios de colecta fue verificada mediante las cartas topográficas con escala 1:50000 (INEGI, 2003), el Nomenclátor de la Síntesis Geográfica Estatal (SIGE) del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática para diversas entidades federativas (INEGI, 2000) y el Atlas Interactivo de Microsoft Encarta® (2010). Se mapeó la distribución actual de las especies de *Gossypium* haciendo uso de las coordenadas geográficas de todas las accesiones consideradas en este estudio. Lo anterior se realizó a través del sistema ArcGis (ESRI, 2006). Se utilizó el Sistema de Información Ambiental Nacional (SIAN) del INIFAP para caracterizar las condiciones ambientales de los sitios de colecta. El SIAN está compilado en el sistema Idrisi (Eastman, 2006) y se compone de imágenes climáticas y topográficas en formato raster a escala mensual, estacional y anual, con una resolución de 180 m. La información climática contenida en este sistema correspondió al período 1961-2003.

Nomenclatura taxonómica. Para reducir el error por posibles sinonimias y asegurar el nombre correcto de las especies, se tomó como referencia a Fryxell (1992). Se asumió que las determinaciones de los ejemplares herborizados depositados en los herbarios consultados se realizaron correctamente, toda vez que fue hecha por expertos en la materia.

Información no considerada. No se tomaron en cuenta los ejemplares de herbarios con información insuficiente; por ejemplo, en donde sólo aparecía el género sin la definición de especie (*Gossypium* sp.) o bien, donde se sugería confrontar con alguna raza de la especie *G. hirsutum* (denotada por la abreviatura “cf”) y aquellos donde existía cierta afinidad con alguna raza de *hirsutum* (denotada por la abreviatura “aff”).

Mapping of the current distribution of *Gossypium* sp. A matrix of georeferenced data was integrated in Microsoft® Excel (2007), concerning the points of each accession in the Mexican Republic of each one of the species of *Gossypium* in the study. The following information was included in the matrix for each accession: genus, species, state, latitude, longitude and altitude. The geographical location of each one of the collection sites was verified through topographic maps with a 1:50000 scale (INEGI, 2003), the Gazetteer of the Síntesis Geográfica Estatal (SIGE) of the Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI; 2000) for several states and the Interactive Atlas of Microsoft Encarta® (2010). The current distribution of the *Gossypium* species was mapped using the geographic coordinates of all the accessions considered in this study. The foregoing was done through the ArcGis system (ESRI, 2006). INIFAP's Sistema de Información Ambiental Nacional (SIAN) was used to characterize the environmental conditions of the collection sites. SIAN is compiled in the Idrisi system (Eastman, 2006) and is comprised of climatic and topographic images in raster format, on a monthly, seasonal and annual scale with a resolution of 180 m. The climatic information contained in this system corresponded to the 1961-2003 period.

Taxonomic nomenclature. In order to reduce a mistake due to possible synonyms and ensure the correct name of the species, Fryxell was used as a reference (1992). It was assumed that the determinations of the herborized samples deposited in the consulted herbaria were correctly done; every time they were performed by experts in the area.

Information that was not considered. The samples from herbaria with insufficient information were not taken into consideration; for example, when the genus was shown without the species definition (*Gossypium* sp.) or when it was suggested to compare with another race of the *G. hirsutum* species (identified by the “cf” abbreviation.), and those where there was a certain affinity with a *hirsutum* race (identified by the abbreviation “aff”).

Results and discussion

Considering the information consulted for this research, the results indicate that among the 31 states and Mexico City, 27 states have reported the existence of native cotton species;

Esta cantidad de ejemplares reportados en los herbarios han sido producto de las diferentes expediciones realizadas por científicos mexicanos, estadounidenses, chinos y rusos mismos, que se encuentran resguardadas en los respectivos Bancos de Germoplasma de esos países (Pérez *et al.*, 2011).

Áreas de distribución de las especies. En la Figura 2 se presenta la distribución geográfica de *Gossypium* donde se observa que dicha distribución es muy amplia, desde el noroeste del país, en los estados de Sonora, Baja California Sur y Sinaloa, hasta el sureste y Península de Yucatán. Esto señala que el género *Gossypium* presenta amplia adaptación climática y que puede desarrollarse bajo una diversidad de condiciones ambientales, lo cual coincide con lo señalado por Morrone (2005) quien menciona que, de acuerdo con la clasificación de las provincias biogeográficas de México, el género *Gossypium* se localiza en las provincias biogeográficas de Baja California, Sonora, Costa Pacífica Mexicana, Golfo de México, Península de Yucatán, Chiapas y Cuenca del Balsas, ocupando áreas con condiciones que van de árida a húmeda y semicálida a cálida (Medina *et al.*, 1998), asociadas a una diversidad geológica, edáfica y de tipos de vegetación y hábitat.

En la Figura 2 también se observa que la especie *G. aridum* se distribuye desde Sinaloa hasta Guerrero; *G. trilobum*, en Michoacán y Guerrero; *G. turneri* y *G. thurberi*, en Sonora y Chihuahua, y *G. davidsonii* y *G. harknessii*, en Baja California Sur y Sonora, respectivamente. Existen especies como *G. lobatum* y *G. shwendimanii* que sólo han sido detectadas en el estado de Michoacán; mientras que *G. laxum* y *G. gossypoides* son endémicas de Guerrero y Oaxaca, respectivamente. La especie *G. armourianum* se localiza en Baja California Sur y en el Estado de México, y *G. lanceolatum* se distribuye en los estados de Colima, Michoacán y Guerrero.

Geográficamente se puede observar que en el sur del país se concentra la mayor diversidad genética de este género, lo que coincide con lo reportado por Prado *et al.* (1978) y Pérez y Ruiz (2010) quienes mencionan que el centro de origen y de la mayor diversidad genética de la especie cultivada *G. hirsutum* se encuentra dentro de los límites geográficos de México y que la raza nativa conocida como “yucatanense” se ubica en la vegetación natural del litoral de la costa norte de la Península de Yucatán.

Especies o razas locales amenazadas. De acuerdo con los reportes de Ulloa *et al.* (2006) y Pérez y Hernández (1992), las especies silvestres de *Gossypium* que podrían estar en peligro de extinción son: *G. thurberi*, *G. turneri*, *G.*

In the study of the inventory on cotton, it was found that in the different consulted sources that 908 accessions have been collected in Mexico. The number of *Gossypium* samples collected by species in the Mexican Republic from 1978-2006 is presented in Table 1. As it has been observed, the *G. hirsutum* species presents the highest number of collected accessions with 451, followed by the diploid wild species *G. aridum* with 111 and *G. barbadense* with 76 samples. It is important to mention that in the 90 reported accessions, the collected species is not specified (Table 1).

This amount of samples reported in the herbaria has been the product of the different expeditions done by Mexican, American, Chinese and Russian scientists, which are stored in the corresponding germplasm banks in these countries (Pérez *et al.*, 2011).

Distribution areas of the species. Figure 2 presents the geographic distribution of *Gossypium*, where it can be observed that its distribution is extensive, from the northeast of the country in the states of Sonora, Baja California Sur and Sinaloa, to the southeast and the Yucatán Peninsula. This indicates that the *Gossypium* genus can easily adapt to the weather and that it can develop under a diversity of environmental conditions, which coincides with what was indicated by Morrone (2005). It was reported that according to the classification of the biogeographic states of Mexico, the *Gossypium* genus is located in the biogeographic provinces of Baja California, Sonora, Mexican Pacific Coast, Gulf of Mexico, Yucatán Peninsula, Chiapas and Balsas River, areas with weather conditions that go from arid to humid and semi-warm to warm (Medina *et al.*, 1998), associated to one geological, edaphic diversity and of many vegetation and habitat types.

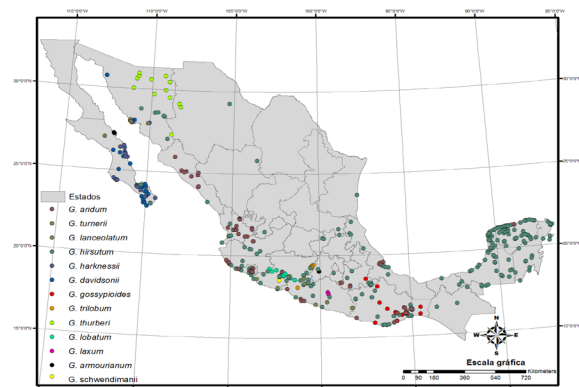


Figura 2. Distribución de las especies silvestres de algodón en México (elaboración propia).

Figure 2. Distribution of the wild cotton species in Mexico (own sources).

harknessi, *G. davidsonii* y *G. lobatum* que se localizan en la Bahía de San Carlos en Guaymas, Sonora; Los Cabos en Baja California Sur, y en el estado de Michoacán. Las causas imputables a esta amenaza son entre otras: la remoción de vegetación para nuevos desarrollos turísticos; el crecimiento urbano no planificado; la sustitución de áreas naturales por zonas de producción agrícola; la deforestación para establecer otros sistemas de explotación como la siembra de pastizales.

Conservación *in situ*. La conservación *in situ* del algodón semidomesticado (*G. hirsutum*) la realizan las propias etnias. En el Noroeste de Nayarit, en la Montaña de la Sierra Madre, se ubican varios grupos de indígenas Huicholes que conservan *in situ* algunas plantas de algodón silvestre de *G. hirsutum* que usan en ceremonias religiosas (Ulloa *et al.*, 2006). Hernández *et al.* (1984) citado por Pérez *et al.* (2011) reportaron que en la parte sur de la región cafetalera de Oaxaca, a una altura aproximada de 1 000 msnm, pobladores de esa zona conservan de manera *in situ* plantas de *G. barbadense*, raza *brasiliense*. Existen limitados reportes sobre las zonas en donde se realiza la conservación *in situ*. Por lo anterior, es necesario realizar actividades de recolecta y conservación, no sólo de la especie *hirsutum*, sino del género *Gossypium* en general, así como una exhaustiva revisión etnobotánica, definiendo usos potenciales y generando nuevas alternativas para su conservación.

Conservación *ex situ*. De acuerdo con información recopilada en diferentes instituciones de investigación, se encontró que el Banco de Germoplasma Vegetal de la Universidad Autónoma Chapingo almacena semillas de seis accesiones de algodón semi domesticado de la especie *hirsutum* bajo condiciones de temperatura y humedad adecuadas. Cabe mencionar, que la información sobre los datos pasaportes de dichas accesiones es limitada.

Colecciones existentes en jardines botánicos. Se encontró que existen cuatro jardines botánicos que conservan en total 126 accesiones del género *Gossypium*, la mayor parte de ellos se ubican en la región Sureste de México. Cabe destacar que el Jardín Botánico del Instituto Nacional de Investigaciones, Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), ubicado en Iguala, Guerrero, es el que cuenta con una colección formal de accesiones de germoplasma de algodón nativo de México; además, de infraestructura y personal capacitado para el manejo y conservación de las plantas. Por lo que la conservación del germoplasma de algodón nativo de México a través del Jardín Botánico garantiza la preservación e

Figure 2 also shows that the *G. aridum* species is distributed from Sinaloa to Guerrero; *G. trilobum* in Michoacán and Guerrero; *G. turneri* and *G. thurberi* in Sonora and Chihuahua; and *G. davidsonii* and *G. shwendimanii* which have only been detected in the state of Michoacán; while *G. laxum* and *G. gossypoides* are endemic to Guerrero and Oaxaca, respectively. The *G. armourianum* species is located in Baja California Sur and in the State of Mexico, and *G. lanceolatum* is distributed in the states of Colima, Michoacán and Guerrero.

Geographically it can be observed that the most genetic diversity of this genus is concentrated in the southern part of the country. This coincides with what is reported by Prado *et al.* (1978) and Pérez and Ruiz (2010) who mention that the center of origin and the highest concentration of genetic diversity of the cultivated *G. hirsutum* species are located within the geographical limits of Mexico and that the native race known as “yucatanense” is located in the natural vegetation of the northern coastal area of the Yucatán Peninsula.

Endangered local species or races. According to reports by Ulloa *et al.* (2006) and Pérez and Hernández (1992), the wild *Gossypium* species that could be at risk of extinction are: *G. thurberi*, *G. turneri*, *G. harknessi*, *G. davidsonii* and *G. lobatum* which are located in the San Carlos Bay in Guaymas, Sonora, Los Cabos, Baja California Sur and in the state of Michoacán. The attributable reasons to this threat are, among others: vegetation removal for new touristic developments; unplanned urban growth; the replacement of natural areas by agricultural production zones; and, deforestation in favor of the establishment of other exploitations systems such as the cultivation of grassland.

***In situ* conservation.** *In situ* conservation of semi-domesticated cotton (*G. hirsutum*) is done by ethnic groups. Several Huicholes indigenous groups are located in northeast Nayarit, in the mountains of the Sierra Madre, and they provide *in situ* conservation of some wild cotton plants of *G. hirsutum* which are used in religious ceremonies (Ulloa *et al.*, 2006). Hernández *et al.* (1984) quoted by Pérez *et al.* (2011) reported that in the southern part of the coffee-growing region of Oaxaca, at an approximate altitude of 1 000 meters above sea level, inhabitants of that zone preserve *G. barbadense*, *brasiliense* race by *in situ* means. There are very few reports about the zones where the *in situ* conservation is done. It is therefore necessary to carry out activities of collection and preservation, not only of the *hirsutum* species, but of the *Gossypium* species in general,

investigación de este recurso natural, que es parte de nuestro patrimonio genético domesticado, utilizado y conservado desde la época prehispánica (Arias *et al.*, 2010).

Es importante resaltar, que el germoplasma recolectado por los científicos durante las expediciones, junto con el material obtenido por donaciones y los intercambios con otros bancos, constituyen las colecciones de germoplasma (Wallace *et al.*, 2009). En ese contexto, Campbell *et al.* (2010) realizaron una investigación exhaustiva con el fin, de conocer el estatus mundial que guarda los recursos genéticos del género *Gossypium*. Estos autores reportan, un total de 60 118 accesiones recolectadas en el mundo de las cuales se concentran en ocho países: Estados Unidos, India, Brasil, Australia, China, Francia, Rusia y Uzbekistan. Es importante mencionar que estos autores mencionan en su reporte que en los bancos de germoplasma de Rusia y China entre sus accesiones que conservan se encuentran germoplasma de algodón de origen mexicano.

Actualmente, los Estados Unidos de América, tienen la mayor colección de germoplasma de algodón en el mundo; ésta se encuentra resguardada en el Departamento de Agricultura (USDA) y está conformada por más 10 000 accesiones provenientes de todas las especies de *Gossypium* (Campbell *et al.*, 2010). La semilla de estas accesiones se ha acumulado con los años y es un capital genético significativo de diversos países, entre los que se encuentra México. Las muestras individuales de la semilla, representadas en el banco, fueron obtenidas por los recolectores durante viajes exploratorios a varias partes del mundo (Percival *et al.*, 1999). Los bancos de germoplasma de importancia mundial con quienes la USDA ha realizado intercambio incluyen al Jardín Botánico de Algodón del INIFAP; Institut de Recherche du Coton et des Textiles Exotique de Francia; Central Institute for Cotton Research de la India; N. I. Vavilov Institute of Research de Rusia; Germplasm Resources Research Division, People's de la República de China; Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD) de Francia; Empresa Brasileira de Investigación Agropecuaria (EMBRAPA) de Brasil, entre otros (Percival *et al.*, 1999).

El CIRAD es otro centro de investigación que conserva una de las grandes colecciones de recursos genéticos de algodón. El centro conserva más de 3 000 accesiones de algodón que provienen de más de un centenar de países. La colección del CIRAD es una herramienta valiosa para abastecer programas de investigación en genética, utilizando las técnicas de la

as well as an exhaustive ethnobotanical review, defining potential uses and generating new alternatives for their preservation.

Ex situ conservation. According to the information collected in different research institutions, it was found that the vegetable germplasm bank of the Universidad Autónoma Chapingo stores the seeds of six accessions of semi-domesticated cotton of the *hirsutum* species under adequate temperature and humidity conditions. It is important to point out that the information about the passport data of such accessions is limited.

Existing collections in botanical gardens. There are four botanical gardens that preserve a total of 126 accessions of the *Gossypium* genus; the majority of them are located in the southeastern region of Mexico. It is worth noting that the botanical garden of the Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas and Pecuarias (INIFAP), located in Iguala, Guerrero, is one with a formal collection of accessions of cotton germplasm native to Mexico, in addition to infrastructure and qualified personnel for the handling and preservation of the plants. The preservation of the cotton germplasm native to Mexico through the botanical garden thus guarantees the preservation and research of this natural resource which is a domesticated genetic patrimony, used and preserved since the pre-Hispanic era (Arias *et al.*, 2010).

It is important to emphasize that the germplasm collected by scientists during the expeditions, along with the material obtained through donations and exchanges with other banks, constitute the germplasm collections (Wallace *et al.*, 2009). In this contest, Campbell *et al.* (2010) carried out an exhaustive research with the purpose of knowing the global status of the genetic resources of the *Gossypium* genus. These authors reported a total of 60 118 accessions collected in the world, which are concentrated in eight countries: the United States, India, Brazil, Australia, China, France, Russia and Uzbekistan. It is important to mention that these authors indicate in their report that the germplasm banks of Russia and China, among their accessions, also have cotton germplasm with Mexican origins.

Presently, the United States has the largest collection of cotton germplasm in the world, which is stored in the Department of Agriculture (USDA) and is comprised of more than 10 000 accessions that come from all species of *Gossypium* (Campbell *et al.*, 2010). The seed of these accessions has

selección clásica, de hibridación específica o de selección asistida por marcadores moleculares (Dessauw y Hau, 2006a; Dessauw y Hau 2006b).

Utilización del germoplasma en el mejoramiento genético. En México, el desarrollo de variedades mejoradas de algodón convencional (*G. hirsutum*) requiere entre 12 y 15 años de investigación utilizando la gran variabilidad genética que presentan los algodones semi silvestres de esta especie (Hernández-Jasso, 2009. Comunicación personal). Es importante mencionar que las recolectas de varios algodones semi domesticados y silvestres de la especie *G. hirsutum*, han sido la base para la formación de algunas variedades como: Acala, Deltapine, Coker, entre otras (Ulloa *et al.*, 2006; Tovar *et al.*, 2013).

Las investigaciones realizadas entre 1942 y 1985 por el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), hoy INIFAP, sobre el mejoramiento genético de algodón fueron significativas e hicieron una contribución importante para los productores de algodón en México. Durante ese período, el INIA liberó ocho variedades (Cuadro 2), entre las que sobresale la primera variedad liberada y registrada ante el Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS) con el nombre de “CAERI-76”.

El nombre de CAERI-76 significa Campo Agrícola Experimental Rosario Izapa (Prado, 1983). Esta variedad se obtuvo de la variedad Acala 1517-C mediante el método de selección masal y la repetición de surcos de progenie. Sus características fueron alta calidad de la fibra y rendimientos ligeramente superiores en comparación con la variedad Deltapine 16. Por esa alta calidad en la fibra tuvo gran aceptación por los productores de la región del Soconusco, llegándose a sembrar de 15 a 20 mil hectáreas (Robles, 1985).

been accumulated for years and is a significant genetic capital from several countries, among which is Mexico. The individual samples of the seed represented in the bank were obtained by the collectors during exploratory expeditions to several parts of the world (Percival *et al.*, 1999). The germplasm banks of global importance that have done exchanges with the USDA include the Botanical Garden of Cotton of the INIFAP; Institut de Recherche du Coton et des Textiles Exotique in France; Central Institute for Cotton Research in India; N. I. Vavilov Institute of Research in Russia; Germplasm Resources Research Division, People’s Republic of China; Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD) in France; Empresa Brasileira de Investigación Agropecuaria (EMBRAPA) in Brazil, among others (Percival *et al.*, 1999).

CIRAD is another research center that preserves one of the largest collections of genetic cotton resources. The center preserves more than 3 000 accessions of cotton that come from more than a hundred countries. CIRAD’s collection is a valuable tool for the stocking of genetic research programs, using the classic selection techniques, of specific hydration or of assisted selection with molecular markers (Dessauw and Hau, 2006a; Dessauw and Hau, 2006b).

Use of germplasm in genetic improvements. In Mexico, the development of improved varieties of conventional cotton (*G. hirsutum*) requires between 12 and 15 years of research using the wide genetic variability presented by the semi-wild cotton of this species (Hernández-Jasso, 2009; personal communication). It is worth mentioning that the collections of several semi-domesticated and wild cotton of the *G. hirsutum* species has been the basis for the formation of some varieties such as: Acala, Deltapine, Coker, among others (Ulloa *et al.*, 2006; Tovar *et al.*, 2013).

Cuadro 2. Variedades de algodón obtenidas por el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA) de 1963 a 1985. Table 2. Varieties of cotton obtained by the Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA) from 1963 to 1985.

Nombre de la variedad	Año obtenida	Condición humedad	Lugar de adaptación
Instituto-A	1963	Riego	Comarca Lagunera
Instituto-B	1963	Riego	Comarca Lagunera
México-910	1973	Riego	Sonora
CAERI-76	1977	Temporal	Región Soconusco, Chiapas
CIAPAC-77 (Apatzingán-812)	1978	Riego	Apatzingán, Michoacán
Apatzingán-81	1981	Riego	Apatzingán, Michoacán
México RH-81	1981	Riego	Tamaulipas, Michoacán, Baja California Norte y Sur
Nazas RCH	1981	Riego	Comarca Lagunera

Fuente: INIFAP (1987).

De 1985 a 2009, el INIFAP liberó 12 variedades de alto rendimiento y calidad de la fibra para las zonas algodonerías del norte del país cuyos nombres son: Nazas 87, CIANO Cubachi-86, Laguna 89, CIAN 95, CIAN Precoz, CIAN Precoz 2, CIAN Precoz 3, CIANO Álamos, CIANO Yaquimi-86, CIANO Tajimaroa, CIANO Cocorim-92 y Juárez 91 (Espinosa *et al.*, 2004; SNICS, 2012; Arias *et al.*, 2010). Es importante mencionar que las variedades COCORIM-92 y CIANO YAQUIMI-86, no fueron adoptadas por los productores del estado de Sonora debido a que prefirieron utilizar las variedades convencionales provenientes de los EE. UU. y recomendadas por las empresas de semillas, así como por la introducción de las primeras variedades transgénicas en fase experimental, a principios de la década de 1990 (Arturo Hernández-Jasso. Com. Pers, 2009).

Conclusiones

En 27 estados de la República Mexicana se han reportado la existencia de especies nativas de algodón.

Las entidades federativas que registraron mayor número de especies de *Gossypium* recolectadas son: Michoacán, Baja California Sur, Guerrero, Oaxaca, Sonora, Sinaloa, Veracruz y Yucatán.

G. hirsutum es la especie que se ha recolectado en mayor proporción seguido de *G. aridum* es la especie silvestre diploide arborescente.

El género *Gossypium* se distribuye en el país con un alto nivel de endemismo, las áreas con mayor diversidad se ubican principalmente al sur del territorio nacional y en las zonas costeras del país.

Agradecimientos

A la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) y al Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS) por los recursos económicos otorgados al INIFAP para realizar esta investigación. Al Dr. Arturo Hernández Jasso, por compartir sus valiosas experiencias del cultivo de algodón.

Research carried out between 1942 and 1985 by the Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), today INIFAP, about the genetic improvement of cotton was significant and contributed greatly to cotton producers in Mexico. During this period, the INIA released eight varieties (Table 2), among which stands out the first released and registered variety before the Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS), with the name "CAERI-76".

The name CAERI-76 means "Campo Agrícola Experimental Rosario Izapa" (Prado, 1983). This variety was obtained from the Acala 1517-C variety through the masal selection method and the repetition of progeny furrows. Their characteristics were: high fiber quality and slightly superior yield in comparison to the Detapine 16 variety. Due to the high fiber quality, there was a wide acceptance by the producers of the Soconusco region, sowing around 15 to 20 thousand hectares (Robles, 1982).

From 1985 to 2009, the INIFAP released 12 varieties with high yield and fiber quality for the cotton zones in the north of the country, the names of which are: Nazas 87, CIANO Cubachi-86, Laguna 89, CIAN 95, CIAN Precoz 2, CIAN Precoz 3, CIANO Álamos, CIANO Yaquimi-86, CIANO Tajimaroa, CIANO Cocorim-92 and Juárez 91 (Espinosa *et al.*, 2004; SNICS, 2009; Arias *et al.*, 2010). It is important to mention that the COCORIM-92 and CIANO YAQUIMI-86 varieties were not adopted by the producers of the state of Sonora due to the fact that they preferred to use the conventional varieties from the United States and those recommended by the seed companies, as well as the introduction of the first transgenic varieties in the experimental phase at the beginning of the 1990's (Arturo Hernández-Jasso. Com. Pers, 2009).


Conclusions

27 states of the Mexican Republic have reported the existence of native cotton species.

The states with the highest number of *Gossypium* species collected are: Michoacán, Baja California Sur, Guerrero, Oaxaca, Sonora, Sinaloa, Veracruz and Yucatán.

G. hirsutum is the species that has been collected the most followed by *G. aridum*, the wild diploid arborescent species.

Literatura citada

- Arias, M. A.; Mallén, C. R.; Garza, D. R.; Rentería, J. B. A.; Reyes, L. M.; Zamora, P. M.; Tovar, M. R. G.; Vargas, S. M. y Gómez, T. H. 2010. 25 años contribuyendo al desarrollo rural sustentable. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). México, D. F. 136 p.
- Campbell, B. T.; Saha, S.; Percy, R.; Frelichowski, J.; Jenkins, J. N.; Park, W.; Mayee, C. D.; Gotmare, V.; Dessauw, D.; Gband, M.; Du, X.; Jia, Y.; Constable, G.; Dillon, S.; Abdurakhmonov, I. Y.; Abdurakhmonov, A.; Rizaeva, S. M.; Abdullaev, A. A.; Barrose, P. A. V.; Padua, J. G.; Hoffman, L. V. and Podolnaya, L. 2010. Status of global cotton germplasm resources. *Crop Sci.* 50(4):1161-1179.
- Dessauw, D. and Hau, B. 2006 a. Les ressources génétiques du cotonnier au Cirad. Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement: <http://www.cirad.fr>.
- Dessauw, D. and Hau, B. 2006 b. Inventory and history of the CIRAD cotton (*Gossypium* spp.) germplasm collection. *Plant Genet. Resour. Newsl.* 148:1-7.
- Eastman, J. R. 2006. IDRISIAndes: guide to GIS and image processing. Clark Labs, Clark University. Worcester, Massachusetts, USA. 327 p.
- Espinosa, C. A.; Piña J. R.; Oliveira A. C. y Mora M. V. 2004. Listado de variedades liberadas por el INIFAP de 1980 a 2003. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Centro de Investigación Regional del Centro, Campo Experimental Valle de México. Chapingo, Estado de México. 28 p.
- FAO. 2010. Agroecología. Sobre la extinción de variedades y razas criollas. <ftp://ftp.fao.org/docrep/7fa0/010/i0112s/i0112s11>.
- Fryxell, P. A. 1992. Juss. *In: flora de Veracruz*. Fascículo 68. Instituto de Ecología. 50 p.
- Feng, Ch.; Ulloa, M.; Pérez, M. C. and Stewart, J. M. 2011. Distribution and molecular diversity of arborescent *Gossypium* Species. *Botany.* 89(9):615-624.
- INEGI. 2003. Carta topográfica escala 1:50000 serie 3. Edición individual 2003, primera impresión. Dirección General de Geografía. Aguascalientes, Aguascalientes, México.
- INEGI. 2000. Síntesis de información geográfica de los estados. Publicación única. Edición 1999. Aguascalientes, Aguascalientes, México. 100 p.
- INIFAP. 1987. Listado de variedades liberadas por el INIA de 1942 a 1985. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH). Publicación Esp. Núm. 22. 70 p.
- Iriondo, A. 2001. Conservación de germoplasma de especies raras y amenazadas (revisión). *Invest. Agr. Prod. Prot. Veg.* 16(1):1-23.
- Lépez, I. R. y Rodríguez, E. G. 2006. Los recursos fitogenéticos de México. *In: Informe Nacional 2006. Recursos Fitogenéticos en México para la Alimentación y la Agricultura*. Secretaría de Agricultura Ganadería, Pesca y Alimentación (SAGARPA)- Sociedad Mexicana de Fitogenética, Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS). 2-17 pp.
- Medina, G. G.; Ruiz, C. J. A. y Martínez, P. R. A. 1998. Los climas de México: una estratificación ambiental basada en el componente climático. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP)- Centro de Investigación Regional Pacífico Centro. Conexión Gráfica. Guadalajara, Jalisco, México. Libro Técnico Núm. 1. 103 p.
- The *Gossypium* genus is distributed in the country with a high endemic level; the areas with the most diversity are mainly located in the southern and coastal areas of the country.
- End of the English version*
-
- 
- Microsoft. 2010. Encarta. Interactive World Atlas. Software y base de datos interactiva. London, England. 274 p.
- Microsoft. 2007. Hoja de cálculo Excel para Office Vista. Manual del usuario. London, England. 274 p.
- Morrone, J. J. 2005. Hacia una síntesis biogeográfica de México. *Rev. Mex. Biod.* 76:207-252.
- Percival, A. E.; Wendel, J. E. and Stewart, J. M. 1999. Cotton: origin, history, technology, and production. John Wiley & Sons. 33-63 pp.
- Pérez, S. L. y Hernández, A. J. 1992. Colecta de especies silvestres de *Gossypium* por los estados de Sonora, Baja California Sur y Sinaloa. Resumen. *In: XIV Congreso Nacional Fitogenética*. 474 p.
- Pérez, M. C.; Tovar, M. R. G.; Obispo, Q. G.; Ruíz, J. A. C.; Tavitas, L. F. y Jolalpa, J. L. B. 2011. Los recursos genéticos del algodón en México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Libro Técnico Núm. 5. 120 p.
- Pérez, M. C. y Ruiz, J. A. C. 2010. Diagnóstico de la situación actual de los recursos genéticos del algodón en México. Resumen. *In: V Reunión Nacional de Investigación Agrícola*. 204 p.
- Poelham, J. M. y Sleper, D. A. 2003. Mejoramiento genético de las cosechas. Edit. Limusa. 385 p.
- Prado, M. R. 1983. Logros y aportaciones de la investigación agrícola en el cultivo del algodón. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH). Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA). 42 p.
- Prado, M. R.; Quintín, G. O. y Godoy, S. A. 1978. Algodón II. Panorama nacional. Análisis de los recursos genéticos disponibles a México. *Soc. Mex. Fitog.* 385-387 pp.
- Robles, S. R. 1985. Capítulo II. Cultivo del algodón (*Gossypium hirsutum* L.). *In: producción de oleaginosas y textiles*. Segunda Edición. Ed. Limusa. México. 165-285 pp.
- SNICS. 2012. Catálogo nacional de variedades vegetales. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). México, D. F. 34 p.
- Sunilkumar, G.; Campbell, M. L.; Puckhaber, L.; Stipanovic, D. R. and Rathore, S. K. 2006. Engineering cottonseed for use in human nutrition by tissue-specific reduction of toxic gossypol. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA.* 103(48):18054-18059.
- Tovar, G. M. R.; Pérez, C. M.; Obispo, Q. G.; Mijangos, J. C.; Pedraza, M. S.; Flores, M. Z.; Madrid, M. C.; Aragón, F. C.; Enríquez, J. F. Q.; Tavitas, L. F.; Tovar, B. G. y Bonilla, J. C. 2013. Logros de investigación en algodón nativo de México. Campo Experimental Valle de México. Centro de Investigación Regional del Centro. Desplegable Técnica Núm. 26. 6 p.
- Ulloa, M.; Abdurakhmonov, I. Y.; Pérez, M. C.; Percy, R. and Stewart, J. 2013. Genetic diversity and population structure of cotton (*Gossypium* spp.) of the new world assessed by SSR Markers. *Botany.* 91(4):251-259.

Ulloa, M.; Stewart, J. McD.; García, E. A. C.; Godoy, S. A.; Gaytán, A. M. and Acosta, S. N. 2006. Cotton genetic resources in the western states of México: in situ conservation status and germplasm collection for ex situ preservation. *Genetic Res. Crop Evol.* 53:653-668.

Wallace, T. P.; Bowman, D.; Campbell, T. B.; Chee, P.; Gutierrez, A. O.; Kohel, J. R.; McCarty, J.; Myers, G.; Percy, R.; Robinson, F.; Smith, W.; Stelly, M. D.; Stewart, M. J.; Thaxton, P.; Ulloa, M. and Weaver, B. D. 2009. Status of the USA cotton and crop vulnerability. *Genetic Res. Crop Evol.* 56(4): 507-532.