

PATRIMONIO FITOGENÉTICO: BANCO DE GERMOPLASMA DE SEMILLAS ORTODOXAS DEL CAMPO EXPERIMENTAL ZACATECAS

LUIS ROBERTO REVELES-TORRES
RODOLFO VELÁSQUEZ-VALLE



SAGARPA
SECRETARÍA DE AGRICULTURA,
GANADERÍA, DESARROLLO RURAL,
PESCA Y ALIMENTACIÓN



inirap
Instituto Nacional de Investigaciones
Forestales, Agrícolas y Pecuarias

Centro de Investigación Regional Norte Centro
Campo Experimental Zacatecas
Calera de V.R, Zacatecas. Noviembre 2017
Folleto Técnico No. 81
ISBN: 978-607-37-0796-1

**SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA,
DESARROLLO RURAL, PESCA Y ALIMENTACIÓN**

M.A. JOSÉ EDUARDO CALZADA ROVIROSA
Secretario

LIC. JORGE ARMANDO NARVÁEZ NARVÁEZ
Subsecretario de Agricultura

M.C. MELY ROMERO CELIS
Subsecretario de Desarrollo Rural

M.C. RICARDO AGUILAR CASTILLO
Subsecretario de Alimentación y Competitividad

**INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES
FORESTALES, AGRÍCOLAS Y PECUARIAS**

DR. RAFAEL AMBRIZ CERVANTES
Encargado del Despacho de los Asuntos de la Dirección General

DR. RAÚL G. OBANDO RODRÍGUEZ
Coordinador de Investigación, Innovación y Vinculación

M. C. JORGE FAJARDO GUEL
Coordinador de Planeación y Desarrollo

MTRO. EDUARDO FRANCISCO BERTERAME BARQUÍN
Coordinador de Administración y Sistemas

CENTRO DE INVESTIGACIÓN REGIONAL NORTE CENTRO

DR. ARTURO DANIEL TIJERINA CHÁVEZ
Director Regional

DR. FRANCISCO JAVIER PASTOR LÓPEZ
Director de Investigación

ING. RICARDO CARRILLO MONSIVÁIS
Director de Administración

MC. RICARDO ALONSO SÁNCHEZ GUTIÉRREZ
Director de Coordinación y Vinculación en Zacatecas

PATRIMONIO FITOGENÉTICO: BANCO DE GERMOPLASMA DE SEMILLAS ORTODOXAS DEL CAMPO EXPERIMENTAL ZACATECAS

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias
Progreso No. 5, Barrio de Santa Catarina
Delegación Coyoacán
México, D.F.
C.P. 04010 México, D.F.
Teléfono (55) 3871-8700

ISBN: 978-607-37-0796-1

Primera Edición: Noviembre 2017

No está permitida la reproducción total o parcial de esta publicación, ni la transmisión de ninguna forma o por cualquier medio, ya sea electrónico, mecánico, fotocopia o por registro u otros métodos, sin el permiso previo y por escrito a la institución.

Cita correcta:

Reveles-Torres L.R. y Velásquez-Valle, R. 2017. Patrimonio fitogenético: Banco de germoplasma de semillas ortodoxas del Campo Experimental Zacatecas. Folleto Técnico Núm 81. Campo Experimental Zacatecas. CIRNOC – INIFAP, 44 páginas.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
JUSTIFICACIÓN	4
IMPORTANCIA DEL RECURSO FITOGENÉTICO	6
CONSERVACIÓN Y UTILIZACIÓN DE RECURSOS GENÉTICOS ...	9
CONSERVACIÓN DE GERMOPLASMA.....	11
DIVERSIDAD BIOLÓGICA	15
GERMOPLASMA DE ESPECIES DE IMPORTANCIA AGRÍCOLA ..	17
El germoplasma de Frijol.....	17
El germoplasma de Maíz.....	19
Otros	20
ACTIVIDADES DEL BANCO DE GERMOPLASMA	21
Prospección, monitoreo y recolección.....	23
Ensayos de germinación y análisis de viabilidad y vigor en semilla	26
Caracterización y evaluación.....	28
Conservación <i>ex situ</i>	30
Documentación.....	34
Reproducción y regeneración	35
Utilización.....	36
ACERVO	37
LITERATURA CITADA.....	40

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Datos de pasaporte de una colecta de maíz realizada el 21 de noviembre de 2008 en el municipio de Tepechitlán; Zacatecas...	25
Figura 2. Prueba de germinación de una accesión de frijol	27
Figura 3. Ejemplo de un mapa de descriptores que se diseñan en base a los requerimientos específicos de información de acuerdo al tipo de cultivar	30
Figura 4. Edificio del Banco de Germoplasma del CEZAC	31
Figura 5. Cuarto de secado y empaquetado de las accesiones del banco de germoplasma.....	32
Figura 6. Cámara de colecciones activas, donde las accesiones se encuentran entre 0 a -5°C y 15-20% de humedad relativa.	33
Figura 7. Cámara de colecciones base, donde las accesiones se encuentran entre -18 y -20°C y 10-15% de humedad relativa.....	34

PATRIMONIO FITOGENÉTICO: BANCO DE GERMOPLASMA DE SEMILLAS ORTODOXAS DEL CAMPO EXPERIMENTAL ZACATECAS

Luis Roberto Reveles-Torres¹
Rodolfo Velásquez-Valle¹

INTRODUCCIÓN

Todos los países dependen de forma directa o indirecta de las riquezas genéticas vegetales, también conocidos como recursos fitogenéticos, pero muchos carecen de programas para la conservación y uso sostenible de estos patrimonios.

La importancia de ello radica en que la diversidad biológica es la clave para el mantenimiento de la vida, siendo un aspecto fundamental su conservación. Los esfuerzos realizados para la conservación de estos recursos inciden en la creación de bancos de semillas, los cuales son conocidos como bancos de germoplasma.

En México, diversas instituciones han realizado trabajos de recolección, evaluación y conservación de germoplasma de especies como el maíz, frijol, algodón, chile, girasol,

¹ Investigadores de los programas de Recursos Genéticos y Sanidad Forestal y Vegetal del Campo Experimental Zacatecas.

calabaza, papa, pastos, pinos, nopal, entre otros. Por ejemplo, el banco de germoplasma del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) a nivel nacional inició en 1944 con 2000 colectas de maíz, y 3000 colectas de frijol. Desde entonces se han estudiado e implementado estrategias y procedimientos para manejar y conservar adecuadamente los recursos genéticos.

Las especies vegetales, según su comportamiento de su semilla botánica para su almacenamiento se clasifican en dos tipos: 1) convencionales u ortodoxas, que se pueden almacenar por largos periodos de tiempo a bajas temperaturas y baja humedad relativa (maíz, frijol, chile); y 2) recalcitrantes, que no toleran la deshidratación y pierden viabilidad cuando la temperatura de almacenamiento es baja y el contenido de humedad en ellas, se reduce a niveles relativamente bajos (entre 10 y 30%), siendo estas en su mayoría las semillas de algunos frutales y de muchas especies de clima tropical.

Respecto a aquellas especies con semillas ortodoxas, el banco de germoplasma del Campo Experimental Zacatecas (CEZAC), por más de 25 años ha asumido la responsabilidad en la conservación y uso sostenible de las especies agronómicas de interés para el Estado, como lo son maíz, frijol, chile, pastos forrajeros y girasol, entre otras.

En este sentido, Zacatecas es uno de los principales productores de las distintas variedades del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), resulta natural que en este banco no sólo se almacenen las semillas que contienen un amplio segmento de la variabilidad genética de esta especie, sino que además, investiga, innova y genera conocimiento de avanzada para el mejoramiento de la producción agrícola del Estado. En el caso de maíz (*Zea mays* L.), se incluyen criollos, poblaciones y líneas mejoradas, híbridos de referencia, acervos genéticos y especies silvestres. Otro recurso fitogenético importante para el Estado es el de chile (*Capsicum annuum* L.), del cual se tiene un importante acervo de accesiones de variedades de chile

para secado, como lo son Mirasol, Puya, Ancho y Guajillo (Reveles-Torres y Velásquez-Valle, 2016).

JUSTIFICACIÓN

El aumento de la productividad agrícola, es una preocupación primordial tanto en las naciones desarrolladas como en aquellas en vías en desarrollo, por la gran demanda de más alimentos para una creciente población; y esto ha sido solucionado hasta el momento con el incremento de la superficie cultivada, situación que no puede ser sostenida por mucho tiempo por la falta de tierras de cultivo adecuadas. Otro aspecto han sido los notables avances en las técnicas de mejoramiento genético, las cuales han logrado incrementar la producción desarrollando nuevas estrategias e incorporando la diversidad genética de las especies, con lo que se han logrado producir variedades mejor adaptadas y de mayor rendimiento.

El mantenimiento de la diversidad genética de las especies cultivadas, así como la conservación de las plantas, se ha convertido en una preocupación mundial para lograr un desarrollo agrícola sostenible. Las actividades de introducción, recolección y conservación de germoplasma mediante colecciones bien identificadas, principalmente en forma de semilla o fruto, inician en nuestro país a principios de siglo XX, con el establecimiento de programas de mejoramiento de los principales cultivos. Desde entonces, se han estudiado e implementado acciones y procedimientos para manejar y conservar adecuadamente los recursos genéticos.

En las tres últimas décadas, en todo el mundo se ha promovido aún más la conservación de un gran número de colecciones de germoplasma, bajo diferentes condiciones de mantenimiento *ex situ*. En este sentido, el estado de Zacatecas, como parte integral de nuestro país, tiene que asumir la responsabilidad en la conservación y uso sostenible por el bien propio, el del país y de la humanidad en su conjunto. La importancia de ello estriba, en que la diversidad biológica es la clave para el mantenimiento de

la vida tal y como ahora la conocemos, siendo un aspecto fundamental la conservación de pequeñas poblaciones.

IMPORTANCIA DEL RECURSO FITOGENÉTICO

La seguridad alimentaria de cualquier país se basa en tres recursos primordiales: agua, tierra y recursos genéticos. A pesar de su importancia, este último recurso no se ha entendido suficientemente, es frágil y se encuentra continuamente amenazado.

Los recursos genéticos juegan un papel de gran importancia ya que:

- Son la base del desarrollo de variedades mejoradas que aseguran la producción de alimentos y otros satisfactores.
- Son fuente de nuevas opciones alimentarias y de resistencia a factores adversos.
- Ayuda a mantener el equilibrio del agro-ecosistema en base a la selección o reintroducción de especies vegetales y animales apropiadas.
- Son un elemento importante para un sistema de producción sostenible.

- Son una opción para ampliar la frontera agropecuaria y forestal.
- Son un elemento estratégico en tratados de intercambio entre países.
- Son un legado de seguridad para la alimentación y bienestar de las generaciones futuras.

El Programa de Recursos Genéticos (PRG) del INIFAP inició en 1978, al ser le transferidos por parte de la Fundación Rockefeller los bancos de germoplasma de diferentes cultivos, entre los cuales destacan: maíz (*Zea* spp.), frijol (*Phaseolus* spp.), chile (*Capsicum* spp.), calabaza (*Cucurbita* spp.) (Cárdenas, 1983; Cárdenas y Montes, 1992). En la actualidad, el INIFAP cuenta con 71,703 accesiones de 213 especies; entre las que destacan: maíz, frijol, chile, arroz, calabaza, sorgo, especies forrajeras, soya y algodón con un 81% del total (Rincón y Hernández, 2000).

En el Campo Experimental Zacatecas (CEZAC) del INIFAP, se cuenta con instalaciones para la conservación de colecciones a mediano plazo (0 a -5°C). Existen dos

cuartos fríos en donde se tienen almacenadas accesiones de maíz, frijol, chile, sorgo, mijo, teocintle, girasol, pastos y leguminosas forrajeras. Mientras que a largo plazo (-18°C), en donde se están almacenando réplicas de las accesiones de maíz y frijol que han sido regeneradas recientemente (Cárdenas, 1983; Cárdenas y Montes, 1992; Rincón y Hernández, 2000).

Es innegable la importancia de la conservación y conocimiento de la diversidad genética, pero esto debe ser aprovechado, por lo que la implementación de acciones tendientes al uso del germoplasma, es vital, de tal forma que, a fin de asegurar una productividad sostenible, se requiere el uso continuo y acceso irrestricto a germoplasma con amplia diversidad y variabilidad genética. Esto ha sido afirmado en la Convención sobre Diversidad Biológica de Río de Janeiro en 1992 y en la Conferencia Técnica Internacional sobre Recursos Genéticos de Alemania en 1996. Por lo tanto, la adquisición, conservación y uso de los recursos fitogenéticos, es una actividad estratégica para México y una responsabilidad para las instituciones del sector público, especialmente el INIFAP.

CONSERVACIÓN Y UTILIZACIÓN DE RECURSOS GENÉTICOS

El sustento del hombre depende directa o indirectamente de las plantas; en el curso de miles de años ha seleccionado y adaptado numerosas especies vegetales, que le permiten atender la demanda de satisfactores básicos (Cárdenas y Hernández, 1989).

Sin embargo, el aumento de la población y los desastres naturales han roto el balance entre la población y la producción, lo que conduce a la preocupación por la protección de un patrimonio fitogenético. De esta manera, se garantiza la existencia del recurso genético, ya que hoy en día el mejoramiento de las plantas depende de la variabilidad genética de las especies, así como de la de sus ancestros silvestres (Scowcroft, 1984).

Gran parte de la diversidad genética de plantas útiles del mundo, está resguardado en centros de conservación *ex situ*, es decir, el acervo genético se resguarda en lugares focales específicos para tal fin, los cuales tienen el propósito de conservar el germoplasma fuera de los

hábitats naturales en los que se desarrollan los organismos (Koo *et al.*, 2004). Las estrategias de conservación de este tipo pueden ser: los jardines botánicos, los bancos de semillas y polen, las colecciones de ejemplares vivos y en criopreservación, las colecciones *in vitro*, y los bancos de genes. A nivel mundial, muchos de estos centros operan sobre la base de principios y políticas de acceso libre y abierto a sus materiales biológicos (Pence, 1999). En la mayoría de los procedimientos de conservación *ex situ* se considera que la evolución es estática; el germoplasma se protege y preserva en el estado o momento en que se realizó la colecta.

Alternativamente, la conservación puede realizarse *in situ*, la cual se efectúa en los hábitats naturales en los que el ecosistema es la unidad más importante para mantener y recuperar poblaciones viables de especies, o bien, en los agroecosistemas tradicionales donde se considera que se registra una evolución dinámica (Hernández, 1994). Es importante considerar que las estrategias dinámica y estática no son excluyentes, sino complementarias; por ejemplo, una especie amenazada puede ser llevada a

conservación *ex situ* y, por su parte, la conservación *in situ*, generalmente, puede ser complementada con intervenciones temporales y espaciales de la conservación *ex situ*; o bien, registrarse retroalimentación de *in situ* a *ex situ* de forma tan conveniente como sea adecuado para la especie. De todas las estrategias *ex situ*, el tema de interés de esta contribución es la conformación de bancos de germoplasma, y el cultivo de tejidos vegetales *in vitro*, así como algunas de sus variantes y derivaciones (Sakai, 1997).

CONSERVACIÓN DE GERMOPLASMA

El germoplasma, es el conjunto de genes que se transmite por la reproducción a la descendencia por medio de gametos o células reproductoras. Comúnmente, el concepto de germoplasma se utiliza para designar a la diversidad genética de las especies vegetales silvestres y cultivadas de interés para la agricultura y, en ese caso, se asimila al concepto de recurso genético (Brush, 2000).

Con el propósito de conservarlo en cualquiera de sus formas reproductivas (semillas, esquejes, tubérculos, etc.)

se han establecido en el mundo los llamados bancos de germoplasma: su misión consiste en ubicar, recolectar, conservar y caracterizar el plasma germinal de las plantas, que por sus atributos, son consideradas de interés prioritario para beneficio de la humanidad, además de aportar conocimiento científico orientado a la optimización de la conservación y uso de los recursos fitogenéticos (CIANOC, 1987).

En el área de los recursos genéticos, un banco de germoplasma o banco de semillas, es un lugar destinado a la conservación de la diversidad genética de uno o varios cultivos, y sus especies silvestres relacionadas. En muchos casos, no se conservan semillas sino otros propágulos, tales como tubérculos o raíces debido a que el cultivo en cuestión se multiplica solo asexualmente. La conservación de las semillas se realiza a bajas temperaturas, de modo que se mantenga por muchos años una adecuada viabilidad de las mismas. Físicamente, los bancos de germoplasma consisten en grandes depósitos de sobres de semillas conservados a bajas temperaturas (Engels y Visser, 2003).

Las razones para el almacenamiento de semillas en bancos de germoplasma, pueden ser variadas. En el caso de los cultivos destinados a alimento, muchas plantas útiles que se han desarrollado durante siglos, ya no se utilizan para la producción agrícola comercial y son cada vez más raras, por lo que se hace imprescindible conservarlas antes de su completa desaparición. También el almacenamiento de las semillas las protege contra eventos catastróficos como los desastres naturales, brotes de plagas y de enfermedades o las guerras.

En México, diversas instituciones han hecho trabajos de recolección, evaluación y conservación de germoplasma de especies como el maíz, frijol, algodón, chile, girasol, calabaza, papa, pastos, pinos, entre otros. Actualmente existe una red de bancos de germoplasma dirigidos por el INIFAP, teniendo como banco central al Centro Nacional de Recursos Genéticos (CNRG), establecido en Tepatitlán de Morelos, Jalisco.

En todo el mundo, los bancos de germoplasma poseen colecciones de una amplia gama de recursos fitogenéticos,

y tienen como objetivo, la conservación a largo plazo y la accesibilidad del germoplasma vegetal para los fitomejoradores, investigadores y otros usuarios. La conservación sostenible de estos recursos fitogenéticos, depende de una gestión eficaz y eficiente de los bancos de germoplasma, mediante la aplicación de normas y procedimientos que aseguren la supervivencia y la disponibilidad de los recursos fitogenéticos, en la actualidad y en el futuro. Para que una actividad de conservación sea sostenible y provechosa, debe ser rentable y estar bien administrada. (Normas para bancos de germoplasma, Food and Agriculture Organization of United Nations (FAO, por sus siglas en inglés)(Ford y Jackson, 1986).

A partir del año 2006, existen cerca de 6 millones de muestras de una población de plantas en particular, conservadas como semillas en aproximadamente 1,300 bancos de germoplasma en todo el mundo. Esta cantidad representa sólo una pequeña fracción de la biodiversidad del mundo, ya que muchas regiones del planeta no han

sido totalmente exploradas para coleccionar dichos recursos genéticos.

Las semillas a conservar dentro del banco de germoplasma, se cosechan y se secan hasta un contenido de humedad de entre el 4% y 6% dependiendo de la especie. Posteriormente, se almacenan en cuartos fríos a -18°C o menos. Debido a que la semilla pierde su viabilidad con el tiempo, éstas tienen que ser periódicamente resembradas, de modo que se logren cosechas de semillas frescas, las cuales inician otra ronda de almacenamiento a largo plazo (Ellis y Roberts, 1985).

DIVERSIDAD BIOLÓGICA

México forma parte de un centro de origen de diversas plantas cultivadas y la influencia de factores geográficos, ecológicos y culturales, ha derivado en una gran diversidad genética de más de 50 especies de plantas cultivadas, de las cuales la mayoría ha adquirido gran importancia a nivel mundial. Entre ellas se encuentran el maíz (*Zea* spp. L.), el frijol (*Phaseolus* spp. L.), el aguacate (*Persea* spp.), el

tomate de cáscara (*Physalis* spp.), el algodón (*Gossypium* spp.), el cacao (*Theobroma* spp.), el chile, (*Capsicum* spp.), las calabazas (*Cucurbita* spp.), la jícama (*Pachyrhizus* spp.), el mezcal (*Agave* spp.), entre otras (Harlan, 1992; Sorensen, 1996; Challenger, 1998). El uso de estas especies por parte de la población, se registra desde tiempos precolombinos, hasta nuestros días (Hernández, 1946; De Sahagún, 1956).

Estas plantas fueron domesticadas en América y de ahí, fueron llevadas a Europa y otras partes del mundo (Harlan, 1992; Whitaker y Davis, 1962). En México se cultivan múltiples selecciones locales (criollas o landraces), con gran diversidad morfológica y genética; además, de que actualmente se encuentran poblaciones arvenses y silvestres de las especies cultivadas, que en muchos de los casos son recolectadas y forman parte de la economía y alimentación en diversas regiones (Bye, 1993; CONABIO, 1998; Challenger, 1998; Montes, 2002).

Por otro lado, existen muchas plantas que fueron introducidas a México, las cuales se han integrado a la economía, cultura y dieta de la población mexicana, ya que

además de cubrir la demanda nacional, muchas de ellas generan divisas de las exportaciones que se realizan a otros países. Entre ellas sobresalen el trigo (*Triticum* spp.), la caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.), sorgo (*Sorghum* spp), el ajo (*Allium sativum* L.) y la cebolla (*Allium cepa* L.), entre otras especies (Harlan, 1992; Schwanitz, 1966).

GERMOPLASMA DE ESPECIES DE IMPORTANCIA AGRÍCOLA

El germoplasma de Frijol

El frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) también conocido vulgarmente como frejol, porotos, guisante y en idioma inglés beans; es una especie dicotiledónea anual, perteneciente a la familia Fabáceae, antiguamente conocida como familia de las papilionáceas. Esta leguminosa es una especie que presenta una enorme variabilidad genética, existiendo miles de cultivares que producen semillas de los más diversos colores, formas y tamaños. Si bien el cultivo se destina mayoritariamente a la obtención de grano seco, también tiene una importante

utilización hortícola, con el consumo de las vainas frescas, llamadas ejotes.

Las semillas de frijol presentan una gran variación de color, forma y tamaño; entre los colores se puede señalar el blanco, el amarillo, el beige, el café, el rojo, el negro o combinaciones de algunos de ellos; las formas, en tanto, pueden ser cilíndricas, arriñonadas, esférica, ovaladas, etc.

Se hace evidente en el estado de Zacatecas, productor número uno durante diversas décadas de las distintas variedades del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Por consiguiente, debe contar con un banco de germoplasma que no sólo almacene las semillas de toda la variabilidad genética de esta especie.

En el caso del frijol, la diversidad de criollos excede la variabilidad que puede encontrarse en cualquier otro recurso genético, y constituye un gran tesoro para la humanidad. El valor del germoplasma en los bancos es medido por el grado de su utilización en los programas de

mejoramiento agrícola. De esta forma, su conservación, el estudio de la variación existente y el potencial actual y futuro proveen:

- Recursos para el mejoramiento agrícola con el objeto de alimentar y mejorar los medios de vida de la humanidad, y
- Una base sólida de conocimiento para las generaciones futuras de usuarios investigadores y tecnológicos.

El banco de germoplasma del CEZAC, resguarda 7,846 accesiones de la forma cultivada de frijol común que se recolectaron o introdujeron en los últimos 65 años y que representan la variabilidad genética de *P. vulgaris* cultivado procedente de México y otros países (Cárdenas y Montes, 1992).

El germoplasma de Maíz

Otro ejemplo claro de especies que están siendo resguardadas en bancos de germoplasma, es el maíz, que incluyen variedades criollas, poblaciones y líneas

mejoradas, híbridos de referencia, acervos genéticos y especies silvestres.

En América existen tres instituciones internacionales de colecciones de maíz:

1. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) en Texcoco, Estado de México,
2. Centro Nacional para la Preservación de Recursos Genéticos (NCGRP) en Fort Collins, Colorado, USA,
3. Estación de Introducción de Plantas de la Región nor-central (NCRPIS) en Ames, Iowa, USA.

La colección de maíz del CIMMYT contiene 27 mil muestras de 64 países, incluyendo el acopio más grande de criollos del mundo, variedades mejoradas, al igual que muestras de los parientes silvestres *Teosintle sp* y *Tripsacum sp*. De este número de ejemplares, aproximadamente 9 mil pertenecen a material de origen mexicano.

Otros

Dentro de las especies que se propagan con otros órganos diferentes a las semilla como raíces, tubérculos o bulbos

como el ajo (*Allium sativum* L.), la papa (*Solanum tuberosum* L.) y el camote (*Hipomea batata* L.) adquieren importancia para la conservación de su biodiversidad, ya que por la derrama económica que aportan esos cultivos, sobre todo el ajo y la papa, constituyen un reto para la conservación de su diversidad genética que constituye la garantía de la rentabilidad, competitividad y sustentabilidad de esas cadenas productivas.

ACTIVIDADES DEL BANCO DE GERMOPLASMA

El manejo de germoplasma así como la recolección y almacenamiento de muestras de semilla o el establecimiento de colecciones en el campo; la regeneración, caracterización, evaluación y utilización son componentes primordiales en la integración de un programa de acciones que redunde en un eficiente aprovechamiento de los recursos genéticos (Engels, 1985; Chapman, 1989; Painting *et al.*, 1993; Brown y Marshall, 1995; Guarino y Friis-Hansen, 1995).

De acuerdo a Kameswuara (2006), el tener bajo custodia esta diversidad genética de semillas ortodoxas, implica una gran responsabilidad ya que se tienen que realizar acciones que garanticen la conservación de las muestras en óptimas condiciones, para lo cual, es necesario realizar acciones en diferentes líneas de trabajo como son:

- Contar con la infraestructura adecuada de almacenamiento (temperatura, humedad, envases adecuados etc.) para garantizar la buena conservación de las semillas.
- Trabajos de regeneración e incremento
- Mantenimiento de la identidad genética de las colecciones en los bancos
- Documentación de las colecciones en los bancos
- Complementación de las colecciones con la colecta o introducción de muestras a los bancos
- Trabajos de utilización de la diversidad genética de los bancos

Las funciones que se desarrollan en estos bancos, abarcan las actividades en diferentes grados de implementación:

Prospección, monitoreo y recolección

Considerando que las colecciones depositadas en los bancos de germoplasma no representan la totalidad de los recursos genéticos, y que existe riesgo de pérdida de éstos, se establecen las prioridades en cuanto a especies, áreas, etc., para lo cual se establecen las siguientes actividades:

- Estrategias de recolección: determinación de especies y áreas prioritarias, tamaño de muestra (aerografía, sistemas de información geográfica y etnobotánica, inventarios, etc.)
- Recolección planificada y selectiva de los recursos genéticos (áreas poco representadas, especies amenazadas, búsqueda de caracteres o compuestos especiales)

Una vez que se hayan realizado recolectas de semillas en actividades de campo, estas son trasladadas al banco de germoplasma, el cual fungirá como depósito y resguardante de dichas recolectas, las cuales a partir de este punto, recibirán el nombre de “**accesiones**”. Estas

accesiones deben de contar con un registro de datos llamado “datos de pasaporte” (Figura 1) además, de un número de identificación (ID).

PROYECTO FZ016: PASAPORTE PARA COLECTAS DE MAÍCES NATIVOS, TEOCINTLE Y TRIPSACUM			
NOMBRE(S) DE COLECTOR(ES): Luis Alfonso Mejía Guerrero		INSTITUCIÓN DEL COLECTOR: IWRIFAP	
INICIAL(ES) DE COLECTOR(ES): LAMG			
TIPO DE EJEMPLAR: Observado () Colectado (x)			
FECHA DE COLECTA: Día: 21 Mes: 11 Año: 2008		NÚMERO DE COLECTA: 070	
ESTADO: Zacatecas		LOCALIDAD: TALESTEPAQ	
MUNICIPIO: Tepechtlán			
LOCALIZACIÓN:			
NOMBRE DEL AGRICULTOR:		EDAD:	ETNIA:
DOMICILIO DEL AGRICULTOR:		TELÉFONO:	
SITIO DE COLECTA: Troje () Terreno agrícola (x) Bodega Rural () Mercado () Institución () Otro:			
LATITUD N: 21 grad 41 min 56 seg		LONGITUD W: 103 grad 18 min 37 seg	
ALTITUD m: 1719		SUPERFICIE ha: 1	
NOMBRE DEL LOTE:			
TIPO DE SUELO: Arcilloso		PENDIENTE:	ORIENTACIÓN:
DRENAJE DEL SUELO:			
HABITAT: Llanura () Valle () Cuenca () Meseta () Ladera (x) Colina () Barranca () Montaña () Otro:			
¿CUANTOS TIPOS DIFERENTES DE MAÍZ CULTIVA?		¿CUALES SON?	
NOMBRE LOCAL (COMÚN, MÁS CONOCIDO):			
LENGUA:			
TAMAÑO DE LA MUESTRA: Cantidad de mazorcas (30) Gramos de semilla () Cantidad de plantas () Cantidad de macollos ()			
VARIEDAD DEL AGRICULTOR ()		¿CULTIVADA POR CUANTOS AÑOS?	
MEZCLA VARIETAL ()		¿CULTIVADA POR CUANTOS AÑOS?	
¿CUALES VARIETADES ESTAN INCLUIDAS EN LA MEZCLA?			
VARIEDAD INTRODUCIDA ()		¿CULTIVADA POR CUANTOS AÑOS?	
VARIEDAD MEJORADA ()		¿CULTIVADA POR CUANTOS AÑOS?	
USOS: Grano () Nixtamal () Forraje () Combustible () Hoja () Otro:			
DESTINO DE LA PRODUCCIÓN: Autoconsumo () Mercado () Ambos ()			
ÉPOCA DE SIEMBRA: a) b)		ÉPOCA DE FLORACIÓN: a) b)	
ÉPOCA DE MADUREZ: a) b)		ÉPOCA DE COSECHA: a) b)	
RENDIMIENTO: a) b)			
MÉTODO DE SIEMBRA: Mecanizado () Tracción animal () Espeque () Otro:			
SISTEMA DE SIEMBRA: Monocultivo (x) Policultivo ()			
CULTIVOS ASOCIADOS:			
PROBLEMAS OBSERVADOS EN ALMACENAMIENTO: CONTROL:			
¿FERTILIZA EL MAÍZ?: ¿QUE TIPO DE FERTILIZANTE USA?:			
TIPO DE RIEGO: Temporal (x) Con riego suplementario () Solo riego () Humedad residual ()			
¿CUALES SON LAS CARACTERÍSTICAS QUE LE GUSTAN DE LA VARIEDAD?			
¿CUALES SON LAS CARACTERÍSTICAS QUE NO LE GUSTAN DE LA VARIEDAD?			
¿QUIERE USTED CAMBIAR SU VARIEDAD?			
¿ES LA VARIEDAD RESISTENTE A: Resistente () Susceptible () No Sabe ()			
TAMAÑO DE LA POBLACIÓN: Km ² () Ha () m ² ()		DENSIDAD DE LA POBLACIÓN: plantas/m ² ()	
FRAGMENTACIÓN DE LA POBLACIÓN: Nada () Pocos fragmentos () Muy fragmentada ()			
ABUNDANCIA DE INDIVIDUOS: Muchos () Regular (x) Pocos () PERCEPCIÓN DEL AGRICULTOR: Planta útil (x) Maleza ()			
MAÍZ SIMPÁTRICO: Si () No () PRESENCIA DE HÍBRIDOS NATURALES: Maíz-Tripsacum () Maíz-Teocintle ()			
ALTURA DE PLANTA (cm): 330		POSICIÓN DE TALLOS: recto	
ALTURA DE TALLOS (cm): 18			
TALLOS MODIFICADOS: Presencia () Ausencia () TIPO DE TALLO MODIFICADO: Rizoma () Estolón ()			
CANTIDAD DE RAMAS DE LA INFLORESCENCIA: Central (1) Laterales (10) POSICIÓN DE RAMAS EN LA INFLORESCENCIA CENTRAL:			
COLOR DE ESTIGMAS: COLOR DE ANTERAS: COLOR DE SEMILLAS:			
GÉNERO: ESPECIE:		SUBESPECIE: RAZA: RAZA SEC.:	
DETERMINADOR: INICIALES:		FECHA DE DETERMINACIÓN: SIGLAS:	
No. DE CATÁLOGO: NOMBRE DE COLECCIÓN:		SIGLAS:	
INSTITUCIÓN DE LA COLECCIÓN: SIGLAS:			
REGISTRO DE FOTOGRAFÍAS: 032 - 034			
OBSERVACIONES:			
DATOS DE MAZORCA		DATOS DE GRANO	
Forma: Conica	Longitud cm: 17.88	Color: Blanco	Grosor mm: 4.95
No. de hileras: 10	Dímetro cm: 4.70	Textura: cristalino	Ancho/Long: 0.81
Granos/hileras: 39	Longitud/Dímetro: 3.73	Ancho mm: 11.27	Grosor/Ancho: 0.43
Dímetro de olote cm: 2.4	Color olote: Blanco y Rojo	Longitud mm: 13.89	Volumen de 100 granos: 44
			Peso de 100 granos: 49.44

Figura 1. Datos de pasaporte de una colecta de maíz realizada el 21 de noviembre de 2008 en el municipio de Tepechtlán; Zacatecas

Ensayos de germinación y análisis de viabilidad y vigor en semilla

Si una semilla es viable, y no presenta dormancia, germinará cuando se le coloque en las condiciones adecuadas de humedad, luz y temperatura. Por lo tanto, se acepta que la capacidad germinativa de un lote de semillas es un reflejo directo de su viabilidad. Para la realización de este tipo de ensayos, las semillas se disponen sobre papel de filtro humedecido con agua destilada, en placas Petri o en bandejas. En seguida se incuban en cámaras de germinación con control de temperatura e iluminación (Figura 2). Finalmente, la emergencia de la radícula es el criterio que se suele utilizar para determinar si una semilla ha germinado, expresándose los resultados obtenidos como porcentaje de semillas germinadas (porcentaje de viabilidad).

El vigor de un lote de semillas, se define como el conjunto de propiedades que determinan el nivel de actividad y capacidad de las semillas durante la germinación, y posterior emergencia de las plántulas. Las semillas con buen comportamiento se consideran semillas de alto vigor.



Figura 2. Prueba de germinación de una accesión de frijol

El vigor de un lote de semillas es el resultado de la interacción de toda una serie de características de las semillas:

- Constitución genética.
- Condiciones ambientales y nutricionales a que ha estado sometida la planta madre durante el periodo de formación.
- Grado de madurez.
- Tamaño, peso y densidad.

- Integridad mecánica.
- Grado de deterioro y envejecimiento.
- Contaminación por organismos patógenos.

Dado que un lote de semillas de alto vigor producirá más plántulas normales y con tasas elevadas de crecimiento, los ensayos que se utilizan para evaluar el vigor de las semillas, consideran el número y las características de las plántulas obtenidas, como son su apariencia, malformaciones y velocidad de crecimiento.

Caracterización y evaluación

Para que los recursos genéticos sean usados eficientemente, es necesario conocer sus características tanto deseables como los no deseables. Si bien hay listas de descriptores para la caracterización de la mayor parte de especies de importancia, es necesario coordinar esfuerzos con los programas de mejoramiento, de tal manera que se definan listas adicionales de **descriptores** que puedan satisfacer los requerimientos específicos de información. Estos descriptores se dividen en cualitativos y

cuantitativos (Figura 3), los cuales pueden abarcar tanto caracteres fenotípicos como agronómicos.

Las acciones generales a realizar son:

- Caracterización morfológica.
- Caracteres especiales (resistencia a plagas, enfermedades, sequía, acidez, efectos bióticos y abióticos).
- Marcadores moleculares.
- Genética cuantitativa (aptitud combinatoria, patrones heteróticos, etc.).
- Evaluación agronómica y caracteres fisiológicos.
- Diversidad genética, estructura genética, clasificación e interrelaciones.
- Colecciones centrales (colecciones típicas, colecciones especiales).

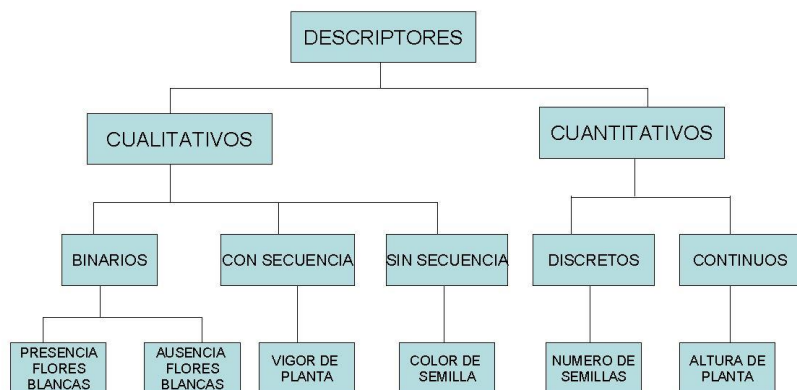


Figura 3. Ejemplo de un mapa de descriptores que se diseñan en base a los requerimientos específicos de información de acuerdo al tipo de cultivar

Conservación *ex situ*

En especies con semillas ortodoxas, es posible reducir drásticamente su contenido de humedad (4 a 6%) sin perder su poder germinativo. Bajo estas condiciones, estas semillas se pueden almacenar en cuartos con bajas temperaturas. Estos cuartos conforman el edificio del Banco de Germoplasma (Figura 4.)



Figura 4. Edificio del Banco de Germoplasma del CEZAC

Por lo tanto, el primer paso es dar un tratamiento de secado a las accesiones, el cual se realiza en el cuarto de secado:

Cuarto de secado: Un cuarto de 2.5 x 2.5 x 2 m, que mantiene una temperatura estable en el rango de 30°C y con una humedad relativa de entre 5-10% para el secado de semillas de recién ingreso. En este mismo cuarto, se almacenan y se sellan en recipientes o contenedores herméticos adecuados para su almacenamiento (Figura 5).



Figura 5. Cuarto de secado y empaquetado de las accesiones del banco de germoplasma

Una vez que las accesiones han sido envasadas y etiquetadas, estas son dispuestas en dos tipos de colecciones:

- **Colecciones activas:** Son dos cámaras frías de 4 x 4 x 2 m cada una, donde se almacenan las accesiones en condiciones de mediano plazo. Cuando la semilla se almacena de 0 a -5°C y con una humedad relativa del 15-20%, estas accesiones tienen una duración de vida promedio de 20 años, las cuales pueden ser empleadas

para realizar trabajos de caracterización, mejoramiento, intercambio, etc. (Figura 6).



Figura 6. Cámara de colecciones activas, donde las accesiones se encuentran entre 0 a -5°C y 15-20% de humedad relativa.

- **Colecciones de base:** Es una cámara fría de 4 x 4 x 2 m, donde se mantienen las accesiones almacenadas en condiciones de largo plazo. Las semillas se almacenan entre -15 y -20°C y una humedad relativa del 10-15%. La vida promedio es de 40 a 50 años. Esta semilla se mantiene exclusivamente con fines de reserva y no es usada para distribución, cuando la

viabilidad disminuye a niveles inferiores al 80%, la semilla debe de regenerar para remplazarse (Figura 7).



Figura 7. Cámara de colecciones base, donde las accesiones se encuentran entre -18 y -20°C y 10-15% de humedad relativa.

Documentación

La cantidad de información recabada desde la recolección y/o introducción, hasta la utilización de los recursos genéticos de una especie, es muy grande. Su análisis en forma manual no es eficiente, por lo tanto, es indispensable recurrir a sistemas computarizados.

Las principales acciones en este punto son:

- Caracterización fenológica y agronómica de las accesiones.
- En algunos casos, se tiene la caracterización molecular
- Inventario de variedades mejoradas y progenitores de híbridos generados por el INIFAP, así como también los bancos de germoplasma en manos de los fitomejoradores.
- Inventario de especies y poblaciones protegidas.
- Sistemas de información.
- Catálogos de germoplasma.
- Redes de información.

Reproducción y regeneración

Las semillas a baja temperatura y con bajo contenido de humedad, se pueden almacenar por un número considerable de años (20 a 50), después del cual, la viabilidad declina; además, su uso reduce la cantidad de semilla almacenada hasta un punto en que por una u otra causa, es necesario reproducirlas. Para que esto se haga eficientemente, es necesario conocer lo siguiente:

- Métodos de reproducción.
- Tamaños de muestra.
- Sitios apropiados.
- Número de generaciones por año.

Utilización

Un banco de germoplasma sin utilización se convierte en un museo, por lo tanto, es necesario fomentar la investigación y divulgar los resultados mediante diversas acciones:

- Conversión y premejoramiento.
- Identificación de progenitores, aptitud combinatoria, heterosis.
- Transferencia e introgresión.
- Colecciones centrales.

ACERVO

El banco de germoplasma del Campo Experimental Zacatecas resguarda una colección de más de 19,500 accesiones de germoplasma de especies de interés agronómico, las cuales se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Listado de accesiones del Banco de Germoplasma del Campo Experimental Zacatecas.

Especie	Nombre científico	No. de Accesiones	Colec. Activas	Colec. Base
Maiz	(<i>Zea</i> spp.)	11,357	X	X
Frijol	(<i>Phaseolus</i> spp)	7,458	X	X
Pastos forrajeros		466	X	
Chile	(<i>Capsicum annuum</i>)	124	X	X
Garbanzo	(<i>Cicer arietinum</i> L.).	67	X	X
Girasol	(<i>Helianthus annuus</i>)	82	X	X
Mijo	(<i>Panicum miliaceum</i>)	42	X	
Lenteja	(<i>Lens culinaris</i>)	38	X	X
Otros		64	X	

La pérdida de la variabilidad genética en los sistemas tradicionales, se ha exacerbado por efectos socioeconómicos, climáticos y tecnológicos. De igual forma, existe desconocimiento de la importancia de los recursos fitogenéticos por la sociedad; además, el uso de las colecciones ha sido limitado en gran parte por la falta de un sistema integral de información, documentación y difusión.

El germoplasma que tiene bajo resguardo el INIFAP, está constituido por las principales especies de importancia socioeconómica para el país, así como algunas que fueron importantes en el pasado, pero que en la actualidad son subutilizados, y otras que, aunque son sembradas de manera reducida, cuentan con un potencial aun no explotado. Por otra parte, el ámbito de este germoplasma en su conjunto, es nacional, así como lo es la presencia del INIFAP, como organismo oficial de la investigación agrícola, pecuaria y forestal de México. De manera que, con el apoyo económico sostenido a este proyecto, se logrará potenciar la importancia de la conservación y uso de los recursos fitogenéticos, y se estará en condiciones

de realizar apropiadamente su prospección, estudio y mantenimiento.

En el desarrollo permanente de esta actividad, se espera poder contar con colecciones representativas de la variabilidad genética existente, y seguir disponiendo del germoplasma en cantidad y calidad. Así mismo, se espera contar con información suficiente sobre las diferentes regiones, donde aún continúan los sistemas tradicionales de cultivo y que alternativas se pueden proponer, para una conservación *in situ* y uso sostenible de los recursos genéticos.

Sin duda, la contribución de los recursos genéticos al desarrollo de la agricultura en México, es y será de gran relevancia.

LITERATURA CITADA

- Brown, A. H. D. y 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*. pp. 75-91. Technical guidelines. CAB International. Oxon, U. K.
- Brush, S. B. 2000. *Genes in the Field. On-Farm Conservation of Crop Diversity*. International Plant Genetic Resources Institute, and International Development Research Centre. Rome, Italy.
- Bye, R. 1993. The role of humans in the diversification of plants in Mexico. En: T.P. Ramammoorthy, R. Bye, A. Lot, and J. Fa. (eds.) *Biological diversity of Mexico: origins and distribution*. (pp. 707-731). Oxford University Press. New York, N.Y.
- Cárdenas R., F. 1978. Recursos genéticos disponibles en México. Cervantes S., T. Editor. Sociedad Mexicana de Fitogenética, A.C. 1978, Chapingo, México. p. XVII.
- Cárdenas R., F. 1983. Logros y aportaciones de la investigación agrícola en recursos genéticos. Publicación especial No. 106. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. México, D.F. 17 p.
- Cárdenas R., F. y J.M. Hernández C. 1989. Informe sobre los recursos genéticos de maíz de México. Taller Mundial sobre recursos genéticos de maíz, INIFAP – CIMMYT.
- Cárdenas R., F. y S. Montes H. 1992. La conservación y estudio de los recursos fitogenéticos en México. En:

F. Rincón S., S. Montes H. y L.G. González R. (Eds.). Memorias de la mesa de Recursos Fitogenéticos. XXXVII Reunión Anual del Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos y Animales (PCCMCA). Marzo 18-22, 1991. Cd. de Panamá, Panamá. pp. 10 - 17.

Challenger, A. 1998. Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México. Pasado, presente y futuro. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad en México. 847 p.

Chapman, C. 1989. Principles of germplasm evaluation. In: H. T. Stalker y C. Chapman (eds.). IBPGR Training: Lecture Series 2. Scientific management of germplasm: Characterization, evaluation and enhancement. IBPGR. Rome. pp. 55-63.

CIANOC, Banco de germoplasma, Proyecto, 1987. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias INIFAP. Centro de Investigaciones Agrícolas del Centro Norte.

CONABIO. 1998. La diversidad biológica de México: Estudio de País. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad en México. 341 p.

De Sahagún, B. 1956. Historia general de las cosas de la Nueva España. Porrúa. México, D.F. Tomo 3. 367 p.

Ellis, R. H., T.D. Hong y E.H. Roberts. 1985. Handbook of Seed Technology for Genebanks Vol II: Compendium of Specific Germination Information and Test Recommendations. SGRP (System-Wide Genetic Resources Programme). Rome, Italy.

- Engels, J. 1985. Descripción sistemática de colecciones de germoplasma. Lectura N° 6. Lecturas sobre Recursos Fitogenéticos '85. CIRF (IBPGR). Cali, Colombia. 21 p.
- Engels, J. M. M. and L. Visser (editors). 2003. A Guide to Effective Management of Germplasm Collections. CGN, FAO, GRST, IPGRI, SGRP.
- Ford, LB. y Jackson, M. 1986. Conservation. In Ford-Lloyd y Jackson (eds). Plant Genetic Resources: An introduction to their conservation and use, Baltimore. 50-67 p.
- Guarino, L. y E. Friis-Hansen. 1995. Collecting plant genetic resources and documentation associated indigenous knowledge in the field: a participatory approach. In: L. Guarino, V. Ramanatha-Rao y R. Reid. (eds.). Collecting Plant Genetic Diversity. pp. 345-365. Technical guidelines. CAB International. Oxon, U. K.
- Harlan, J. R. 1992. Crops and Man. 2nd ed. American Society of Agronomy. Madison, Wisconsin. USA.
- Hernández, F. 1946. Historia de las plantas de la Nueva España. Imprenta Universitaria. UNAM. 3:699-1105.
- Hernández C., J. M. 1994. Estimación de efectos genéticos en poblaciones nativas de maíz sobresalientes en valles altos centrales bajo y trópico. Tesis doctorado. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Edo. de México. 190 p.
- Kameswara Rao, N., J. Hanson, M. E. Dulloo, K. Ghosh, A. Nowell and M. Larinde. 2006. Manual of Seed

- Handling in Genebanks. SGRP (System-Wide Genetic Resources Programme). Rome, Italy. 147 p.
- Koo, B., Pardey, P. G., Wright, B. D., et al. 2004. Saving Seeds. CABI, IFPRI, IPGRI, SGRP
- Montes H., S. 2002. Flujo génico en calabaza (*Cucurbita* spp.) dentro del sistema milpa en el occidente de México. Tesis doctorado. Facultad de Ciencias. UNAM. México, D. F. 107 p.
- Painting, K. A., M.C. Perry, R. A. Denning y W. G. Ayad. 1993. Guía para la documentación de Recursos Genéticos. IBPGR, Rome. 310 p.
- Pence, V. 1999. The application of Biotechnology for the Conservation of Endangered plants. In: Benson E. (Ed). Plant Conservation Biotechnology, pp 227-250. Taylor & Francis, London.
- Reveles-Torres, L.R., Velásquez-Valle, R., 2016. El banco de germoplasma de chile en el Campo Experimental Zacatecas, in: INIFAP (Ed.), Campo Experimental Zacatecas. CIRNOC-INIFAP, Calera de V.R., Zacatecas, México, p. 33.
- Rincón S., F. y J. M. Hernández C. 2000. Conservación de recursos fitogenéticos en México. En: Ramírez V., P., R. Ortega P., A. López H., F. Castillo G., M. Livera M., F. Rincón S. y F. Zavala G. (eds.) 2000. Recursos Fitogenéticos de México para la alimentación y la agricultura, informe nacional. SNICS y SOMEFI, Chapingo, México. Pp. 52-68.
- Sakai, A. 1997. Conservation of Plant Genetic Resources In Vitro, (eds) MK Razdan & EC Cocking, Science Publishers, USA, pp. 53-66.

- Schwanitz, F. 1966. The origin of cultivated plants. Harvard University Press. Cambridge, Massachusetts. USA. 175 p.
- Scowcroft WR. 1984. Heritable somaclonal variation in wheat. Theor Appl Genet 67:443M55
- Sorensen, M. 1996. Yam bean (*Pachyrhizus* DC). Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. 2. Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben / International Plant Genetic Resources Institute, Rome.
- Whitaker, T. W. and G. N. Davis. 1962. Cucurbits, Botany, Cultivation and Utilization. Interscience Publishers, Inc. New York. 250 p.

REVISIÓN TÉCNICA Y EDICIÓN

Dr. Juan Manuel Pichardo González
CNRG-INIFAP

Dr. Miguel Ángel Salas Luévano
Unidad Académica de Agronomía - UAZ

DISEÑO DE PORTADA
Luis Roberto Reveles Torres

Código INIFAP
MX-0-241793-52-02-11-09-81

ENCARGADA DE LA COMISIÓN EDITORIAL DEL CEZAC

Dra. Raquel K. Cruz Bravo

Grupo Colegiado del CEZAC

Presidente: Dr. Jaime Mena Covarrubias
Secretario: MC. Ricardo Alonso Sánchez Gutiérrez
Vocal: Dr. Luis Roberto Reveles Torres
Vocal: Dr. Guillermo Medina García
Vocal: Ing. Manuel Reveles Hernández
Vocal: Dr. Francisco Echavarría Cháirez
Vocal: MC. Mayra Denise Herrera

La presente publicación se terminó de imprimir en formato electrónico en noviembre de 2017 en el Campo Experimental Zacatecas, Km 24.5 carr Zacatecas-Fresnillo. CP. 98500, Calera de V. R., Zacatecas, México.

Tel. 01 800 088 2222 ext 82328

CAMPO EXPERIMENTAL ZACATECAS

DIRECTORIO

MC. Ricardo Alonso Sánchez Gutiérrez
Director de Coordinación y Vinculación

Dr.	Guillermo Medina García	Agrometeorología y Modelaje
MC.	Nadiezhdá Y. Ramírez Cabral*	Agrometeorología y Modelaje
Dr.	Manuel de Jesús Flores Nájera	Carne de Rumiantes
Dr.	Alfonso Serna Pérez	Fertilidad de suelos y nutrición vegetal
Ing.	José Ángel Cid Ríos*	Fríjol y Garbanzo
MC.	Juan José Figueroa González	Fríjol y Garbanzo
MC.	Mayra Denise Herrera	Fríjol y Garbanzo
Dr.	Jorge A. Zegbe Domínguez	Frutales
MC	Valentín Meler Meraz	Frutales
Ing.	Manuel Reveles Hernández	Hortalizas
MC.	Miguel Servin Palestina	Ingeniería de Riego
Dra.	Raquel Cruz Bravo	Inocuidad de Alimentos
MC	Enrique Medina Martínez	Maíz
MC.	Francisco A. Rubio Aguirre	Pastizales y Cultivos Forrajeros
Dr.	Ramón Gutiérrez Luna	Pastizales y Cultivos Forrajeros
Ing.	Ricardo A. Sánchez Gutiérrez	Pastizales y Cultivos Forrajeros
Dr.	Luis Roberto Reveles Torres	Recursos Genéticos: Forestales, Agrícolas, Pecuarios y Microbianos
Dr.	Jaime Mena Covarrubias	Sanidad Forestal y Agrícola
Dr.	Rodolfo Velásquez Valle	Sanidad Forestal y Agrícola
Dra.	Blanca I. Sánchez Toledano	Socioeconomía

* Becarios

WWW.INIFAP.GOB.MX