

Conservación de recursos genéticos de Caña de azúcar (*Saccharum* spp.)

Bello-Bello, J.J.¹; Morales-Ramos, V.¹; Gómez-Merino, F.C.¹

¹Colegio de Postgraduados-Campus Córdoba. Carretera Federal Córdoba-Veracruz km 348, Congregación Manuel León, Municipio de Amatlán de los Reyes, C. P. 94946, Veracruz, México.

*Autor responsable: jericobellol@gmail.com

RESUMEN

Los recursos genéticos de caña de azúcar constituyen la base del desarrollo de programas de mejoramiento genético y producción de semilla certificada en esta especie. Cuando se habla de conservación de los recursos fitogenéticos, el objetivo es preservar la variabilidad genética de las poblaciones seleccionadas con la mayor integridad posible. Las estrategias de conservación de germoplasma pueden dividirse en métodos *in situ* y *ex situ* con sus respectivas ventajas y desventajas, por lo que se considera que en conjunto, ambos métodos son complementarios, no excluyentes para lograr la conservación de los recursos genéticos de caña de azúcar.

Palabras clave: Bancos de germoplasma, conservación, *in situ*, *ex situ*.

INTRODUCCIÓN

De acuerdo con el Convenio sobre Diversidad Biológica (CDB, 2010), el término de recursos genéticos (RG) se refiere a todo aquel material de origen vegetal, animal o microbiano que contiene genes con valor actual o potencial. Los objetivos del CDB son: conservación de la biodiversidad, uso sostenible de sus componentes



y participación justa y equitativa de los beneficios resultantes de la utilización de los RG. Estos recursos forman parte de la diversidad biológica, conocida como biodiversidad. Instituciones como la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, por sus siglas en inglés) menciona que los RG de las plantas cultivadas y animales domésticos constituyen la base biológica de la seguridad alimentaria mundial; y coinciden con ésta, Bioersity International (antes Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos-IPGRI), organismo internacional autónomo, de carácter científico, que busca la conservación y el aprovechamiento de la agrobiodiversidad, y el Centro Nacional de Recursos Genéticos (CNRG) que surge como parte de la estrategia nacional para el resguardo de la seguridad agroalimentaria y ambiental, al salvaguardar de forma apropiada y sistematizada los recursos genéticos más importantes del país (CNRG, 2013). Esta revisión está enfocada a los recursos genéticos vegetales, llamados recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura (RFAA), definidos como cualquier material de origen vegetal, incluido el reproductivo y de propagación vegetativa que contienen unidades funcionales de la herencia, y tiene valor real o potencial para la alimentación y la agricultura (SNICS, 2013). La conservación de los RFAA permite preservar el patrimonio en la biodiversidad de un país, e incluye las variedades mejoradas o modernas caracterizadas por sus altos rendimientos y homogeneidad genética. Estas características han provocado reducción de la variabilidad genética de las especies cultivadas, ocasionando erosión genética (pérdida de diversidad), originada principalmente por el reemplazo de variedades, limpieza de terrenos, sobreexplotación de especies, presión poblacional, degradación ambiental, sobreexplotación de terrenos y pastizales, políticas gubernamentales y cambios en los sistemas agrícolas tradicionales. Los recursos genéticos de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) se pueden agrupar, de acuerdo a su uso como germoplasma, en nuevas va-

riedades, variedades caducas, cepas reproductoras, selecciones locales y formas silvestres (Cuadro 1); actualmente existen diferentes métodos de conservación de germoplasma que pueden ser utilizados en los programas de mejora genética.

Métodos de conservación de germoplasma

El método a seguir para la conservación de germoplasma depende de la naturaleza del material vegetal y está definido por la duración de su ciclo de vida, el modo de reproducción y el tamaño de sus individuos. Las estrategias de conservación de germoplasma son métodos *in situ* y *ex situ*; los primeros se basan en mantener las plantas en su hábitat natural e incluye la conservación en parques nacionales y reservas ecológicas, lo cual requiere de un considerable espacio físico. Además, las plantas se encuentran expuestas a las inclemencias del cambio climático, desastres naturales y riesgo de incendios.

Los métodos de conservación *ex situ* se basan en el mantenimiento del material biológico en colecciones de plantas (en campo, vivero o jardines botánicos), bancos de semillas y bancos de cultivo *in vitro*. Las colecciones de plantas requieren altos costos para su manejo, por mano de obra para las labores culturales y control permanente de plagas, enfermedades y malezas. Los bancos de semillas presentan mayor capacidad en cuanto al número de especies que se pueden conservar; sin embargo, este sistema no es aplicable a especies de reproducción vegetativa (plátanos, papa, piña y caña de azúcar, entre otras) y de especies cuyas semillas pierden rápidamente la viabilidad cuando son sometidas a procesos de deshidratación (semillas recalcitrantes). A pesar de todas estas desventajas, actualmente los bancos de semillas son el principal sistema para la conservación de germoplasma vegetal. Por ello, se han propuesto nuevos métodos para conservar los recursos genéticos en una forma más eficiente.

Cuadro 1. Tipos de germoplasma de caña de azúcar (*Saccharum* spp.)

Variedades	Características
Nuevas variedades	Genotipos productivos adaptados a regiones de reducida extensión y características ecológicas delimitadas, generalmente vulnerables ante las plagas, enfermedades o condiciones climáticas adversas. No están amenazadas, pero pueden estarlo en cualquier momento.
Variedades caducas	Genotipos que ya no son utilizados por haber sido desplazados por nuevas variedades.
Cepas reproductoras	Genotipos que nunca llegaron a utilizarse de manera intensiva, pero que sirvieron de progenitores de nuevas variedades.
Selecciones locales	Variedades caducas seleccionadas por productores por características definidas. Fuerte tendencia a sustituirlos por cultivares modernos.
Formas silvestres de especies cultivadas	Progenitores ancestrales de nuevas especies, como lo son <i>Saccharum officinarum</i> L. y <i>S. spontaneum</i> L.

Una nueva alternativa utilizada para la conservación de germoplasma *ex situ* es el uso de la biotecnología, que dentro de sus bases incluye al cultivo de tejidos vegetales (CTV) que permiten el establecimiento, manipulación y desarrollo, bajo condiciones artificiales y controladas de células, tejidos u órganos vegetales.

Los métodos de cultivo *in vitro* para la conservación de plantas han sido utilizados en especies que necesitan mantenerse como clones; esto se logra generando cambios en el ambiente de cultivo que permiten mantener o reducir parcial o totalmente el crecimiento de las células y de los tejidos vegetales. El objetivo es mantener o aumentar al máximo el período de permanencia del material en cultivo, y en este sentido se han desarrollado los siguientes sistemas de conservación *in vitro* de germoplasma vegetal:

Conservación a corto plazo. Consiste en mantener el material vegetal mediante subcultivos constantes, lo que permite mantener especies o variedades por tiempo indefinido, pero con el inconveniente de realizar subcultivos frecuentes. Esto dependerá de la especie, vía de regeneración y sistema de cultivo, donde el tiempo para cada subcultivo puede variar de entre 15 días hasta tres meses.

Conservación a mediano plazo. También conocido como almacenamiento en condiciones de crecimiento mínimo, consiste en retardar el crecimiento de los cultivos *in vitro* con la finalidad de incrementar el tiempo entre subcultivos lo más posible. Para disminuir la tasa de crecimiento de los tejidos sin afectar su viabilidad, además del control de las condiciones de luz y temperatura, se han empleado sistemas de conservación mediante el uso de inhibidores del crecimiento, como el ácido abscísico. Una vía alterna para disminuir el crecimiento *in vitro* consiste en el uso de reguladores osmóticos, como el manitol o sorbitol. Estos compuestos reducen el potencial osmótico del medio de cultivo y, en consecuencia, la disponibilidad de agua para los tejidos.

Conservación a largo plazo. En este caso se utiliza el método llamado crioconservación, que consiste en mantener los tejidos congelados en nitrógeno líquido por tiempo indefinido, a temperaturas extremadamente bajas (usualmente -196°C). El uso de la crioconservación para el almacenamiento de germoplasma ofrece varias ventajas en relación con las técnicas tradicionales, pues permite la conservación a largo plazo (años), con bajos costos de mantenimiento,

fácil manipulación de las muestras y no depende del suministro eléctrico..

Situación de los recursos genéticos de caña de azúcar en México

En México, el Centro de Investigación y Desarrollo de la Caña de Azúcar (CIDCA), ubicado en Tuxtla Chico, Chiapas, México, lleva a cabo el Programa de Mejoramiento Genético de la Caña de Azúcar. Este Centro mantiene un banco de germoplasma compuesto por 2,768 variedades, de las cuales 810 son mexicanas y 1923 extranjeras. Cuenta también con 250 variedades clasificadas por sexo, las cuales constituyen el banco de cruzamiento (CNIAA, 2011).

El Programa de Intercambio de Importación de Variedades que mantiene la Cámara Nacional de las Industrias Azucarera y Alcoholera (CNIAA) con países productores de caña de azúcar, permite incorporar nuevos materiales a los programas de selección que se conducen en México. Estos materiales deben permanecer en la estación cuarentenaria de Tizimín, Yucatán, previo a su incorporación a los programas de mejoramiento que se llevan a cabo en el país. Debido al éxito del programa de intercambio de variedades, se han realizado convenios interinstitucionales internacionales, como CENICAÑA de Colombia, FUNDACAÑA de Venezuela y CENGICAÑA de Guatemala, con el fin de elaborar programas de cruzamientos e intercambio de germoplasma. El material genético que se recibe de otros países es evaluado fitosanitariamente durante 18 meses en la estación cuarentenaria; posteriormente, el material sano es remitido a los diferentes Campos Experimentales del país, así como al CIDCA, que lo ingresa al Banco de Germoplasma. El programa de intercambio de material genético se ha realizado con países como Argentina, Australia, Barbados, Brasil, Colombia, Cuba, Costa Rica, China, Ecuador, Egipto, Estados Unidos, India, Perú, Puerto Rico y Venezuela, principalmente. Lo anterior ha permitido ampliar la base genética del programa de mejoramiento de la caña de azúcar en México (CNIAA, 2011) mediante mantenimiento de colecciones de plantas en campo, lo que corresponde al método de conservación *ex situ* (Figura 1).

En México, instituciones públicas y privadas han aplicado técnicas de CTV que les han permitido conservar reducidas colecciones de germoplasma, a fin de lograr el crecimiento lento de los cultivos y poder conservarlos a corto y mediano plazo. En el campo de la crioconservación vegetal, los avances recientes solo han estado dirigidos al desarrollo de la investigación científica. Sin embargo, se han dado pasos importantes para iniciar la implementación de esta



Figura 1. Banco de germoplasma del Centro de Investigación y Desarrollo de la Caña de Azúcar (CIDCA).

conservación a corto plazo de caña de azúcar, a través de subcultivos bimestrales en medio de proliferación (Caamal-Velázquez y Bello-Bello, 2014). La Figura 2b muestra la conservación a mediano plazo de caña de azúcar mediante el uso de sorbitol como agente osmótico, manteniendo subcultivos semestrales (Bello-Bello *et al.*, 2014), mientras que la Figura 2c muestra un ejemplo de tejido de caña de azúcar encapsulado, previo a la conservación en nitrógeno líquido.

Una característica de la conservación *in vitro* a corto, mediano y largo plazo es que al momento de requerirse el material vegetal, únicamente tiene que ser transferido a un medio de proliferación para obtener un gran número de plantas en poco tiempo (Figura 3). A pesar de que estas técnicas resultan de gran utilidad para la conservación de germoplasma, el cultivo *in vitro* puede llegar a producir variaciones genéticas, epigenéticas o ambas durante la regeneración de plantas, comúnmente llamadas variación somaclonal; por ello, en caña de azúcar se recomienda realizar hasta diez ciclos de cultivo (Caamal-Velázquez y Bello-Bello (2014).

tecnología y, en el mediano plazo, se espera lograr resguardar recursos genéticos de relevancia agroalimentaria, contribuir a la protección de las especies amenazadas, prevenir su pérdida y aportar material genético de utilidad que brinde otras opciones a los programas de mejora, de cruzamiento y de obtención de nuevas variedades (González-Arno *et al.*, 2013).

Con el fin de contar con un banco de germoplasma activo, de varia-

des con uso potencial para la región de Veracruz, México, el Laboratorio de Cultivo de Tejido del Colegio de Postgraduados *Campus* Córdoba ha iniciado un programa de conservación *in vitro* de variedades de caña de azúcar a corto y mediano plazo, con el fin de fortalecer el programa de intercambio de variedades que mantiene la Cámara Nacional de las Industrias Azucarera y Alcohólica (CNIAA) con otros países. Por ejemplo, la Figura 2a muestra la

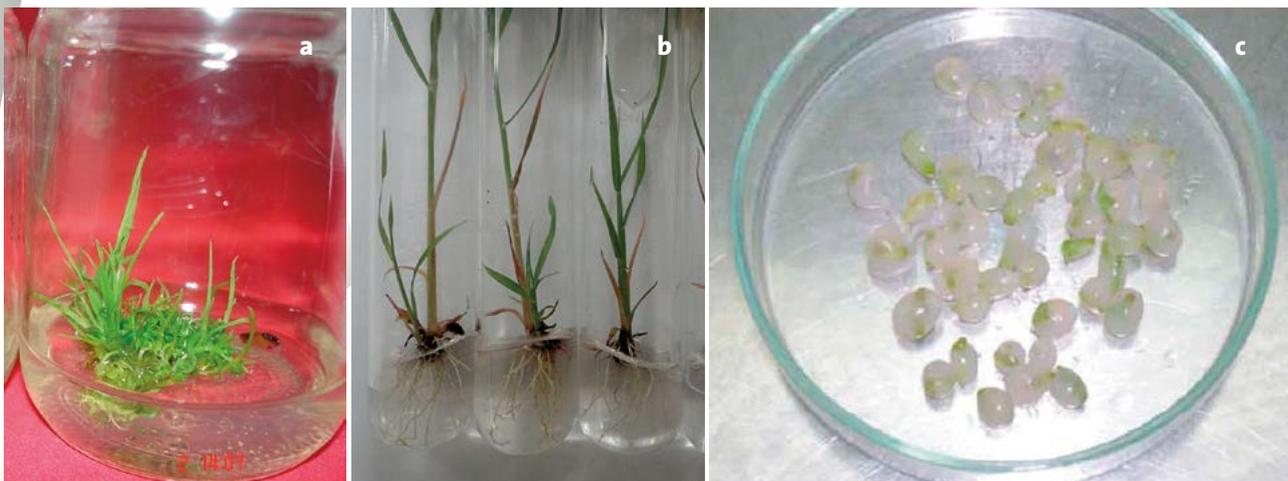


Figura 2. Métodos de conservación *in vitro* de caña de azúcar (*Saccharum* spp.). a) Conservación a corto plazo en medio de proliferación; b) conservación a mediano plazo mediante el uso de agentes osmóticos; y c) tejido encapsulado, previo a la criopreservación.



Figura 3. Vitroplantas de caña de azúcar obtenidas después de un proceso de conservación *in vitro* (mediano plazo). a: Brotes individuales *in vitro*. b: vitroplantas durante su climatización.

CONCLUSIONES

Los recursos genéticos de caña de azúcar constituyen un reservorio de información genética empleado en programas de mejoramiento. Los métodos para asegurar su conservación son diversos y cada uno de ellos posee ventajas e inconvenientes. Por ello, se considera que el conjunto de técnicas de conservación *in situ* y *ex situ* son métodos complementarios, no excluyentes, para lograr el objetivo común de preservar los recursos fitogenéticos, como parte esencial de una estrategia global para la conservación de biodiversidad. El hecho de que un cultivar sea sustituido por otro puede considerarse como normal o incluso benéfico, ya que las nuevas variedades presentan muchas ventajas, pero la pérdida total de la variabilidad genética existente debe evitarse cuando los materiales criollos se sustituyen con variedades mejoradas.

LITERATURA CITADA

- Bello-Bello J., Poot-Poot W., Iglesias-Andreu L., Caamal-Velázquez H., Díaz Sánchez M. 2013. Effect of osmoregulators vs growth inhibitors on *in vitro* conservation of sugarcane (*Saccharum* sp.). AGROCIENCIA (artículo sometido).
- Caamal-Velázquez H., Bello-Bello J. 2014. Micropropagación de caña de azúcar (*Saccharum* spp.). Colegio de Posgraduados. 23p Montecillo, Texcoco, Estado de México, México.
- CDB. 2010. Convenio sobre Diversidad Biológica. <<http://www.cbd.int/>> (consultado enero 2014).
- CNIAA. 2011. Cámara Nacional de las Industrias Azucarera y Alcohólera <www.camaraazucarera.org.mx/> (consultado enero 2014).
- CNRG. 2013. Centro Nacional de Recursos Genéticos, 2013). <<http://www.cnrgr.com.mx/>> (consultado enero 2014).
- González-Arnao M.T., Gámez-Pastrana R., Martínez-Ocampo Y., Valdés-Rodríguez S., Mascorro J.O., Osorio-Saenz A., Pastelin-Solana M., Guevara-Valencia M., Cruz-Cruz C.A. 2013. Estado actual de la crioconservación vegetal en México. En: Crioconservación de Plantas en América Latina y El Caribe. González-Arnao María Teresa y Engelmann Florent (Eds). IICA 204 p. San José, Costa Rica.
- SNICS. 2013. Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas. <www.sagarpa.gob.mx/snics/>(consultado enero 2014).

