

REGENERACIÓN DE LOS RECURSOS GENÉTICOS DE MAÍZ EN EL CONO SUR

RED DE RECURSOS GENÉTICOS DEL CONO SUR



TRUST GRANT NO: GS09003
PROJECT REF. NO: GSP09GAT1_1.2_03
PROYECTO FINANCIADO POR EL GLOBAL CROP DIVERSITY TRUST

Autores:

Argentina: Marcelo Ferrer / Raquel Defacio

Brasil: Flavia Franca Teixeira

Chile: Erika Salazar

Paraguay: Orlando Noldín

Uruguay: Federico Condón / Alberto Fassio

Las opiniones expresadas en este documento, que no ha sido sometido a revisión editorial formal, son de exclusiva responsabilidad de los autores y pueden no coincidir con las del PROCISUR.

Contenido

PRÓLOGO.....	3
INTRODUCCIÓN.....	5
METODOLOGÍA Y PLAN DE TRABAJO.....	16
RESULTADOS.....	19
ACTIVIDADES QUE NO PUDIERON LLEVARSE A CABO.....	28
FINANCIACIÓN.....	30
BIBLIOGRAFÍA.....	31

PRÓLOGO

El maíz ha sido un cultivo prioritario en la Región del Cono Sur de América desde las culturas precolombinas que lo domesticaron y adoptaron como fuente de alimentación, continuando hasta nuestros días.

A pesar de que su centro de origen se localiza más al norte de las Américas, es muy importante el centro de diversidad secundaria ubicado en nuestra región, donde se han diferenciado variedades locales de un altísimo valor como fuente de germoplasma para los programas de mejoramiento, no sólo de la región sino de otras partes del mundo, en especial de climas templados.

En la década de los 70 se realizaron actividades de colecta en los países de América que resultó en una riqueza y valor importantísimo, máxime considerando que fue a partir de esa época en que empezaron a ser incluidos en la producción de maíz una gran proporción de cultivares híbridos.

En PROCISUR, el maíz fue priorizado por los países desde los inicios del Programa cooperativo. Fue uno de los cuatro rubros seleccionados cuando la estructura del Programa se basó en productos, y fue luego también priorizado en las actividades cuando pasó a organizarse por disciplinas.

El valor real y potencial de las colecciones que los países poseen fueron la base para que el Subprograma Recursos Genéticos primero y la REGENSUR luego establecieran siempre grupos de trabajo en maíz y apoyaran diversas actividades en los últimos veinte años. En particular, se priorizaron la caracterización, evaluación y estudios de diversidad que permitieran una mayor utilización de las colecciones, fin último de mantenerlas conservadas.

La regeneración de las colecciones ha sido siempre una actividad fundamental para los Programas Nacionales de Recursos Genéticos de los países del Cono Sur, pero las características de alogamia de la especie, y las condiciones específicas de diferenciación en variedades locales ha dificultado el proceso de regeneración en los países por su costo y alta necesidad de mano de obra.

La regeneración del material genético debiera realizarse en ambientes similares y lo más cercano posible a los que se desarrollaron para asegurar mantener la variabilidad y riqueza genética original. Es por ello que cuando surge la posibilidad de financiamiento de regeneración de las colecciones nacionales por parte del *Global Crop Diversity Trust* en los países, la Red de Recursos Genéticos del PROCISUR (REGENSUR) propone a cada país analizar esta posibilidad. En diferente medida, todos ellos (excepto Bolivia que ya había establecido un acuerdo con el *Trust*), aceptan integrar el proyecto, en el cual se completa la regeneración de un total de 698 accesiones de los cinco países. Los criterios de selección variaron, respondiendo a las necesidades de cada uno.

El proyecto además permitió la utilización de capacidades regionales en asesoramiento entre los países, capacitación a diferentes niveles y en temas diversos, publicaciones, presentaciones en simposios y conferencias, profundización en diferentes áreas, así como utilización de información generada como motivo de tesis de postgrado.

Finalmente, este proyecto ha permitido la consolidación de equipos de expertos en maíz que fortalece el relacionamiento entre países, integrando también a las instituciones de investigación y la academia.

Ana Berretta

INTRODUCCIÓN

Los recursos genéticos vegetales definidos como conjunto de muestras poblacionales de plantas, obtenidas para disponer de caracteres genéticos útiles con valor real o potencial (FAO 1998), constituyen uno de los recursos naturales esenciales de los cuales depende la seguridad alimentaria mundial. En la medida que los recursos genéticos que se conservan, mantengan estándares de calidad y cantidad adecuada, se podrá disponer de ellos en el mediano y el largo plazo.

Actualmente es el cereal de mayor producción en el mundo. La producción mundial de maíz de la campaña agrícola 2013/2014 fue de 989,196 millones de toneladas, por encima de las producciones mundiales de arroz y trigo que fueron, para la misma campaña, de 476,06 y 714,05 millones de toneladas, respectivamente (USDA 2014).

En América ha sido el cereal más importante para la alimentación humana durante miles de años utilizado usualmente en forma de harina para elaborar panes y tortas (Galinat 1979). Su principal uso en la actualidad es en la preparación de balanceados para la alimentación animal. Del endosperma del grano del maíz, se obtiene como producto principal la harina, la que se utiliza tanto en la fabricación de alimentos como de ligantes de maderas en la preparación de paneles aglomerados, entre otros usos. El almidón también extraído del endosperma, es utilizado como adhesivo, pasta de papel, en la industria textil y obtención de dextrosa (industria alimentaria). Del mismo modo, el salvado del grano es empleado en la alimentación por ser rico en aminoácidos y proteínas. Finalmente, el germen es fuente para la obtención de aceite de maíz y debido a su alto contenido proteico se utiliza además como ingrediente en alimentos para lactantes y en la preparación de copos para desayunos (Satorre et ál. 2003). Más recientemente se desarrolló la industria del etanol combustible; en 2010, el 41,8 % de la producción de maíz de Estados Unidos se destinó a la fabricación de etanol (Klopfensteina et ál. 2012).

Probablemente, el área de domesticación o Centro de Origen de este cultivo fue el sur de Méjico, entre Chiapas y Méjico D.F. (Doebley 1990, Hanelt 2001, Matsuoka et ál. 2002). En esa zona, donde en la actualidad se encuentran *Teosinte* y *Tripsacum* que son las especies silvestres más emparentadas con el maíz, se hallaron restos de aproximadamente 5.600 años de antigüedad con características similares al maíz moderno (Luna et ál. 1964). Estudios arqueológicos reciente de almidón de granos y fitolitos de glumas colectados en el valle central del río Balsas indican que el maíz estaba presente hace 8.700 años (Piperno et ál. 2009), lo que reforzaría la idea de que la domesticación se inició en este lugar. Las culturas precolombinas fueron responsables de su domesticación y diversificación original, llegando a cerca de 300 razas locales que comprenden entre un 90 y un 95 % de la variabilidad total del cultivo en el mundo. El maíz es muy variable morfológicamente y se cultiva desde el nivel del mar hasta los 3.800 metros de altitud. Esta adaptabilidad ha permitido que se desarrolle una gran riqueza de variedades locales.

Este cereal llegó a América del Sur a través de lo que actualmente es la República del Ecuador, generándose un centro de Diversidad Secundario en Perú-Bolivia. En base a evidencias arqueológicas, se distinguen dos Centros de Diversificación del maíz. Uno donde prevalece el germoplasma del Centro de Origen (México) que incluye a Guatemala, Colombia, Venezuela, Indias Orientales, América Central y sur de Estados Unidos; y otro

donde cobra importancia el germoplasma del centro de Diversidad Secundario (Perú-Bolivia) incluyendo a Ecuador, Chile, Paraguay, Argentina y Brasil (Ferrer 2012).

La región del Cono Sur es un área muy diversa, con una amplia variación y aislamiento geográficos, climas secos a tropicales, con altitudes que van del nivel del mar hasta los altos Andes, lo que ha permitido que la variabilidad se exprese en poblaciones muy diversas. Como consecuencia directa, las colecciones de maíz en los países del Cono Sur de América representan un importante rango de diversidad genética, la cual es evidente en la distribución geográfica de los sitios de colección (Figura 1), que incluyen las principales regiones de cultivo.



Figura 1. Distribución geográfica de las accesiones de maíz en los países del Cono Sur de América. (Abadie, T. y Berreta, A. 2005)

En la actualidad, la mayoría de los híbridos y las variedades mejoradas están basadas en unas pocas razas. Aunque el mejoramiento vegetal ha realizado un avance sorprendente, Troyer (2006) cita que en 1936, 96 cultivares de polinización libre fueron parentales de 367 líneas. Actualmente, los cultivares de polinización libre más populares y ampliamente utilizados constituyen el 87 % del material genético de los híbridos de maíz de Estados Unidos. Estos cultivares son Reid Yellow Dent con 51 %, Minnesota con 13,13 %, Lancaster Sure Crop con 13 % y Northwestern Dent y Leaming Corn con 5 % cada uno.

En Argentina, Luna y Safont Lis (1978) consideran que en la década de 1970, directa o indirectamente, poco más de diez líneas endocriadas contribuían a la formación de los

híbridos disponibles y dos de ellas participaban en el 80 % de los híbridos de maíz Colorado existentes en ese momento. Actualmente no hay estudios realizados de este tipo, pero se estima que los híbridos disponibles están constituidos por una base genética muy estrecha, en forma similar a lo que ocurre en Estados Unidos (Eyhérabide, comunicación personal).

La evolución de los cultivares de maíz en Brasil desde la década de 1930 ha sido revisado por Sawazaki y Paterniani (2004). Según los autores, en la década de 1930 los cultivares comerciales eran variedades de origen desconocido, y muchos de ellos provienen de las introducciones o selecciones practicadas por los agricultores con rendimientos promedio que iban desde 2,5 hasta 3 toneladas de grano/ha. A fines de 1940 y principios de los años 50, comenzó el desarrollo de los primeros híbridos de maíz en Brasil obtenidos por líneas de mejoramiento derivados de variedades Cateto y Tuxpan. Estos primeros híbridos han superado la productividad media de variedades. En la década de 1950, se produjeron los primeros híbridos dobles semidentados. La mejora de los métodos de selección, asociados a la introducción de germoplasma elite de América Central y del Norte, permitió aumentos constantes en la productividad del maíz cultivado en Brasil. Durante la evolución del mejoramiento de maíz se mantuvo el patrón de producción de híbridos con granos semidentados obtenidos a través del cruce de representantes de los grupos heteróticos Dent y Flint (dentado y duro) (Sawazaki y Paterniani, 2004).

Similarmente, en Chile los trabajos de mejoramiento de maíz, iniciados en 1941, se enfocaron en el desarrollo de variedades para grano bajo dos estrategias -selección masal y producción de híbridos- usando principalmente germoplasma estadounidense. La selección en masa se practicó en variedades tradicionales tipo Camelia y Cuarentón y en las variedades introducidas Minnesota 13 y Klein Amarillo. La producción de híbridos se inició a partir de cruzamientos de las mejores líneas puras, varias de ellas parentales de los híbridos importados que estaban siendo evaluados en el país, tales como Minhybrid 403, Illinois 246, Iowa 4193 y Iowa 942, y cruzamientos simples como W79 x Oh 28, FL-7-1 x Oh 51A, A11 x A334, todos materiales introducidos desde Estados Unidos (Minnesota, Iowa, Illinois y Florida). Paralelamente se comenzó a desarrollar líneas puras de las variedades OP (libre polinización, por su sigla en inglés) de uso corriente (Klein Amarillo, Minnesota 13), de Reid's Yellow Dent que habría sido introducida en el mismo año, y de la variedad tradicional Camelia, incorporando así germoplasma local (Dirección General de Agricultura, 1950).

Paraguay no cuenta con este tipo de información pero comparten la situación con Brasil y Argentina ya que los híbridos sembrados en Paraguay provienen en casi su totalidad de estos países.

Uruguay se encuentra en una situación similar siendo un factor importante en este sentido una menor área de producción, que principalmente se hace en condiciones de secano y que a pesar de la expansión de área agrícola, fundamentalmente por parte del cultivo de soja, ha mostrado una tendencia a la reducción debido a su competencia con este cultivo.

Resultados como los mencionados demuestran la estrecha base genética que se utiliza en el mejoramiento genético del cultivo y que las variedades locales han sido sustituidas por cultivares altamente productivos, lo cual ha provocado una gran pérdida de diversidad.

A pesar de ello, numerosos estudios, especialmente aquellos relacionados con el Proyecto LAMP (*Latin American Maize Project*), han demostrado la riqueza genética en

caracteres importantes para la adaptación del maíz en la región (Salhuana et ál. 1998). Los programas de mejoramiento de la región han usado algunas accesiones de las colecciones, para incorporar características de adaptación específica, tolerancia a estrés biótico y abiótico, o caracteres que permitan una diversidad más amplia en el manejo del cultivo (Abadie et ál. 1996). Más aún, las accesiones elite de esas colecciones se están usando en otras regiones con el objetivo de incorporar caracteres tales como calidad o tolerancia a enfermedades (*GEM Project*).

En Argentina, las poblaciones locales de maíz conservadas en el Banco Activo de Germoplasma de Pergamino han sido evaluadas para características específicas. Se ha encontrado resistencia al Virus del Mal de Río Cuarto (Presello et ál. 1996) y a podredumbres de espiga con bajo contenido de micotoxinas (fumonisinas, deoxinivalenol y zearalenona) (Presello et ál. 2006; Iglesias 2008). También se han efectuado estudios para determinar la calidad nutricional e industrial de las variedades nativas (Ferrer et ál. 1994, Robutti et ál. 1997, PROCIM 1999, Robutti et ál. 2000, Seetharaman et ál. 2001) encontrando amplia variabilidad intra e interracial. Más recientemente se ha estimado la presencia de alelos favorables en las poblaciones locales, diferentes a las líneas e híbridos utilizados actualmente, que permiten mejorar el rendimiento y la mayoría de sus componentes (Eyhérbide et ál. 2005), el peso hectolítrico y la relación de molienda (López et ál. 2005) y el rendimiento y la calidad del forraje (Incónito et ál. 2013).

En Brasil, las poblaciones locales conservadas en el Banco de Germoplasma de maíz han sido caracterizadas según la lista de descriptores de maíz de IPGRI (Teixeira y Costa 2010). Además de los datos de caracterización, los materiales conservados han sido evaluados por la capacidad combinatoria asociada con la resistencia al corn stunt (achaparramiento del maíz) (Teixeira et ál. 2013) y al déficit hídrico (Teixeira et ál. 2010).

En Chile las variedades locales han sido caracterizadas morfológicamente casi en su totalidad usando descriptores del IPGRI (Paratori et ál. 1990). La potencialidad del germoplasma chileno para ser utilizado en programas de mejoramiento genético ha quedado evidenciada en varios estudios (Salhuana et ál. 1998, Pollak 2002, Salhuana y Pollak 2006), demostrándose que existe alta variabilidad inter e intra racial para rasgos de importancia agronómica y rasgos asociadas a componentes de calidad de grano como contenido de proteína y lisina (Fuentes y Ciudad 1974), composición de almidones (Campbell et ál. 2006), contenido de polifenoles con capacidad antioxidante y anti-hiperglicemia (González-Muñoz et ál. 2013). Actualmente, y con el fin de incrementar la base genética de los actuales programas de mejoramiento genético de maíz para consumo fresco, se está determinando la diversidad morfológica y molecular de los maíces de la raza Choclero, de gran importancia en el mercado nacional debido a su importancia en la cocina tradicional chilena.

En Paraguay las accesiones fueron utilizadas principalmente como progenitores, para dar lugar a nuevas variedades, sobre todo es el caso de la raza Avati morotí - la más utilizada por pequeño productores en este país -, en la cual, la variedad Guarani V 252, lanzada en el 2006 se obtuvo por el método de selección recurrente de hermanos completos practicada en accesiones nativas, colectadas de diferentes lugares del país. Así también, existen líneas provenientes de estas accesiones que están siendo usadas en el programa de mejoramiento genético, para la producción de variedades sintéticas e híbridos, tal es el caso de la variedad GVS 254 que fue lanzada en el mes de marzo del 2015, e híbridos dobles que están en los últimos ciclos de evaluaciones, para seleccionar el de mejor característica agronómica y adaptadas a las diferentes zonas de producción del maíz.

En Uruguay, la colección de maíces también ha sido caracterizada morfológicamente (De María et ál. 1979) incluyendo variables cuantitativas (altura, floración, espesor-longitud y ancho del grano, peso de 100 granos, porcentaje (%) de grano, rendimiento en grano y forraje residual, vuelco, macollaje, mazorcas por planta, longitud y peso de mazorca) y variables cualitativas (forma y textura de grano; color de perisperma (pericarpio), aleurona y endosperma, diámetro de mazorca y número de hileras). Este germoplasma de maíz ha sido objeto de estudio en lo relativo a su clasificación racial (Gutierrez et ál. 2003), comprendiendo un total de 10 grupos raciales, algunos de los cuales representados por 90 accesiones (blanco dentado), elemento que ha justificado el desarrollo de una colección núcleo (Malosetti y Abadie 2001), así como en lo relativo a su distribución especial de la diversidad en el contexto de todas las colectas realizadas por el LAMP (Vilaró 2011). En lo referente a su utilización, la colección de razas criollas ha sido reconocida en su valor a nivel internacional (Salhuana et ál. 1998) habiéndose identificado accesiones utilizadas en el marco del Proyecto GEM (URZM10001, URZM11002, URZM13085, URZM11003). A nivel local, la colección ha sido utilizada para generar variedades de polinización abierta de la raza blanco dentada por parte de Facultad de Agronomía (cultivar Blanco Cangue; Vidal et ál. 2009) y también por parte del Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA) (cultivar INIA Redomón (blanco dentado), recomendados para producción de reservas forrajeras y que han sido obtenidos con genética de las variedades criollas.

Lo mencionado en los párrafos anteriores son indicadores del valor real y potencial de estas colecciones y justifican los esfuerzos que se han hecho para conservarlas y evaluarlas de manera de incrementar su utilización. La importancia económica de estas colecciones está basada principalmente en la riqueza de materiales genéticos adaptados a clima templado, mostrando una adaptación excelente a regiones ecológicamente similares del mundo (Salhuana et ál. 1998).

Como se mencionó previamente, la variabilidad detectada en las colecciones nacionales ha sido muy importante para los proyectos de mejoramiento en la región, la mayoría de ellos iniciados a principios de 1900.

Uno de los objetivos prioritarios de los Programas Nacionales de Recursos Genéticos de los países del Cono Sur es mejorar la utilización de los recursos genéticos nacionales. La mayoría de estas colecciones nacionales se iniciaron en la década de 1970, donde el IBPGR (Actual Bioversity International) financió expediciones de colección extensivas. Fueron coleccionadas de campos de agricultores previo al uso extendido de cultivares híbridos. Parte de esas colecciones se hicieron aún antes, en las décadas de 1940 y 1950. Además, el enriquecimiento de estas colecciones con otras variedades locales o pequeñas colecciones las ha hecho únicas, así como complementarias. La caracterización y evaluación de estas colecciones de maíz han sido publicadas *in extenso* en Catálogos de Recursos Genéticos de Maíz en Argentina (Salhuana et ál. 1979, Solari et ál. 1983, Solari y Gómez 1997, 2007), Bolivia (Ávila et ál. 1983, 1998), Paraguay (Alvarez et ál. 1983), Uruguay (Fernández et ál. 1983), Brasil (Feldman y Silva 1984), Chile (Paratori et ál. 1990).

Principales características de las Colecciones

En la Tabla 2 se presenta la cantidad de accesiones de maíz conservadas en Argentina, Brasil, Chile, Paraguay y Uruguay.

Tabla 2. Número de accesiones de maíz conservadas en Argentina, Brasil, Chile, Paraguay y Uruguay.

País	Nº Accesiones en Colección Base
Argentina	2.549
Brasil	4.079
Chile	1.240
Paraguay	95
Uruguay	852

Argentina: la colección de maíz se inició en la década de 1940 y está compuesta por 2.549 accesiones, coleccionadas en 20 provincias entre el paralelo de 22° S en el Norte del país hasta el paralelo 43° S. La mayoría de las cuales se colectaron en la década de 1970 con el apoyo financiero del CIRF (Consejo Internacional de Recursos Fitogenéticos) IBPGR, hoy Bioersity International. Está conservada en el Banco Activo de la Estación Experimental Agropecuaria de INTA Pergamino. Además se conservan copias de seguridad de la mayoría de las poblaciones de la colección activa en el Banco Base de conservación a largo plazo en INTA Castelar (Argentina), en el Banco Base de EE UU en Fort Collins (NCGRP) y en el CIMMYT. Toda la colección tiene datos de pasaporte y una parte de la misma tiene datos de caracterización y evaluación. La información está registrada en la Base de Datos DBGERMO desarrollada específicamente por el INTA para tal fin.

Brasil: La colección de maíz se inició en el año 1959, y actualmente cuenta con 4.079 accesiones. Estos accesiones están conservados en dos unidades de Embrapa: el Embrapa Recursos Genéticos y Biotecnología y en Embrapa Maíz y Sorgo, como copia de seguridad. La mayoría de la colección tiene datos de pasaporte y de caracterización adecuados, pero sólo una pequeña parte ha sido evaluada. CENARGEN ha desarrollado un Sistema de Documentación para Recursos Genéticos, denominada ALELO, el cual es usado para manejar la información de las colecciones.

Chile: La colección de maíces de Chile la componen 1.240 accesiones, de las cuales 1.058 son variedades locales y 182 son líneas puras y compuestos raciales. La primera colecta se realizó entre los años 1950 y 1958, con la participación del Instituto de Geografía de la Universidad de Chile y el Departamento de Investigaciones Agrícolas del Ministerio de Agricultura. Posteriormente, mediante un convenio entre Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) y el CIRF se efectuaron diversas expediciones de recolección entre 1981 y 1987. Nuevas colectas regionales financiadas por INIA se han realizado en 1993, 2007 y 2011. La colección está conservada en su totalidad en el INIA en el Banco Activo de la Unidad de Recursos Genéticos La Platina y en el Banco Base de Vicuña. Duplicados de algunas accesiones se encuentran los bancos del CIMMYT, de NCGRP y en Svalbard. La colección cuenta con datos de pasaporte y se encuentra casi en un 100% caracterizada morfológicamente. En el 2010 se comenzó su caracterización molecular. Toda la información está disponible en la base de datos Grin Global adoptado por INIA (<http://www.inia.cl/red-de-bancos-de-germoplasma/>).

Paraguay: Del total de las accesiones disponibles, 478 fueron colectadas en 1998, con el apoyo del USDA-ARS y 105 fueron colectadas entre 1940 y 1987, con el apoyo del PMLA y

de la Fundación Rockefeller. Una parte de la Colección Nacional (95 accesiones) está conservada en el Banco de Germoplasma del Centro de Investigación Capitán Miranda (CICM), del Instituto Paraguayo de Tecnología Agraria (IPTA), mientras que, casi todas las accesiones tienen duplicados en el CIMMYT (México) donde se conservan 564 accesiones y en el NCGRP (USA) que tiene conservado 676 accesiones. Particularmente en este país, el maíz está aún en la actualidad muy estrechamente relacionado al consumo humano, y a ceremonias rituales de la población nativa guaraní (Salhuana y Machado 1999). La mayoría de la colección tiene datos de pasaporte y de caracterización, sobre todo aquellas que fueron colectadas en 1987 y 1998, las demás accesiones no se tienen todos los datos de pasaporte y no se tiene información de caracterizaciones de las mismas.

Uruguay: La colección de maíz del Uruguay tiene 852 accesiones coleccionadas de campos de agricultores en 1978 por De León, como parte de un proyecto del LAMP/IBPGR. Actualmente esta colección está conservada en el banco de conservación a largo plazo de la Unidad de Recursos Genéticos del INIA La Estanzuela, en Colonia, Uruguay, y cuenta con copias de seguridad en el banco de germoplasma del CIMMYT y parcialmente en el banco de germoplasma de Svalbard. La colección ha sido ampliamente caracterizada, y regenerada en INIA La Estanzuela. Este proceso ha sido sujeto a una evaluación de eficiencia por parte de Malosetti et ál. (1999), comparándola con regeneraciones en el CIMMYT y mostrando una mejor captura de alelos raros en la regeneración local. También ha sido sujeta a estudio de clasificación racial (Gutierrez et ál. 2003), formación de colección núcleo (Malosetti y Abadie 2001) y de diversidad y distribución geográfica (Vilaró 2011). La información relativa a la misma está ingresada en la Base de Datos DBGERMO.

Regeneración: importancia y principios generales

La calidad de un Banco de Germoplasma se juzga por la disponibilidad de germoplasma para investigación e intercambio, en cantidades adecuadas, de alta calidad, fácil y rápidamente disponible y con una descripción completa del germoplasma (Goodman 1990). De acuerdo con Clark et ál. (1997) y Hawkes (1979), las condiciones óptimas para obtener la máxima longevidad y reducir el número de los ciclos necesarios de regeneración de cada accesión (semillas ortodoxas), son 4º C de temperatura y un contenido de humedad en la semillas entre 5 y 8%. Las principales causas para que una semilla deba ser regenerada son la pérdida del poder germinativo causada por condiciones inadecuadas de almacenamiento o la reducción de la cantidad de semillas como resultado de su uso para investigación, e intercambio. Las accesiones deberán ser aumentadas cuando la cantidad de semillas disponibles es escasa y/o su viabilidad es menor que 85% (FAO/IPGRI 1994, Rao et ál. 2007, ISTA 2008).

La regeneración es la operación de incrementar la accesión con el objetivo de obtener una nueva muestra de semillas en cantidad y calidad adecuadas, conservado la variabilidad alélica y genotípica de la población original. La integridad genética debe ser mantenida por todos los medios posibles (Brown et ál. 1997). La regeneración también es necesaria en el caso de nuevas accesiones que se van a conservar a largo plazo si se tiene muy poca cantidad de semillas o por razones sanitarias para eliminar enfermedades.

Cuando el material genético es regenerado en ambientes distintos del original donde se desarrollaron, pueden producirse cambios genéticos como resultado de la selección natural, el ataque de insectos o patógenos o condiciones climáticas adversas. Son frecuentes las restricciones en el tamaño de la población, acelerando la pérdida de variabilidad

genética a través de selección al azar de los genotipos (Roos 1984). Para la regeneración se deben aplicar normas y procedimientos que garanticen la calidad de la semilla, de manera que el material a ser almacenado tenga elevada viabilidad, no presente enfermedades ni plagas y que represente la estructura genética del material que le dio origen, evitando la contaminación con genes extraños y disminuyendo en la medida de lo posible la pérdida de genes ya sea por utilizarse cantidades inadecuadas de plantas y/o por trabajar en ambientes inadecuados.

La elección del método de regeneración depende del sistema reproductivo de la especie (Lopez Ubiría et ál. 1999). El maíz es una especie de polinización cruzada, de manera que debe evitarse la contaminación con polen extraño para mantener la integridad genética de la población original. Para regenerar esta especie, se utilizan diferentes métodos de polinización controlada a saber: lote aislado, polinización en cadena, planta a planta, y mezcla de polen cada uno de los cuales se detalla a continuación (Pantuso 2002).

Lote aislado: Consiste en permitir que los individuos puedan cruzarse libremente entre sí, evitando la contaminación con polen extraño. Para evitar la contaminación pueden utilizarse distintas medidas como ser sembrar accesiones con distinta fecha de floración, distribución espacial en el campo, utilizar barreras naturales o artificiales, aumentar el tamaño y la forma de las parcelas y cosechar los individuos siempre de la zona más interna de la misma, donde la tasa de contaminación es menor. Para este método, el tamaño efectivo es $N_e = 1,33 N$ cuando hay control gamético femenino y $N_e = N$ cuando no hay control gamético, siendo N el número de plantas utilizadas. Es un método práctico pero puede haber contribución desproporcionada de aquellos individuos de mayor tamaño de panoja y actúa la selección natural.

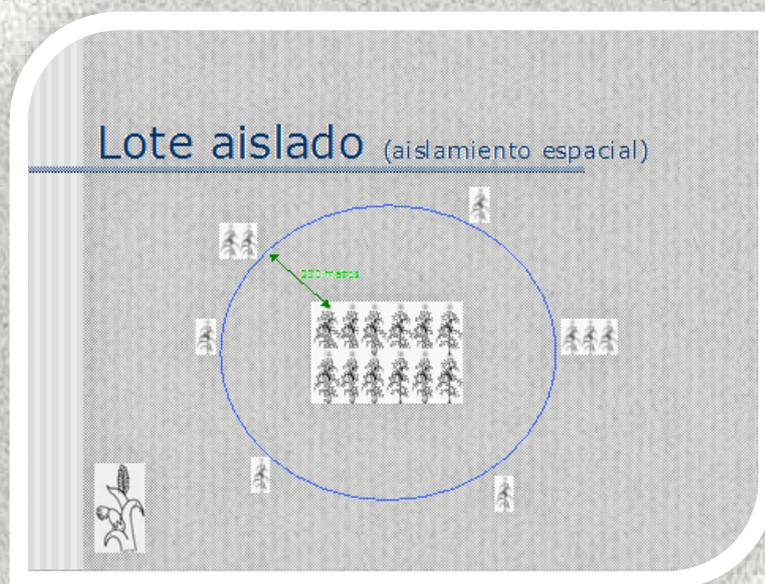


Figura 2: Lote aislado (Pantuso, F. 2002)

Polinización en cadena: Consiste en fecundar con el polen de una planta a otra, con el polen de esta última a una tercera y así sucesivamente. Cada individuo participa una vez como macho y otra vez como hembra. Para este método el tamaño efectivo es $N_e = 2N$ cuando hay control gamético femenino y $N_e = 1,33 N$ cuando no hay control gamético

femenino. Es un método poco práctico para utilizar en poblaciones locales donde la variabilidad de las mismas no permitiría continuar la “cadena” de plantas polinizadas.

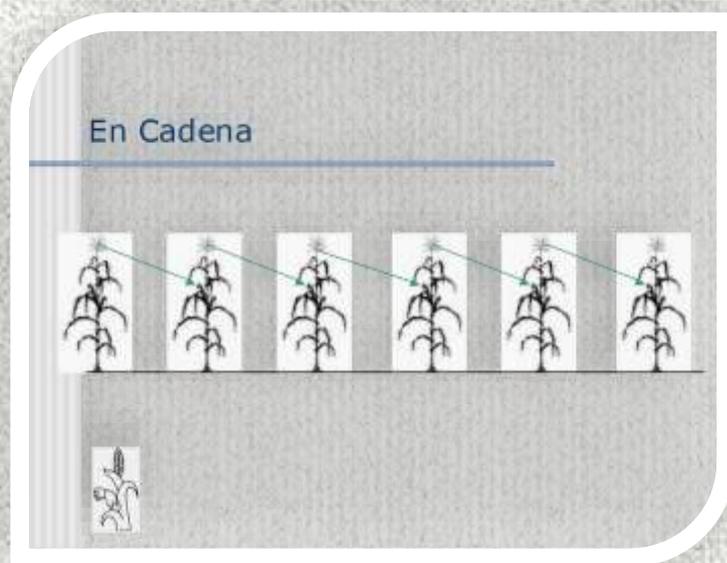


Figura 3: Polinización en cadena (Pantuso, F. 2002)

Polinización planta a planta: Cada individuo es utilizado una sola vez, como macho o como hembra, es decir que si una planta se utiliza como polinizadora no se utiliza su espiga. Para este tipo de regeneración el tamaño efectivo es $N_e = 2N$, siendo N el número de plantas cosechadas. Este es un método poco práctico pero permite aumentar notablemente el número efectivo.

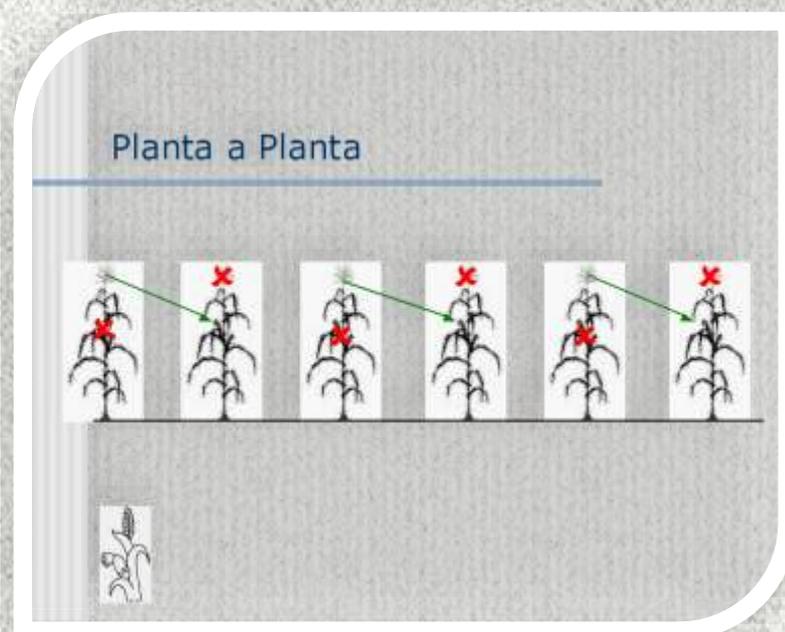


Figura 4: Polinización Planta a Planta (Pantuso, F. 2002)

Mezcla o bulk de polen: Consiste en recolectar, diariamente, durante el período de floración, el polen de la mayor cantidad de plantas y realizar todas las polinizaciones

posibles. Para este método el tamaño efectivo $N_e = 1,33 N$ cuando hay control gamético femenino y $N_e = N$ cuando no hay control gamético siendo N el número de espigas cosechadas. En este método, el polen efectivo puede provenir de pocas plantas, ya que aquellas que producen mayor cantidad de polen tienen posibilidades de fecundar mayor cantidad de óvulos y se corre el riesgo de producir autofecundaciones.

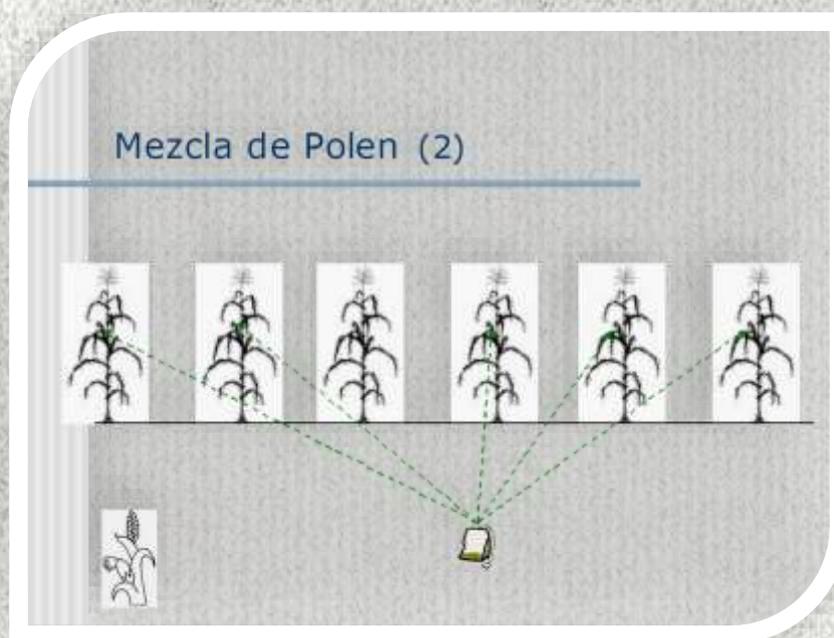
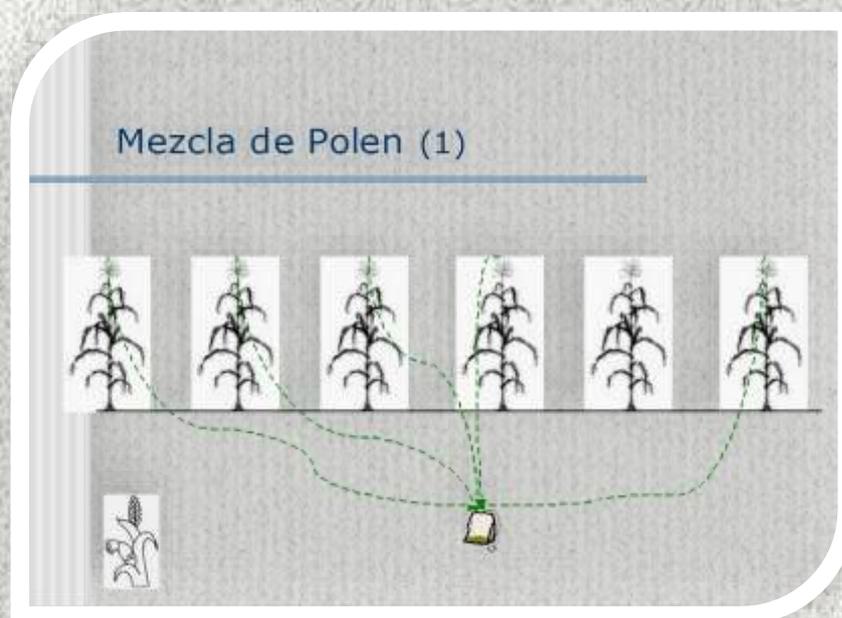


Figura 5: Mezcla de polen (Pantuso, F. 2002)

En la práctica se recomienda regenerar las muestras originales de las accesiones cuando el poder germinativo es inferior a 85 % o el número de semillas viables es menor a 1500 en las colecciones activas o base de las poblaciones y menos de 250 semillas en líneas

endogámicas. Esta actividad se debe realizar en el país y en las localidades de origen o en ambientes que presenten condiciones similares para mantener su estructura genética.

Por todo lo mencionado anteriormente a través del presente proyecto, se busca fortalecer la disponibilidad de los recursos genéticos del maíz en el Cono Sur de América, realizándose la regeneración en el país en cual se coleccionaron las accesiones. Para ello se implementaron procedimientos y manejos adecuados en la regeneración-multiplicación de germoplasma en cada uno de los países participantes. Además, se intenta disponer de colecciones nacionales de maíz convenientemente regeneradas y conservadas cuyas accesiones presenten condiciones de calidad y cantidad para su utilización.

METODOLOGÍA Y PLAN DE TRABAJO

Se regeneraron 698 accesiones priorizando aquellas que sufren falta de adaptación por ser originarias de zonas de altura, algunas que fueron repatriadas de CIMMYT y las que forman parte de las colecciones núcleo de cada uno de los países. La metodología de regeneración varió según el país en el que se desarrolló y abarcó lote aislado, bulk de polen, polinización en cadena y polinización planta a planta. Sobre las parcelas regeneradas se tomaron datos de caracterización y evaluación para lo cual se utilizaron en todos los casos la lista de Descriptores de Maíz de Bioversity (CIMMYT/IPGRI 1991).

En Argentina se priorizó regenerar 120 accesiones principalmente, pero no todas, provenientes de la región Andina y Valles Calchaquíes (2000 - 2500 msnm y 200 - 300 mm de lluvia) recolectadas en la década de 1970/80 que no se adaptan en las condiciones de clima templado de Pergamino (altitud de 65 msnm y precipitaciones promedios de 990 mm) para ser regeneradas. Algunas de estas poblaciones fueron repatriadas de CIMMYT en el año 2008. Muchas de las accesiones seleccionadas para regenerar no se encuentran en su zona de origen y solo están disponibles en el Banco de Germoplasma. Las localidades para realizar la regeneración fueron: Pergamino (Buenos Aires), Leales (Tucumán), Cerrillos y Cachi (Salta) y Posta de Hornillos (Jujuy) a 65, 400, 1300, 2200 y 2400 msnm, respectivamente. La metodología usada fue polinización manual (método planta a planta) y 300 plantas de cada accesión son usadas para obtener 100 mazorcas en el momento de cosecha (Pantuso y Ferrer 2007). Cada parcela de regeneración fue utilizada para la caracterización a nivel de mazorca y grano.



Figura 6: Secuencia en la extracción y polinización manual en maíz (Banco Activo de Germoplasma (BAP), Argentina)

En Brasil, fueron regeneradas 290 accesiones priorizando aquellas con bajo porcentaje de germinación o con poca cantidad de semillas. La regeneración de germoplasma se realizó en las localidades de Sete Lagoas y Janauba- MG, Brasil. Los materiales en Janauba fueron conducidos en lotes aislados y en Sete Lagoas, la polinización fue manual mediante la metodología de bulk de polen, utilizando en todos los casos 200 plantas de cada accesión. Las accesiones regeneradas fueron caracterizadas con descriptores de planta, mazorca y grano (Teixeira y Costa 2010).

En Chile, se regeneraron 86 accesiones, 61 de ellas colectadas en zonas de altura de la precordillera andina a comienzos de 1990 y 25 provenientes de los valles centrales o litorales, colectadas principalmente en la década de 1980 y algunas en 1950. Las accesiones altiplánicas seleccionadas no habían sido regeneradas y las de los valles presentaban problemas de germinación. Las accesiones andinas se regeneraron en Chapiquiña, provincia de Parinacota, en colaboración con un agricultor de la zona. Las accesiones de los valles se regeneraron en dependencias del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) – La Platina, comuna de La Pintana, Santiago. En ambos casos se establecieron entre 165 – 180 plantas por accesión las que fueron polinizadas manualmente siguiendo el método de polinización en cadena. Todas las accesiones fueron caracterizadas a nivel de planta, mazorca y grano.

Paraguay regeneró 60 accesiones repatriadas de CIMMYT. Las mismas provienen de una evaluación para formar la colección núcleo desarrollada por el CIMMYT. La regeneración se realizó en el Centro de Investigación Capitán Miranda (CICM; ex CRIA) ubicada en la localidad de Capitán Miranda – Itapúa, al sur de Paraguay. La metodología utilizada para la regeneración fue la polinización manual utilizando el método de planta a planta, sembrándose 300 semillas y regenerando como mínimo 100 mazorcas. Para las evaluaciones se tomó modelo la “Guía para la regeneración de germoplasma de maíz” elaborada por Taba y Twumasi-Afrijie (2008).

En Uruguay se regeneraron un total de 130 accesiones de la colección en el INIA La Estanzuela, recolectadas en 1978. Este número incluye la Colección Núcleo (90 accesiones) más accesiones con poca cantidad de semilla disponible. Para la regeneración utilizó un mínimo de 70 plantas fueron polinizadas manualmente con la metodología en cadena. Los mismos experimentos de campo usados para la regeneración se utilizaron para caracterizar la composición química del grano en la Colección Núcleo y para evaluar el proceso de regeneración usando marcadores moleculares en accesiones selectas, como parte de una Tesis de grado en Agronomía.

Una vez realizadas las regeneraciones, en todos los países las semillas fueron acondicionadas, disminuyendo la humedad interna de las mismas a un 6-8%. En Argentina, Brasil y Uruguay las semillas fueron envasada en sobres trilaminados y en Chile y Paraguay se conservaron en frascos de plástico. Las entradas han sido conservadas en las cámaras de frío de los respectivos Bancos de germoplasma de cada uno de los países integrantes del proyecto y cuando se obtuvo cantidad suficiente de semilla se han enviado duplicados de seguridad a los Banco Base de cada uno de los países, al CIMMYT y a Svalvard en ese orden de prioridad.

Además de llevar a cabo la regeneración de las accesiones se colaboró en la formación de Recursos Humanos, tanto de los auxiliares y agricultores que realizaron el trabajo manual como de profesionales interesados en la temática.

Durante el transcurso del proyecto se realizaron diversas publicaciones que se presentaron en Comunicaciones técnicas, Congresos, Jornadas, Reuniones y Simposios relacionadas con los recursos genéticos y el cultivo de maíz.

RESULTADOS

Durante los años agrícolas que duró el proyecto se han regenerado 698 accesiones que se encontraban en estado crítico. De las mismas, se enviaron 48 a los Bancos Base de cada uno de los países, 36 a CIMMYT y 48 a Svalbard. Además se presentaron 15 trabajos a congresos, Jornadas, Simposios, etc. También se realizó capacitación a auxiliares, productores y profesionales interesados en la conservación de Recursos genéticos.

Las actividades específicas realizadas por cada uno de los países se detallan a continuación.

3.1 Regeneración:

Argentina:

En noviembre de 2008 (campana 2008/09) se sembraron para regenerar 55 poblaciones locales originarias de las provincias de Salta, Jujuy y Catamarca pertenecientes



a razas de textura harinosa. La siembra se realizó en Cerrillos (EEA INTA Salta) y Posta de Hornillos (IPAF NOA, Jujuy). La regeneración se realizó mediante polinización manual controlada utilizando el método planta a planta. De las 55 parcelas sembradas se cosecharon semillas de 46. El material cosechado fue caracterizado a nivel de mazorca y grano utilizando la lista de descriptores del CIMMYT/IBPGR (1991) en el Banco de Germoplasma de Pergamino, se secó hasta el 6% de humedad de semilla, se envasaron en bolsas

trilaminadas y se almacenaron en cámaras de frío (6 – 8 °C). De las poblaciones cosechadas, en 25 se obtuvo semilla suficiente como para disponer de duplicados de seguridad, 14 fueron enviados al Banco Base de la red de Bancos de INTA y 11 se enviarán a CIMMYT.

En diciembre de 2009 (campanas 2009/10) se sembraron 44 poblaciones. La siembra se realizó en Cerrillos. El material que se utilizó en la regeneración se encontraba en estado crítico, además sufrieron un severo ataque de insectos (cortadoras y gusano blanco) motivos que provocaron una disminución en el stand de plantas lo cual impidió obtener suficiente cantidad de semillas. Se cosecharon 39 poblaciones. El material cosechado fue caracterizado, acondicionado y conservado en el Banco de Germoplasma de Pergamino de la misma forma descripta para la campana anterior. La cantidad de semillas cosechadas fue escasa, pudiéndose obtener duplicado de seguridad para enviar al Banco Base (2 poblaciones) y a CIMMYT (1 población).

En diciembre de 2010 (campaña 2010/11) se sembraron 5 poblaciones en la localidad de Posta de Hornillos (Jujuy), 30 poblaciones en la localidad de Cerrillos (Salta 5 en la



localidad de Cachi (Salta) y en enero de 2011 fueron sembradas 12 poblaciones en la localidad de Leales (Tucumán). Se cosecharon la totalidad del material sembrado en Leales y 29 poblaciones de las 30 sembradas en Cerrillos. No pudiendo cosecharse las poblaciones sembradas en Posta de Hornillos y Cachi donde por cuestiones climáticas (una fuerte helada temprana afectó a las plantas que se encontraban recién

polinizadas). El material cosechado fue caracterizado, acondicionado y conservado en el Banco de Germoplasma de Pergamino de la misma forma descripta para las campañas anteriores. La cantidad de semilla cosechada fue escasa en la mayoría de las poblaciones, pudiendo obtener duplicados de seguridad en 8, de las cuales 7 serán enviadas al Banco Base y 1 a CIMMYT.

Los duplicados de seguridad para ser conservados en el Banco Base de Argentina fueron oportunamente enviados, mientras que las muestras a ser remitidas a CIMMYT están siendo conservadas en cámara de frío para efectuar un solo envío con el total de materiales obtenidos.



Brasil:

La regeneración de las accesiones del Banco de Germoplasma (BG) de maíz brasileiro siguió



el plan acordado por el porcentaje de germinación y la cantidad de semillas disponibles de cada accesión. El BG preserva mayormente accesiones colectadas en Brasil, pero aproximadamente el 30% de esta colección son materiales exóticos y materiales viejos de Brasil que ya no son cultivados por los agricultores. El BG es un referente en el Germoplasma de maíz en Brasil y es el encargado de proveer semillas a varias instituciones de investigación. En este caso, es importante que

todos esos materiales estén en buenas condiciones de conservación. En años previos, el germoplasma colectado en el país fue priorizado en la regeneración, sin embargo, en 2009, accesiones de origen exótico fueron también regeneradas. Entre las 180 accesiones regeneradas en 2009, 80 fueron colectadas en Brasil o son materiales mejorados en décadas previas (1970-1980). Los datos de pasaporte de las 80 accesiones están disponibles en <http://tirfaa.cenargen.embrapa.br>. Las accesiones colectadas en Brasil fueron priorizadas para ser multiplicadas en 2010 y 2011.



Durante dichas campañas, 144 accesiones han sido regeneradas. Entre ellas, de 4 se ha obtenido semillas de baja calidad, y serán sembradas en invernáculos; 12 se sembraron en lotes aislados y el remanente fue regenerado en campos bajo polinización manual. Las actividades de regeneración de germoplasma de maíz en Brasil ha sido realizado por alrededor de 30 años y la mayoría de las accesiones han estado y están en buenas condiciones de conservación. Sin embargo, alrededor del 10% de la colección son accesiones con dificultades para multiplicar debido a problemas de baja coincidencia entre

las floraciones masculinas y femeninas, baja producción de polen, susceptibilidad a enfermedades o porque tienen plantas improductivas. Por estos motivos, se han priorizado estas accesiones para ser polinizadas en 2011. Las 144 accesiones sembradas para regenerar germinaron, pero 3 de ellas no produjeron semillas, 34 produjeron menos de 0,5 Kg de semillas; 28 produjeron entre 0,5 y 1 kg de semillas; 31 entre 1 y 1,5 kg; 14 entre 1,5 y 2 Kg y 34, mayor a 2 Kg. Las accesiones que produjeron menos de 2 kg de semilla son sembradas nuevamente hasta que se obtenga suficiente cantidad de semilla para poder mantener el stock. Los datos de pasaporte están disponibles en <http://tirfaacenargen.embrapa.br/MCPDGenebank/pages/mcpd/Listar.jsp?filtro=OK>

Las accesiones regeneradas durante el transcurso del proyecto fueron enviadas como duplicado de seguridad a Embrapa Recursos Genéticos y Biotecnología y también en CIMMYT.

Chile:

Todas las accesiones regeneradas son materiales nativos del Chile que mayoritariamente ya no son cultivados por los agricultores, siendo las muestras conservadas en la red de bancos de germoplasma del INIA, posiblemente las únicas muestras representativas de las razas a las que pertenecen. Tanto en Chapiquiña, Provincia de Parinacota (18° 23'23"S, 69° 32'18"O, 3.189 msnm), como en La Pintana, Santiago (33° 34'S, 70°38'O y 605 msnm), la siembra se realizó en primavera entre octubre y noviembre de 2010. Todas las accesiones de los valles (25) fueron exitosamente regeneradas obteniéndose entre 12.000 y 45.000 semillas por accesión. Se enviaron duplicados de estas accesiones al Banco Base de Vicuña del INIA y al banco del CIMMYT, y una copia de seguridad al Banco de Svalbard, en Noruega.

En relación a las accesiones andinas, dos inusuales heladas, una en febrero y otra en mayo afectaron al cultivo, por lo tanto solo se obtuvo semillas de 53 de las 61 accesiones sembradas, y en menor cantidad (500-8000 semillas). Este bajo rendimiento en semillas condicionó el envío de duplicados a los distintos bancos pudiendo enviarse solo 23 accesiones a Svalbard. Todas aquellas accesiones (18 en total) con bajo número de semillas se volverán a regenerar hasta obtener los números requeridos para su conservación. Las 48 accesiones de maíz enviadas a Svalbard son los únicos recursos genéticos de importancia agrícola chilenos conservados en dicha instalación.

Todas las accesiones fueron caracterizadas a nivel de planta (10-20 plantas), mazorca (3-10) y grano (3-5 por mazorca) para 24, 11 y 8 descriptores, respectivamente. La información de estos materiales está disponible en <http://www.inia.cl/red-de-bancos-de-germoplasma/>

Paraguay:

Ciclo 2009/2010: El inicio de las actividades dentro del Proyecto de regeneración de las accesiones de maíz, fue en el año 2009, con la repatriación de 60, que fueron enviadas por el Dr. Suketoshi Taba del CIMMYT. En ese ciclo se sembraron 30 accesiones en el Centro de Investigación Capitán Miranda (CICM) ex CRIA ubicada en la localidad de Capitán Miranda-Itapúa, al sur del Paraguay. La



siembra se realizó en grupos de 10 en 10, cada 20 días, para evitar sobrecarga de trabajo en época de polinización, las cuales coinciden con los materiales del Programa de Mejoramiento de Maíz. De las 30 accesiones, se lograron obtener semillas suficientes para tener una representación genética de la población (más de 3 kg) solo en 23 materiales, debido a diversos factores, pero lo más influyente fue la escasez de lluvia durante el ciclo del cultivo, como también en algunos casos, la adaptación de algunos materiales a la zona donde se efectuó la regeneración. El método de polinización utilizado fue el de planta a planta, utilizando el método presentado en la "Guía de Regeneración de Germoplasma de Maíz" elaborado por el Dr. Suketoshi Taba y Twumasi Afriyie (2008). Las 7 accesiones que no tuvieron suficientes semillas fueron sembradas en el ciclo 2010/2011 junto con las otras 30 accesiones que aún no se habían sembrado. Cabe destacar que en este ciclo, durante la cosecha de las primeras accesiones contamos con la visita del Ing. Agr. Marcelo Ferrer, con el cual planificamos la cosecha y cuidados pos cosecha de las accesiones.

Ciclo 2010/2011: En este ciclo se sembraron las 30 accesiones que no se sembraron en el ciclo 2009/2010, más las 7 accesiones, en 4 grupos de siembra cada 20 días entre grupos. De las 30 accesiones que se iniciaron su siembra en este ciclo, 6 accesiones no volvieron a producir semillas suficientes, y 3 no germinaron. Durante este ciclo no hubo problemas de precipitaciones, por lo que la baja producción de semillas se debió a la baja adaptación de los materiales, ya que los mismos provienen de zonas con climas diferentes a la del CICM. En este ciclo solo se obtuvo 21 accesiones con suficientes semillas (>3 kg), ya que 6 accesiones del 2010/2011 no alcanzaron la cantidad requerida y 3 no germinaron, más, las 7 accesiones que no se alcanzó la cantidad de semilla en el ciclo 2009/2010 tampoco lo alcanzaron en el ciclo 2010/2011.



Se enviaron duplicados de seguridad a CIMMYT de las 44 accesiones que alcanzaron la cantidad de semilla suficiente durante la regeneración.

Uruguay:

La regeneración de las 130 accesiones de maíz ha tenido lugar sin ningún inconveniente. La polinización es el proceso más costoso en este Proyecto y el que insume mayor cantidad de horas de trabajo manual. Como resultado del proyecto, hay suficiente cantidad de semilla disponible en el Banco Activo de Germoplasma nacional, para los programas de mejoramiento nacionales y suficiente semilla para custodia en



bancos internacionales. Se realizó la regeneración de 68 accesiones durante el primer ciclo del cultivo y se completó el número de accesiones (62) en la segunda estación de cultivo. La cantidad de semilla cosechada fue diferente entre las accesiones, con algunas que alcanzaron un volumen de más de 1 kg para envíos de duplicados de seguridad y otras en los que se obtuvo un volumen de 300 semillas únicamente.

3.2 Formación de recursos humanos:

Argentina:

Durante la campaña 2008/09 se formaron y capacitaron auxiliares que colaboraron en la regeneración en las localidades



de Cerrillos y Posta de Hornillos. Para ello se dictó, en Posta de Hornillos, una capacitación teórico-práctica sobre el cultivo a regenerar. En Cerrillos se colaboró con la polinización y se controló la correcta realización de la misma. En el resto de las campañas se asistió a los lotes de regeneración colaborando con la polinización y controlando la correcta realización de la misma. Además se

pudo constatar el severo ataque de insectos que ocasionó una elevada pérdida del stand de

plantas durante la campaña 2009/10 y el efecto de las condiciones climáticas desfavorables ocurridas durante la campaña 2010/ 11.

En mayo de 2010 se participó en carácter de organizadores y docentes en un curso de Postgrado dictado en Posta de Hornillos. En el mismo se presentaron entre otros temas, las actividades realizadas a través del proyecto. Este curso fue declarado de interés nacional por la Honorable Cámara de Diputados de la Nación, Expediente 1740-D-2010.

En noviembre de 2010 se asistió al IX Congreso Nacional de Maíz y Simposio Nacional de Sorgo siendo el Ing. Marcelo Ferrer, el presidente del mencionado Congreso y la Ing. Defacio la secretaria científica del mismo.

Se participó además del VII SIRGEALC (Chile 2009) y VIII SIRGEALC (Ecuador 2011) donde se efectuaron presentaciones que se detallan en el apartado de publicaciones.

Brasil:

Entre 2009 y 2011, fue posible la participación de los miembros del equipo del proyecto y presentación de resultados de investigación en las siguientes conferencias VII Sirgealc y 5º. *Congresso Brasileiro de Melhoramento de Plantas* en 2009, XXVIII *Congresso Nacional de Milho e Sorgo* e I *Congresso Brasileiro de Recursos Genéticos* en 2010 e 6º. *Congresso Brasileiro de Melhoramento de Plantas* en 2011.

Chile:

El Proyecto permitió la capacitación de un Ingeniero Agrónomo que colaboró en la ejecución del proyecto y facilitó la interacción de los profesionales del INIA con agricultores de la zona precordillerana del norte de Chile, dándose la oportunidad de mostrar el germoplasma de maíz conservado en los bancos del INIA y que actualmente no están presentes en la región. Además, permitió instruir al agricultor que nos colaboró en prácticas de manejo agronómico, riego y polinización.

Paraguay:

Se participó del DBGERMOWEB llevado a cabo en Montevideo, Uruguay los días 8 y 9 de noviembre del 2011.

Uruguay:

Uruguay participó en la capacitación del DBGERMOWEB llevado a cabo en Montevideo, Uruguay los días 8 y 9 de noviembre del 2011.

A partir de materiales regenerados en este proyecto, en la actualidad se está llevando a cabo una tesis de Maestría en Ciencias Agrarias “Análisis de la diversidad y estructura genética del germoplasma de maíz blanco dentado de Uruguay mediante microsatélites” por parte de la Lic. Bettina Porta Umpiérrez

3.3 Publicaciones:

Argentina:

- **Defacio, RA;** Cámara-Hernández, J; Schimpf, J; **Ferrer, ME;** Schlatter, AR. 2009. Situación de la variabilidad genética en poblaciones locales de maíz en la región de la Quebrada de Humahuaca (Jujuy, Argentina). VII SIRGEALC. Pucón, Chile. 28 – 30 de octubre. Pp 266-267.

- **Defacio, RA; Ferrer, ME;** Bramardi, SJ. 2009. Variabilidad de poblaciones locales de maíz (*Zea mays L.*) de textura de grano harinosa, originarias de la Provincia de Corrientes, Argentina. VII SIRGEALC. Pucón, Chile. 28 – 30 de octubre. Pp 265-266.

- **Ferrer, ME.** 2009. El aporte de las razas locales en el mejoramiento genético de maíz en Latinoamérica y el Caribe. VII SIRGEALC. Pucón, Chile. 28 – 30 de octubre. Pp 77-78.

Además el Ing. Ferrer realizó una disertación oral sobre este tema.

- Solaberrieta, N; **Defacio, R;** Cámara-Hernández, J; **Ferrer, M.** 2010. Cuantificación de la variabilidad agro-morfológica en variedades nativas de maíz originarias del noreste argentino. Actas del IX Congreso Nacional de Maíz y Simposio Nacional de Sorgo. 17 al 19 de noviembre. Rosario, Argentina. Pp. 375- 377.

- Iglesias, J; **Defacio, R;** Fernández, M; **Ferrer, M;** Presello, D. 2010. Poblaciones nativas de maíz como fuentes de resistencia a las principales especies causantes de podredumbres de espiga a campo y en poscosecha. Actas del IX Congreso Nacional de Maíz y Simposio Nacional de Sorgo. 17 al 19 de noviembre. Rosario, Argentina. Pp. 215-218.

- **Ferrer, ME; Defacio, RA.** 2010. Los recursos genéticos nativos de maíz: 40 años del Banco Activo de Germoplasma del INTA Pergamino. Actas del IX Congreso Nacional de Maíz y Simposio Nacional de Sorgo. 17 al 19 de noviembre. Rosario, Argentina. Pp 543- 545.

- **Ferrer, ME; Defacio, RA;** Lorea, R. 2010. Utilización de razas locales de maíz. Actas del IX Congreso Nacional de Maíz y Simposio Nacional de Sorgo. 17 al 19 de noviembre. Rosario, Argentina. Pp 546.

- Malagrina, G; **Defacio, R;** Roqueiro, G. 2010. Ultrasecado de semillas de tres razas de maíz (*Zea mays L.*): Aspectos fisiológicos y bioquímicos de su conservación. IX Congreso Nacional de Maíz y Simposio Nacional de sorgo. 17 al 19 de noviembre. Rosario, Argentina. Pp 95 – 96.

- **Defacio, R; Ferrer, M;** Jacquelin, L. 2011. Utilización de poblaciones de maíz Dulce en la Región Pampeana, Argentina. VIII SIRGEALC. 21 al 23 de noviembre. Quito, Ecuador.

- **Ferrer, ME; Defacio, RA.** 2011. Estado de la conservación de las razas locales de maíz en Argentina. VIII SIRGEALC. 21 al 23 de noviembre. Quito, Ecuador. **Además el Ing. Ferrer realizó una disertación oral sobre este tema.**

- Heck, MI; **Defacio, RA; Ferrer, ME;** Fariza, SI; Blaszcik, JA; De Lucia, AD; Trela, CA. 2011. Comparación entre la variabilidad conservada en el Banco de Germoplasma de maíz y

materiales utilizados actualmente en la provincia de Misiones, Argentina. VIII SIRGEALC. 21 al 23 de noviembre. Quito, Ecuador.

- Solaberrieta, N; **Defacio, R**; Cámara-Hernández J., Bramardi S. y **Ferrer M.** Uso de árboles aditivos para la clasificación de poblaciones nativas de maíz. 2011. VIII SIRGEALC. 21 al 23 de noviembre. Quito, Ecuador.

En todos los trabajos presentados se menciona la erosión genética y la pérdida de variabilidad que se dio en el país en la región pampeana y más recientemente en los valles de altura (Principalmente en “Situación de la variabilidad genética en poblaciones locales de maíz en la región de la Quebrada de Humahuaca, Jujuy, Argentina”). Además se hace hincapié en la importancia de conservar dicha variabilidad y lo complicado de la regeneración de esos materiales mencionando la contribución del proyecto.

Brasil:

Teixeria, FF; Costa, FM. 2010. Caracterização de recursos genéticos de Milho. Comunicado Técnico, n. 185. Embrapa Milho e Sorgo: Sete Lagoas, 10 p, <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/883797>>. Acesso em 24 fev. 2014.

Teixeira, FF; Oliveira, MS. 2012. Armazenamento de amostras do banco ativo de germoplasma de milho. Anais do II Congresso Brasileiro de Recursos Genéticos: Belem. <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/72418/1/Armazenamento-amostras.pdf>. Acesso em 28 out. 2014.

Chile:

Santonieri, D; Madrid, E; **Salazar, E**; Martinez, D; Bazile, L; Emperaire. 2011. Analyser les réseaux de circulation des ressources phylogénétiques: une voie pour renforcer les liens entre la conservation ex situ et locale, p. 78-80. En: Les Ressources Génétiques face aux nouveaux enjeux environnementaux, économiques et sociétaux, 20-22 septembre. Montpellier.

Paraguay: No se presentaron trabajos durante el trascurso del proyecto.

Uruguay:

Condón, F; Fassio, A. 2012. Partial Regeneration of the Uruguayan Maiz Collection (Oral presentation). GCDT Symposium, FAO, Rome, 17-19 April.

ACTIVIDADES QUE NO PUDIERON LLEVARSE A CABO

Argentina:

La principal actividad que no pudo ser completamente efectivizada fue la obtención de duplicados de seguridad de las 120 poblaciones originalmente planificadas para su envío al Banco Base y al CIMMYT. Tal como se expresó en los distintos informes, el esfuerzo de la regeneración tanto en la inversión de Recursos Humanos como Económicos, no se vio reflejada en la cantidad de semillas obtenidas, principalmente debido al estado crítico que presentaban muchas de las accesiones a ser regeneradas y a las condiciones ambientales desfavorables de la zona de regeneración. Esto implica que en próximas campañas se deberá continuar sembrando los materiales para incrementar el número de semillas hasta obtener la cantidad suficiente para conservar en el Banco Activo y para los duplicados de seguridad correspondientes. De esa manera se podrá cumplir con los compromisos asumidos en el presente proyecto. Por otro lado, debido a las grandes dificultades que se han presentado para regenerar las accesiones de altura, se han iniciado pruebas para determinar el efecto del fotoperíodo e inducir la floración en dichas poblaciones a fin de tratar de regenerarlas en condiciones controladas en zonas de clima templado y de baja altitud (Llames et ál. 2013).

La Resolución 226/10 de la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación de fecha abril de 2010, a pesar de ser posterior a la firma del "Compromiso Solemne", ha dificultado el intercambio de información y semillas con el exterior. Por dicho motivo las accesiones regeneradas hasta el presente no pudieron remitirse al CIMMYT.

Brasil:

Las actividades de regeneración y evaluación han podido ser realizadas en su totalidad. Sin embargo, de algunas accesiones se han cosechado poca cantidad de semillas. Las accesiones que tienen limitada cantidad de semillas se debe a que tienen baja performance en el campo, problemas de coincidencia en las floraciones o pequeña cantidad de semillas. Si bien estas accesiones fueron regeneradas y la cantidad de semillas de las mismas se incrementó, necesitan ser regeneradas nuevamente. Las accesiones que produjeron menos de 2 kg de semillas serán sembradas nuevamente hasta obtener una cantidad suficiente de semilla para mantener en stock adecuado.

Chile:

La regeneración y caracterización se llevaron a cabo según lo planificado en la propuesta inicial, pero debido a problemas climáticos, ocho materiales andinos no pudieron ser regenerados, perdiéndose, y en algunas accesiones la obtención de semillas no fue suficiente para el envío de duplicados. Se está buscando una zona menos riesgosa para volver a regenerarlos en la próxima temporada.

Paraguay:

Las actividades que no han sido completas fueron la regeneración de las 6 accesiones que fueron sembradas en el ciclo 2010/11 y que no han completado la cantidad de semilla suficiente, más las 7 accesiones que fueron sembradas por primera vez en el ciclo 2009/10 y vuelta a sembrar en 2010/10, sin lograr el éxito esperado en cantidad de semilla (> 3 kg)

Uruguay:

Ninguna actividad planificada quedó sin realizar.

Participantes

Institutos de Investigación Agrícola de PROCISUR: INTA, Argentina; EMBRAPA, Brasil; INIA, Chile; IPTA, Paraguay e INIA y la Facultad de Agronomía, Universidad de la República, Uruguay. Bolivia ha sido invitada directamente por el GCDT, por lo tanto no está incluido en este proyecto.

Coordinador del proyecto

Ana Berretta (Coordinadora REGENSUR)

Marcelo Ferrer (Coordinador técnico)

Instigador principal por país:

Argentina: Marcelo Ferrer / Raquel Defacio

Brasil: Flavia Franca Teixeira

Chile: Erika Salazar

Paraguay: Orlando Noldín

Uruguay: Federico Condón / Alberto Fassio

FINANCIACIÓN

El presente proyecto (Número de referencia: GSP09GAT1_1.2_03) se efectuó a través de un subsidio aportado por el *Global Crop Diversity Trust* (GCDT) a través del Fondo Mundial para la Diversidad de Cultivos, mediante el Plan de ayudas: Elevando el Valor de la Diversidad de Cultivos.

A fin de facilitar el manejo de los fondos que ascendieron a un total de U\$S 83,130, incluyendo gastos de administración, y de la remisión de los informes tanto técnicos y como financieros se acordó que los mismos fueran canalizados a través de la Plataforma de Recursos Genéticos del PROCISUR (REGENSUR). Por dicho motivo los fondos fueron remitidos por el GCDT a la sede del PROCISUR en Montevideo y desde allí se enviaban a los países.

El Proyecto tuvo una duración original de 23 meses, desde del 1 de mayo de 2009 hasta el 31 de marzo de 2011.

BIBLIOGRAFÍA

Abadie, T. y Berreta, A. 2005. Desarrollo de colecciones núcleo de maíz en el cono sur de América latina: Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Paraguay y Uruguay. Uruguay

Abadie, T; Berretta, A; Fassio, A; Ozer Ami, H; Malosetti, M. 1996. Informe a la Reunión final del Proyecto LAMP. INIA-Facultad de Agronomía. México.

Álvarez, G; Machado, V; Frutos E; Maiola, C. 1983. Catálogo de Recursos Genéticos de Maíz de Sudamérica - Paraguay. A EERA Pergamino INTA – CIRF, Pergamino (Argentina).

Ávila, G; Guzmán, L; Céspedes, M. 1998. Catálogo de recursos genéticos de maíces bolivianos conservados en el banco de germoplasma del Centro de Investigaciones Fitoecogenéticas de Pairumani. Centro de Investigaciones Fitoecogenéticas de Pairumani. Cochabamba, Bolivia. 208 pp.

Ávila, G; Rojas A; Frutos, E; Maiola, C. 1983. Catálogo de Recursos Genéticos de Maíz de Sudamérica - Bolivia. EERA Pergamino INTA – CIRF, Pergamino (Argentina).

Brown, AHD; Brubaker, CL; Grace, JP. 1997. Regeneration of Germplasm: Wild versus Cultivated Plant Species. *Crop Science* 37, 7-13.

Campbell, MR; Anih, E; Conatser, C; Grau-Saavedra, B; Pollak, LM. 2006. Development of a core subset of Chilean lowland subtropical and temperate maize (*Zea mays* L.) populations using near infrared transmittance spectroscopy. *PGR Newsletter* 148: 1-9.

CIMMYT/IBPRG, 1991. Descriptors for Maize. International Maize and Wheat Improvement Center, Mexico City/international Board for Plant Genetic Resources, Rome.

Clark, RL; Shands, HL; Bretting, PK; Eberhart, SA. 1997. Germplasm regeneration: developments in population genetics and their implications. *Crop Science* 37 (1), 1-6.

De María, F; Fernández, GM; Zoppolo, JC. 1979. Caracterización agronómica y clasificación racial de las muestras de maíz coleccionadas en Uruguay bajo el proyecto I.B.P.G.R (International Board for Plant Genetic Resources). Tesis 1257. Facultad de Agronomía.

Dirección General de Agricultura. 1950. Siete años de investigación agrícola. Memoria del ex – departamento de genética y fitotecnia: 1940-1947. Santiago, Chile. 342 p.

Doebly, J. 1990. Molecular Evidence and the Evolution of Maize *Economic Botany*, Vol. 44(3):6-27 Supplement: New Perspectives on the Origin and Evolution of New World Domesticated Plants.

Eyhérabide, GH; Lorea, RD; Delucchi, C; López, CG; Ferrer, ME; Presello, DA; Defacio, RA. 2005. Evaluación del potencial de variedades nativas de maíz como recurso para el mejoramiento de un cruzamiento entre líneas duras coloradas. En: VIII Congreso Nacional de Maíz. 16 – 18 de noviembre. Rosario, Santa Fe (AR). P. 354-357.

FAO/IPGRI. 1994. Normas para el funcionamiento de Bancos de Germoplasma. Roma. Italia.

FAO, 1998. The state of the world's plant genetic resources. Rome. Italy. ISBN 92-5-104073-7.

Feldman, R; Silva, J. 1984. Catálogo de germoplasma de milho, *Zea mays*. L. EMBRAPA CENARGEN, Brasilia DF. 111p.

Fernández, G; Frutos, E; Mamola, C. 1983. Catálogo de Recursos Genéticos de Maíz de Sudamérica-Uruguay. E.E.R.A. – Pergamino INTA CIRF. Pergamino, Argentina.

- Ferrer, ME; Hourquescos, MJ; Borrás, FS; Solari LR. 1994. Caracterización de germoplasma de maíz a través de RP-HPLC. VI Congreso Latinoamericano de Botánica. Mar del Plata.
- Ferrer, ME. 2012. Los Recursos Genéticos de Maíz. Pp 107-124. En: Bases para el manejo del cultivo del maíz. Compilador/editor: Guillermo H. Eyherabide – Buenos Aires: Ediciones INTA 2012. 297 p. ISBN: 978-987-679-141-0
- Fuentes, ZJ; Ciudad, BC. 1974. Contenido de proteína y lisina de algunos maíces Chocleros Chilenos (*Zea mays* L). Agricultura Técnica 34: 36–38.
- Galinat, WC. 1979. Botany and origin of maize. In Maize. CIBA-GEIGY AGROCHEMICALS. Technical Monograph. CIBA-GEIGY Ltd., Basle, Switzerland. pp 6-12.
- González-Muñoz, A; Quesille-Villalobos, AM; Fuentealba, C; Shetty, C; Gálvez- Ranilla L. 2013. Potential of Chilean native corn (*Zea mays* L.) accessions as natural sources of phenolic antioxidants and in vitro bioactivity for hyperglycemia and hypertension management Journal of Agricultural and Food Chemistry
- Goodman, MM. 1990. Genetic and germplasm stocks worth conserving, Journal of Heredity 81, 11-16.
- Gutiérrez, L; Franco, J; Crossa, J; Abadie T. 2003. Comparing a Preliminary Racial Classification with a Numerical Classification of the Maize Landraces of Uruguay. Crop Science 43: 2: 718-727.
- Hanelt, P. 2001. Mansfeld's Encyclopedia of Agricultural and Horticultural Crops. (Eds) Institute of Pant Genetics and Crop Plant Research. 3645 p. 191 fig. Geb. ISBN: 3-540-41017-1.
- Hawkes, JG. 1979. La conservación de los Recursos Genéticos Vegetales, Fitotécnia Latinoamericana, Vol. 11 N° 1 Pag. 59–65.
- Iglesias, J. 2008. Potencial de germoplasma nativo de maíz como donante de genes de resistencia a Fusarium asociado a bajo contenido de micotoxinas. Tesis de maestría en genética Vegetal. INTA-UNR. Pp. 65.
- Incógnito, JP; Eyherabide, GH; Bertoia, LM; López, CG. 2013. Breeding Potential of Elite Maize Landraces to Improve Forage Yield and Quality of Two Heterotic Patterns. Crop Sci. 53:1–11.
- ISTA. 2008. Internacional Rules for Seed Testing. Edition 2008/1. Internacional Seed Testing Association, Zurich. Switzerland.
- Klopfensteina, TJ; Erickson, GE; Berger, LL. 2012. Maize is critically important source of food, energy and forage in the USA. Field Crops Res.
- Llanes, MS; Perovich, RA; Defacio, RA; Ferrer, ME. 2013. Regeneración de poblaciones de maíz procedentes de la región andina en zonas de baja altitud mediante la reducción del fotoperíodo. IX SIRGEALC. CENTA. Sonsonate (El Salvador). 25-27 de noviembre.
- López, CG; Eyherabide, GH; Delucchi, C; Percibaldi, NM; Castellarín, J; Pedrol, H; Borrás, F. 2005. Selección de poblaciones locales de maíz como fuente de alelos favorables para el mejoramiento del peso hectolítrico y la relación de molienda en un híbrido flint x dentado. En: VIII Congreso Nacional de Maíz. 16 – 18 de noviembre. Rosario, Santa Fe (AR). p. 358-363.
- López-Ubiria, I; Suso, MJ; Moreno, MT. 1999. Estimation of outcrossing and contamination rates in a germplasm regeneration field of bean (*Vicia faba* L.), Plant Genetic Resources Newsletter 120, 15-19.
- Luna, J; Kugler, W; Godoy, E; Mazzoni, L. 1964. Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería, dirigida por L. Parodi. Maíz. p. 553-589.

- Luna, JT; Safont Lis J. 1978. El maíz en la Argentina. Vulnerabilidad y recursos genéticos. Ciencia e investigación, tomo 34, nº 3-4-5-6: 83-90.
- Matsuoka, Y; Vigouroux, Y; Goodman, MM; Sanchez, J; Buckler, E; Doebley, J. 2002. A single domestication for maize shown by multilocus microsatellite genotyping. Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A. 99, 6080–6084
- Malosetti, M; Abadie, T. 2001. Sampling strategy to develop a core collection of Uruguayan maize landraces based on morphological traits. Genet. Resourc. Crop Evol. 48:381–390
- Malosetti, M; Capdevielle, F; Branda, A; Abadie, T; Condón, F. 1999. Evaluación molecular de la regeneración de la colección uruguaya de maíz Montevideo (Uruguay): IICAPROCISUR. p. 79-82 (IICA PROCISUR Diálogo: 55)
- Pantuso, F. 2002. Determinación de la eficiencia de los métodos de regeneración de maíz (*Zea mays* L.) para su conservación en Bancos de Germoplasma. Tesis de maestría en Producción vegetal. INTA-UBA. Pp 86.
- Pantuso, F; Ferrer, M. 2007. Evaluación de la eficiencia de los métodos de regeneración para poblaciones de maíz en Bancos de Germoplasma. In Avances de Investigación en Recursos Genéticos en el Cono Sur II. REGENSUR. PROCISUR, Montevideo, Uruguay, pp 77-85. Online at: <http://www.procisur.org.uy/data/documentos/145050.pdf>
- Paratori, O; Sbarbaro, H; Villegas, C. 1990. Catálogo de recursos genéticos de maíz de Chile. Boletín Técnico 165. INIA. Santiago, Chile.
- Piperno, DR; Ranere, AJ; Holst, I; Iriarte, J; Duckau, R. 2009. Starch grain and phytolith evidence for early ninth millennium B.P. maize from the Central Balsas River Valley, Mexico. PNAS 106 (13):5019-5024.
- Presello, D; Ferrer, M; Solari, L; Céliz, A. 1996. Resistencia al virus del Mal de Río Cuarto en variedades locales argentinas de maíz. RIA 27:19-26.
- Presello, DA; Iglesias, J; Botta, G; Reid, LM; Lori, GA; Eyhéabide, GH. 2006. Stability of Maize Resistance to the Ear Rots Caused by *Fusarium graminearum* and *F. verticillioides* in Argentinian and Canadian Environment. Euphytica 147:403-407.
- PROCIM. 1999. Caracterización y Desarrollo de Tipos Especiales de Germoplasma de Maíz para Uso Industrial. Informe Final Proyecto INTA 80:017. EEA Pergamino.
- Pollak, LM. 2002. The history and success of the public-private project on germplasm enhancement of maize (GEM). Advances in Agronomy 78: 45–87.
- Rao, KN; Hanson, J; Ehsan Dufloo, M; Ghosh, K; Novell, D; Laringe, M. 2007. Manual para el manejo de semillas en bancos de Germoplasma. Manuales para bancos de Germoplasma nº 8. Bioversity International, Roma, Italia. Pp.165. [http://www.bioversityinternational.org/uploads/tx_news/Manual para el manejo de semilla s en bancos de germoplasma 1261_01.pdf](http://www.bioversityinternational.org/uploads/tx_news/Manual_para_el_manejo_de_semilla_s_en_bancos_de_germoplasma_1261_01.pdf).
- Robutti, J L; Borrás, FS; Ferrer, ME. 1997. Agrupamiento racial del maíz por quimiometría de RP-HPLC de zeínas. VI Congreso Argentino de Maíz. 12-14 de noviembre de 1997.
- Robutti, J L; Borrás, FS; Ferrer ME; Bietz, G. 2000. "Grouping and Identification of Argentine Maize Races by Chemometric Analysis of Zein RP-HPLC Data". Cereal Chemistry. 77 (2):91-95.

- Roos, EE. 1984. Genetic shifts in mixed bean populations. II Effects of regeneration. *Crop Science* 24, 711-715.
- Salhuana, W; Frutos, E; Solari, L; Safont Lis, J; Marta, L; Luna J; Van Becelaere R; Damilano A. 1979. Catálogo de recursos genéticos de maíz. INTA EEA Pergamino (Argentina).
- Salhuana, W; Machado, V. 1999. Razas de maíz en Paraguay, Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Programa de Investigación en maíz del Ministerio de Agricultura y Ganadería, publicación 25.
- Salhuana, W; Pollak, LM; Ferrer, M; Paratori, O; Vivo, G. 1998. Breeding potential of maize accessions from Argentina, Chile, USA and Uruguay. *Crop Sci.* 38:866-872.
- Salhuana, W; Pollak LM. 2006. Latin American Maize Project (LAMP) and Germplasm Enhancement of Maize (GEM) Project: Generating useful breeding germplasm. *Maydica* 51: 339-355.
- Satorre, EH; Benech Arnold, LR; Slafer, GA; De la Fuente, EB; Miralles, DJ; Otegui, ME; Savin, R. 2003. Producción de granos. Bases funcionales para su manejo.
- Sawazaki, E; Paterniani, MEAGZ. 2004. Evolução das cultivares de milho no Brasil. In: Galvão, J. C. C.; Miranda, G. V. (Eds.) *Tecnologias de Produção do Milho*. Viçosa, UFV. P. 55-84.
- Seetharaman, K; Tziotis, A; Borrás, F; White P; Ferrer M; Robutti, J. 2001. Thermal and Functional Characterization of Starch from Argentinean Corn. *Cereal Chemistry* 78(4):379-386 (2001).
- Solari, L; Safont, J; Frutos, E; Maiola, C. 1983. Catálogo de recursos genéticos de maíz de Sudamérica. INTA, EERA Pergamino.
- Solari, LR; Gómez, SG. 1997. Catálogo de germoplasma de maíz - Argentina. Instituto Agronomico per l'Oltremare, ed. Firenze (Italy) 303 pp.
- Solari, L; Gómez, S. 2007. IV Catálogo de germoplasma de maíz. Buenos Aires: INTA 78p.:il. + 1 CD-ROM. ISBN: 978-987-521-293-0.
- Taba, S; Twumasi-Afryie, S. 2008. Regeneration guidelines: maize. In: Dulloo ME; Thormann, I; Jorge, MA; Hanson, J, editors. *Crop specific regeneration guidelines [CDROM]*. CGIAR System-wide Genetic Resource Programme, Rome, Italy. 10 pp.
- Teixeira, FF; Oliveira de Souza, B; Vilela de Andrade, R; Padilha, L. 2005. Comunicado Técnico 113 http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/publica/2005/comunicado/Com_113.pdf
- Teixeira, FF; Costa; FM. 2010. Caracterização de recursos genéticos de Milho. Comunicado Técnico, n. 185. Embrapa Milho e Sorgo: Sete Lagoas, 10 p., <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/883797> . Acesso em 24 fev. 2014.
- Teixeira, FF; Gomide, RL; Albuquerque, PEP; Andrade, CTL; Leite, CEP; Parentoni, SN; Guimarães, PEO; Guimarães, LJM; Silva, AR; Bastos, EA; Cardoso, M. J. 2010. Evaluation of maize core collection for drought tolerance. *Crop Breeding and Applied Biothnology* 10, 312-320.
- Teixeira, FF; Costa, FM; Sabato, E de O; Leite, CEP; Meirelles, WF; Guimaraes, CT; Belicuas, SN. J. 2013. Pré-melhoramento de milho quanto à resistência a enfezamentos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 48, n. 1, p. 51-58, jan.
- Troyer, AF, 2006. Adaptedness and Heterosis in Corn and Mule Hybrids. *Crop Sci.* 46:528-543.
- USDA, 2014. <http://usda.gov/oce/commodity/wasde/latest.pdf>

Vidal, R; Bellenda, F; Estramil, E; Fernandez, G; Lafluf, P; Olveira, M; Ozer Ami, H; Vivo, G. 2009. Obtención de una Variedad de Polinización Abierta de maíz exitosa a partir germoplasma local. VII Simposio de Recursos Genéticos para América Latina y el Caribe. Proceeding I: 497- 498

Vilaró, M. 2011. Estudio de la diversidad genética de colecciones de Maíz (*Zea mays* L.) del Cono Sur de América. Tesis: disertación, Magister en Ciencias Ambientales. Facultad de Ciencias, Universidad de la República, Montevideo. Available at <http://ambiente.fcien.edu.uy/tesis/Tesis%20M%20Vilaro%2019-9-11.pdf> accessed 29 Jan 2015