

Evaluación de características agronómicas y de calidad de poblaciones locales de maíz reventador

Tesina del alumno

Raúl Adalberto Perovich

Este trabajo ha sido presentado como requisito
para la obtención del título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

Carrera: Ingeniería Agronómica

Escuela de Ciencias Agrarias, Naturales y Ambientales.

Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires.

Lugar.....a los.....días de..... del.....

Evaluación de características agronómicas y de calidad de poblaciones locales de maíz reventador

Alumno:

Raúl Adalberto Perovich

Directora y co-director:

Ing. Agr. (Mg.) Raquel Defacio

Ing. Agr. (MSc.) Roberto Lorea

Escuela de Ciencias Agrarias, Naturales y Ambientales.

Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires.

ECANA, Mayo 2015.

Evaluación de características agronómicas y de calidad de poblaciones locales de maíz reventador

Tesina del alumno

Raúl Adalberto Perovich

Aprobado por el tribunal evaluador

.....

.....

.....

.....
Ing. Agr. Mg. Raquel Defacio.

Directora.

.....
Ing. Agr. MSc. Roberto Lorea

Co- director.

.....
Raúl A. Perovich.

Alumno.

Escuela de Ciencias Agrarias, Naturales y Ambientales,

Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires.

ECANA, Mayo 2015.

Agradecimientos:

Detrás de este trabajo hay un camino largo, ya recorrido, y el esfuerzo y cariño de muchas personas a quienes quiero agradecer.

En primer lugar, quiero agradecer a mis padres: Mabel y Raúl, quienes me han dado su apoyo incondicional para poder llevar a cabo mis estudios. A mis hermanas que me daban las fuerzas necesarias ante cada parcial o final.

A la familia Pastore (Eduardo, Emma, Guillermo y Florencia), que desde el primer momento que llegué a Pergamino me abrieron las puertas de su casa y me hicieron sentir parte de la familia.

A mi directora de tesis, Raquel Defacio, quien confió en mí para llevar adelante este trabajo y me guió en cada paso, desde la implantación del ensayo, hasta la conclusión del trabajo hoy presentado.

Al co-director, Roberto Lorea, quien en momentos de incertidumbres me supo orientar en cómo seguir adelante y cómo focalizarme en cada etapa.

Al grupo de trabajo: Lorena, Fabián y Carlos, por haberme integrado, ayudado y enseñado lo necesario para llevar adelante el trabajo de campo, permitiendo que el mismo llegara a fin con éxitos.

Por último me gustaría agradecer a todos mis compañeros y amigos de la facultad por los días de estudios y recreación. A los profesores de la carrera quienes ponen un gran empeño día a día para transmitir sus conocimientos y a la UNNOBA, por permitirme estudiar esta carrera en la zona núcleo de la agricultura.

Índice

RESUMEN.....	6
INTRODUCCIÓN.....	7
OBJETIVOS.....	16
HIPÓTESIS	16
MATERIALES Y MÉTODOS.....	17
RESULTADOS	24
DISCUSIÓN	33
CONCLUSIONES	45
BIBLIOGRAFÍA.....	46
ANEXOS.....	52

Resumen

El maíz reventador es de importancia a nivel mundial porque se utiliza para consumo humano. Resulta fundamental la medición de su calidad, la cual se realiza a través del volumen de expansión y el número de granos sin estallar. Se evaluaron 40 poblaciones locales de maíces reventadores originarios de distintas provincias de Argentina, conservados en el Banco Activo de Germoplasma de la EEA INTA Pergamino, de las razas Pisingallo, Perlita y Avatí Pichinga. Se utilizaron como testigo PoraINTA, Picasú y un híbrido experimental. El ensayo se llevó a cabo en la EEA de INTA Pergamino bajo un diseño experimental con dos repeticiones. La unidad experimental consistió en dos surcos distanciados entre sí a 0,7 metros, con una longitud de cinco metros y densidad de siembra igual a 71.500 plantas/ hectárea. Se midieron variables fenológicas, morfológicas, agronómicas y de calidad. Sobre dichas variables se aplicaron medidas resúmenes y un Análisis de Componentes Principales, con las cuales se determinó que las poblaciones evaluadas presentaban variabilidad genética para dichas variables. Algunas de estas poblaciones presentan características diferenciales promisorias que justifican su ingreso al programa de mejoramiento genético.

Introducción

El maíz (*Zea mays* L.) es una espermatofita perteneciente a la Familia *Gramineae* (*Poaceae*). A esta familia se le atribuyen diferentes nombres vulgares tales como pastos, gramillas, cañas, cereales, zacates (México). Dentro de ella, este cereal se ubica en la Subfamilia *Panicoideas* debido a que la articulación del ráquis con la espiguilla está por debajo de las glumas, por lo que éstas no son persistentes. Por tener flores diclino-monoicas, se lo incluye en la Tribu *Maídeas* (Corcuera, 2012).

El maíz pisingallo (*Zea mays* L. var. *everta*) es probablemente uno de los primeros maíces en ser cultivados. Existen hallazgos arqueológicos en el valle de Nuevo México que datan de 4.000 años y que además confirman que, al igual que en la actualidad, esos antiguos agricultores también lo utilizaban para producir rosetas de maíz (Severini, 2006). El primer híbrido de palomitas de maíz, para la producción comercial, fue lanzado en 1934 por la Estación Experimental Agrícola de Minnesota y fue llamado Minhybrid 250. Fue desarrollado por H.K. Hayes e I.J. Johnson, adaptado sólo al extremo norte de la zona maicera de Estados Unidos y no fue ampliamente utilizado por los productores comerciales. Híbridos liberados en la década de 1940 por las Estaciones Experimentales de Indiana y Kansas tuvieron adaptación a la zona central de Estados Unidos conocida como el cinturón maicero (Hallauer, 2001).

El maíz pisingallo surge como una alternativa a la producción de maíces dentados o semidentados, dada la similitud en cuanto a los requerimientos entre ambos. A pesar de esto, la planta de maíz pisingallo es frecuentemente más pequeña que la de los maíces dentados (menos área foliar por planta, menor altura de planta, menor diámetro de caña), (Fig. 1) y por ello es común que los cultivos de maíz pisingallo se siembren a mayor densidad

de plantas, (e.g. 25% mayor que la recomendada para maíces convencionales; Ziegler, 2001).

Figura 1: Comparación de la forma y tamaño de plantas de maíz dentado y pisingallo. Extraído de Ziegler (2001).



Es un cultivo de ciclo estival, se siembra a mediados de Septiembre - principio de Octubre, ya que necesita una temperatura base, alrededor de los 8°C según el genotipo (Satorre *et al.*, 2003), cosechándose a fines de febrero - primeros días de Marzo, por lo que su ciclo fenológico coincide con el de otras especies como soja, girasol y sorgo.

Estados Unidos es el mayor productor mundial, con una producción de 400 a 450 mil toneladas, utilizando el 90 % para satisfacer las necesidades del mercado interno. Argentina se posiciona en segundo lugar, con una producción de 300 mil toneladas, de las cuales el 90% se exporta (CAMPI, 2010), representando para el año 2010 un ingreso de divisas de 74 millones de dólares.

De 420 mil toneladas exportadas a nivel mundial, Argentina satisface el 55% de la demanda, convirtiéndose de esta manera en el principal exportador de maíz pisingallo (cuadro 1).

Cuadro 1: Nómina de países exportadores de maíz pisingallo a nivel mundial y toneladas exportadas por cada uno de ellos.

País	Toneladas exportadas
Argentina	230.000
EE.UU.	120.000
Francia	20.000
Sudáfrica	15.000
Hungría	10.000
Otros	5.000
EXPORTACIONES TOTALES	420.000

Fuente: CAMPI, 2010.

Este tipo de maíz es de importancia a nivel mundial porque se utiliza para consumo humano, ya sea, preparándolo en forma casera o como producto industrial. En Argentina su consumo típico es en lugares públicos o de esparcimientos, con un consumo de 0,625 kg por habitante al año (CAMPI, 2010).

Por el uso que se le da a este tipo de maíz, resulta de importancia la medición de su calidad comercial, la cual se realiza a través de la determinación del volumen de expansión y el porcentaje de granos sin estallar. El volumen de expansión es una cualidad muy importante para el mercado, ya que los comerciantes de palomitas de maíz compran en peso y venden en volumen (Ceylan y Karababa, 2002). Como el volumen de expansión toma tal importancia, Siphiwokuhle Shandu (2012), considera que una segunda oportunidad a los granos para que estallen aumenta el porcentaje de expansión, reduciendo el número de

granos sin estallar y aumentado así su volumen. Además, Singh *et al.* (1997) manifiestan que granos no explotados no son deseables ya que no contribuyen al volumen final. Por otro lado, según Süleyman y Alper (2007), el alto volumen por una elevada proporción de expansión se asocia con un aumento de sabor y ternura en la semilla.

La capacidad del maíz pisingallo para estallar radica en el hecho de que los granos contienen una pequeña cantidad de agua almacenada circundada de almidón blando, dentro de la dura cubierta externa, el pericarpio. Cuando se calienta, el agua se expande creando una presión dentro, hasta que finalmente la cubierta cede, el agua se escapa en forma de vapor y los granos estallan. La capacidad de expansión depende de muchos factores tales como el tamaño, el peso de 1000 granos, peso específico, contenido de humedad y el genotipo (Süleyman y Alper, 2007), como también de las condiciones en la que se encuentra el pericarpio (Hallauer, 2001). La expansión, considerada como unidad de volumen de grano expandido en cm^3 sobre peso de granos en gramo, es el factor comercial de mayor importancia en la determinación del precio del producto. En el cuadro 2, se presenta la clasificación que hace la industria para esta característica, junto con el parámetro de K/10 y humedad del grano. Es válido aclarar que K/10 es un parámetro comercial muy utilizado en el tamaño del grano, considerándolo como la cantidad de granos en 10 gr (Kukla, 2013).

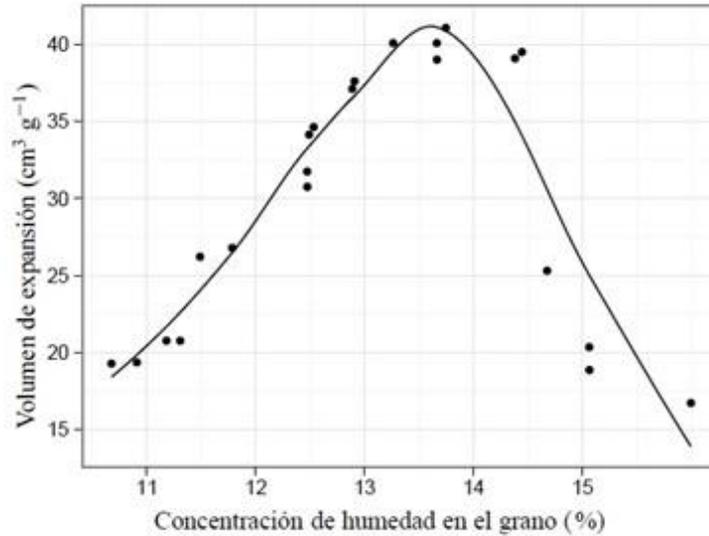
Cuadro 2: Especificaciones de calidad comercial para maíz pisingallo.

Tipo	Expansión (cm ³ /g)	K/10 (granos/10 gr)	Humedad
Standard	38-40	60/70	13-14%
Regular	40-42	60/70	13-14%
Super	42-44	60/70	13-14%
Extra	44-46	60/73	13-14%
Premium	46+	60/73	13-14%

Fuente: Pop Argentina S.A. extraído de Kukla (2013)

En cuanto a la humedad del grano, su relación con el volumen de expansión es óptimo con valores entre 13,5 y 14% (Ziegler, 2001) (Fig. 2). Con concentraciones de humedad menores, posiblemente sea la presión de vapor interna la que no alcanza el nivel necesario para formar grandes copos (Severini, 2006). Con concentraciones de humedad mayores, Shimoni *et al.* (2002) proponen que el pericarpio adopta una consistencia plástica disminuyendo la presión crítica a la cual el mismo se rompe, bajando con ello el volumen de expansión.

Figura 2: Relación entre el volumen de expansión y la humedad de grano en el híbrido de maíz pisingallo 43449 (liberado con el nombre P405). Extraído de Ziegler (2001).



Las mejoras genéticas en el maíz pisingallo han sido más lentas que en maíz dentado. Esto se debe a que además de las características agronómicas, tales como el rendimiento, la fuerza del tallo y resistencia a enfermedades e insectos, los mejoradores deben tener en cuenta las características de calidad como la capacidad de expansión, la ruptura del pericarpio, sabores desagradables, la textura y la terneza de los copos (Erazo-Barradas, 2009; Hallauer, 2001).

Evaluaciones realizadas por Maxted *et al.* (1997) en Londres muestran que las razas nativas de maíz presentan mayor variación genética respecto a las razas modernas, las cuales son genéticamente más uniformes, así como la mejor adaptación al medio natural y antropológico en el que han evolucionado. Lucchin *et al.* (2003) consideran que la información sobre rasgos morfológicos, cualitativos y cuantitativos de las poblaciones locales de maíz existentes, pueden ser útiles en la preservación de la erosión genética y pueden contribuir al aumento de la variabilidad en los programas de mejoramiento, siendo una fuente potencial de nuevos genes.

Desde la aparición de los híbridos comerciales, las poblaciones nativas han sido desplazadas por variedades más rendidoras pero muy uniformes desde el punto de vista genético. Con el propósito de preservar la variabilidad genética de las poblaciones locales de Argentina, el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) implementó desde 1988 una Red de Bancos de Germoplasma, que está integrado por un Banco Base, 9 Bancos Activos y 11 Colecciones, que conservan el 94% del germoplasma que se encuentra en el ámbito público (Clausen *et al.*, 2008). El Banco Activo Pergamino del INTA (BAP) es el responsable de la colección de maíz, conserva 2.549 poblaciones locales originarias de Argentina (Defacio *et al.*, 2012), las cuales fueron colectadas desde la década de 1950 (Luna y Safont Lis, 1978).

Las colecciones conservadas en los Bancos de Germoplasma presentan una importancia relativa, ya que de ellas se pueden lograr nuevos cultivares, domesticar nuevas especies y desarrollar nuevos productos para el beneficio de las actividades productivas. Las colecciones deben proveer a los mejoradores de variabilidad genética para que ellos puedan responder a los nuevos desafíos planteados por los sistemas productivos. Por tal motivo se hace imprescindible conocer las características del germoplasma conservado (Abadie y Berretta, 2001). Con este propósito las colecciones deben ser caracterizadas y evaluadas, tareas que comprenden aspectos morfológicos, agronómicos, de tolerancia a estrés biótico, abiótico (Clausen *et al.*, 2008) y en el caso de maíz reventador, es condición fundamental la evaluación de su calidad.

Una vez que las poblaciones se han evaluado, la información obtenida debe ser organizada de manera tal que permita que los posibles usuarios puedan utilizarla (Bramardi, 2000). Para ello existen distintos tipos de análisis, aunque los análisis multivariados de

Cluster y de Componentes Principales (ACP) son los más empleados por los diferentes autores al evaluar poblaciones nativas de maíz.

El ACP y los gráficos conocidos como biplot son técnicas generalmente utilizadas para reducción de dimensiones. Dichas técnicas permiten examinar todos los datos en un espacio de menor dimensión que el espacio original de las variables (Balzarini *et al.*, 2008). Este es un método de orden y su origen se asocia a los trabajos de Pearson en 1901. A pesar de ello, tanto el primer desarrollo teórico como su nombre, surgen en una publicación de Hotelling en 1933. Esta técnica permite condensar la información que aportan las variables cuantitativas originales, en un menor número de nuevas variables que explican la mayor variabilidad total. Éstas no están correlacionadas entre sí y ayudan a establecer una estructura del agrupamiento de las poblaciones evaluadas. Dichas variables permiten con mayor facilidad estimar las diferencias observadas entre los genotipos (Crisci y López Armengol, 1983; Bramardi, 2000).

El Análisis de Cluster es un método de clasificación y sus bases, principios, procedimientos y reglas fueron descriptos por Sokal y Sneath en 1963 (Bramardi, 2000). Este análisis puede realizarse siguiendo técnicas de encadenamiento. Entre ellas se encuentra el cluster jerárquico aglomerativo en el cual, al comienzo, cada población conforma una unidad. A medida que el agrupamiento avanza, desplazándose a la derecha, el número de grupos va disminuyendo hasta conformar uno solo (Crisci y López Armengol, 1983; Bramardi, 2000).

Mediante el ACP, a partir de una matriz de correlaciones y Análisis de *Cluster* utilizando distancia euclídea y método de encadenamiento UPGMA (*Unweighhted Pair-Group Method using arithmetic Averages*) sobre los datos originales estandarizados, Gouesnard *et al.* (1997) pudieron distinguir cinco grupos sobre 262 poblaciones nativas evaluadas en

Francia. Utilizando las mismas técnicas multivariadas, Lucchin *et al.* (2003) ordenaron y clasificaron 20 poblaciones *flint* colectadas en Italia, y Ruiz de Galarreta y Álvarez (2001) evaluando caracteres de planta y ciclo detectaron siete grupos cuando clasificaron 100 poblaciones de maíz originarias de España. Defacio (2009), pudo definir la formación de 5 grupos al evaluar caracteres agronómicos y morfológicos de 145 variedades nativas de maíz originarias de la Provincia de Buenos Aires, conservadas en el BAP.

Objetivos

Objetivo general

Evaluar por sus características agronómicas y de calidad comercial poblaciones locales de maíz reventador, seleccionando aquellas con mejores cualidades para incorporarlas al programa de mejoramiento de maíz de INTA Pergamino.

Objetivos específicos

1. Registrar características fenológicas, morfológicas, agronómicas y de calidad de poblaciones locales de maíces reventadores, conservados en el BAP.
2. Agrupar a las poblaciones en base a su similitud por características fenológicas, morfológicas, agronómicas y de calidad.
3. Seleccionar el germoplasma de mejor comportamiento, de acuerdo a las características evaluadas, para incorporarlo al programa de mejoramiento.

Hipótesis

Las poblaciones locales de maíz reventador pueden aportar características favorables en cuanto al comportamiento agronómico y la calidad comercial a los programas de mejoramiento.

Materiales y Métodos

Se evaluaron 40 poblaciones de maíces reventadores de las razas Pisingallo, Perlita y Avatí Pichinga, originarias de distintas provincias de Argentina y conservados en el BAP de la EEA INTA Pergamino. En el cuadro 3 (anexos), se muestran los datos de raza y origen de cada una de las poblaciones utilizadas.

Como testigo se utilizaron dos poblaciones sintéticas mejoradas (PoraINTA y Picasú) y un híbrido experimental, todos desarrollados por el grupo de mejoramiento de Maíz de la EEA INTA – Pergamino.

El ensayo se llevó a cabo en la localidad de Pergamino, EEA INTA, la cual se caracteriza por poseer un suelo Argiudol típico con un horizonte superficial bien provisto de materia orgánica, buena estructura y un horizonte subsuperficial franco arcilloso limoso, presentando un buen drenaje y buena aptitud agrícola. (Carta de suelos de la República Argentina, 1972). El clima es templado húmedo con un promedio anual de precipitaciones que rondan los 950-1.000 mm y una temperatura anual media de 16-18°C. (Sección climatología, INTA Pergamino).

La experiencia llevada a cabo durante la campaña 2012/2013, fue realizada siguiendo un Diseño en Bloques Completos Aleatorizados (DBCA), con dos repeticiones.

La unidad experimental consistió en dos surcos distanciados entre sí a 0,7 metros y con una longitud de cinco metros, determinando de esta manera una superficie de siete metros². La separación entre plantas fue de 0,2 metros, quedando así a una densidad de siembra de 71.500 plantas/ hectárea.

Se realizó siembra directa sobre un rastrojo de soja el 13 de Noviembre del año 2012. Previamente se llevó a cabo un control de malezas, con la aplicación de tres litros de glifosato, cuatro litros de atrazina al 50 % y 600 cm³ de 2,4D. Posteriormente el control fue realizado manualmente.

El ensayo fue llevado a cabo en condiciones de secano, pero debido a la extrema sequía el mismo fue regado, por única vez, de forma individual por planta, permitiendo de esta manera que las mismas alcancen el momento de cosecha, la cual se realizó de forma manual.

Se evaluaron, según lo propuesto en la lista de descriptores del IPGRI (*International Plant Genetic Resource Intitute*) (CIMMYT/IBPGR, 1991), 21 variables que correspondieron a características agronómicas, fenológicas y morfológicas, y además, tres características de calidad comercial.

Las variables con sus respectivas unidades de medida se presentan en el cuadro 4.

Cuadro 4: Variables cuantitativas analizadas junto a su unidad de medida.

VARIABLES FENOLÓGICAS	MEDICIÓN
Grados días a floración masculina (GDUM).	Grados días (GDU).
Grados días a floración femenina (GDUF).	Grados días (GDU).
Sincronía entre floración masculina y femenina (ASI).	Grados días (GDU).
VARIABLES MORFOLÓGICAS	
Altura de inserción de mazorca (ALTMZ).	Centímetro (cm).
Altura de hoja bandera (ALTHB).	Centímetro (cm).
Altura de planta (ALTPL).	Centímetro (cm).
Número de hojas a espiga (NHESP).	Número.
Número de hojas total (NHTOTAL).	Número.
Largo de hoja (LHOJA).	Centímetro (cm).
Ancho de hoja (AHOJA).	Centímetro (cm).
Diámetro de tallo (DTALLO).	Milímetro (mm).
Longitud de mazorca (LMZ).	Centímetro (cm).
Diámetro de mazorca (DMZ).	Milímetros (mm).
Número de hileras de la mazorca (NHIL).	Número.
Granos por hilera de la mazorca (GRHIL).	Número.
Ancho de grano (AGR).	Milímetro (mm).
Largo de grano (LGR).	Milímetro (mm).
VARIABLES AGRONÓMICAS	
Porcentaje de plantas quebradas (PORQ).	Porcentaje (%).
Porcentaje de plantas volcadas (PORV).	Porcentaje (%).
Peso de 1.000 semillas (P1.000).	Gramos (gr).
Rendimiento (REND).	Kilogramos (Kg).
VARIABLES DE CALIDAD	
Porcentaje de expansión (POREXP).	Porcentaje (%).
Volumen de expansión (VEXP).	Centímetro cúbico.
Valor K.	N° granos/10gramos.

Los días a floración masculina y femenina se determinaron cuando el 50 por ciento de las plantas de cada parcela se encontraban liberando polen o presentaban estigmas visibles, respectivamente, contados desde la fecha de siembra del ensayo.

Los días fueron transformados a tiempo térmico (Unidades de grados días (GDU)) según Andrade *et al.* (1996).

$$GDU = \sum^n (T_{as} - T_b)$$

Donde: T_{as} = Temperatura media del aire.

T_b = Temperatura base, para el caso del maíz de zona templada se considera una temperatura de 8° centígrado.

n = número de días utilizados en la sumatoria (Σ).

La sincronía entre las floraciones femeninas y masculinas (ASI) se estimó como la diferencia entre los grados días a floración femenina (GDUF) y los grados días a floración masculina (GDUM).

La altura de planta (ALTPL) se consideró desde la base de la planta hasta el ápice de la panoja, mientras que la altura de mazorca (ALTMZ) y altura de la hoja bandera (ALTHB) se tomaron desde la base de la planta hasta la inserción de la mazorca superior y la hoja bandera, respectivamente. Se contabilizaron sobre la planta los números de hojas hasta la espiga superior (NHESP) y totales (NHTOTAL).

El largo de hoja (LHOJA) se tomó siguiendo la nervadura central de la lámina, mientras que el ancho (AHOJA) se midió en la zona media de la misma. Dichas mediciones

fueron tomadas sobre la hoja de la espiga. En cuanto al diámetro del tallo (DTALLO) se tomó en la zona basal de la planta a la altura del segundo entrenudo.

Todas las mediciones detalladas anteriormente, se registraron cuando la parcela alcanzó el estado de grano lechoso, evaluándose diez plantas en competencia perfecta tomadas al azar, utilizando el promedio obtenido de las mismas para realizar los análisis estadísticos.

Las variables agronómicas porcentaje de plantas quebradas (PORQ) y volcadas (PORV), fueron evaluadas sobre la parcela en su totalidad previo a la cosecha, calculando la relación entre el número de plantas quebradas y volcadas respectivamente, y el número total de plantas.

Para registrar las variables morfológicas de mazorca y grano se cosechó la totalidad de la parcela. Sobre diez mazorcas de cada parcela, tomadas al azar, se realizaron las evaluaciones de las variables; longitud de mazorca (LMZ), diámetro de mazorca (DMZ), número de hileras de la mazorca (NHIL) y granos por hilera de la mazorca (GRHIL). El LMZ fue tomado con una regla desde la inserción del pedúnculo con la espiga, hasta su extremo superior. El DMZ se tomó con un calibre en la zona media de la misma, y el NHIL y GRHIL fueron contabilizados directamente sobre la espiga.

En cuanto a las mediciones sobre el grano, las mismas se realizaron tomando un grano al azar en la zona media de cada una de las mazorcas evaluadas, totalizando diez granos por parcela. Se registraron el ancho (AGR) y el largo del grano (LGR). En cada una de las variables correspondientes a mazorca y granos, se realizó el promedio de las mediciones, para poder realizar con los mismos los análisis estadísticos.

La totalidad de las espigas cosechadas de cada parcela fueron trilladas y sobre los granos obtenidos se determinaron las variables agronómicas; peso de 1.000 semillas (P1.000) y rendimiento (REND). El P1.000 se obtuvo contabilizando en forma manual 1.000 granos y registrando posteriormente su peso con una balanza electrónica. El REND se calculó con el peso total de la parcela trillada, corregido en base a un porcentaje de humedad del 15 % y se expresó en kg/Ha; utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{REND (Kg /ha)} = [\text{Peso de grano} \times 1.428,57 \times (100 - \text{humedad})/85]/1.000.$$

Una vez finalizado el registro de los datos morfo-agronómicos, las muestras cosechadas se colocaron en cámaras de frío con una temperatura de $(8 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C})$ durante 60 días para estabilizar la humedad del grano entre 13% y 14,5 % (Gaset, 2014). Una vez estabilizada la humedad del grano se registraron las variables de calidad. Para realizar la expansión, las muestras se pasaron previamente por una zaranda de 4,5 milímetros. Luego, se tomó el K10. Esos granos fueron utilizados para la expansión, la cual fue llevada a cabo con “pochocleras comerciales” (marca Morris) a base de aire caliente por convección.

El protocolo para la expansión consistió, primero en calentar las máquinas con una muestra de grano comercial, igualando de este modo las condiciones de todos los materiales a estallar. Luego las muestras tomadas al azar se pusieron a explotar durante un tiempo que varió entre 90 y 120 segundos, se le dio una segunda oportunidad de expansión a todos aquellos granos que no lo hicieron en la primera pasada, durante un tiempo aproximado de 40-60 segundos adicionales. Al finalizar dicho proceso, se contaron aquellos granos que no explotaron para poder calcular el porcentaje de expansión, considerado como la relación entre los granos expandidos de aquellos que no lo hicieron. Posteriormente el material

expandido fue vertido en una probeta de 1.000 milímetros, para poder determinar su volumen y luego convertir dichos valores a cm^3 .

Para todas las variables evaluadas, se calcularon los valores medios, extremos, coeficiente de variación y desvío estándar. Además, para evaluar la variabilidad genética y agrupar a las poblaciones en base a su similitud, se realizó con todas las variables evaluadas un Análisis de Componentes Principales (ACP). El mismo se basó en la matriz de correlaciones de los datos originales estandarizados. Los resultados obtenidos se representaron en un gráfico bidimensional para su interpretación visual.

Una vez evaluada la variabilidad con la totalidad de variables registradas, se realizó un nuevo ACP utilizando solamente aquellas de interés para el mejorador del cultivo (GDUF, ASI, ALTPL, PORQ, PORV, LMZ, DMZ, NHIL, REND, VALOR K, % EXP y VOL). Esto permitirá seleccionar las poblaciones que reúnan caracteres que beneficien a los programas de mejoramiento de maíz reventador.

Otra técnica utilizada para observar el agrupamiento y la similitud entre las poblaciones y que se llevó a cabo con las variables seleccionadas, es el Análisis de *Cluster*. Este análisis se basó en la matriz de distancias euclídeas estandarizadas y el método de encadenamiento UPGMA (*Unweighted Pair-Group Method using arithmetic Averages*). Los resultados del Análisis de *Cluster* se representan gráficamente en un dendrograma o árbol jerárquico que indica la forma en que se van agrupando las poblaciones a medida que aumenta el grado de semejanza entre ellas.

Para los diferentes análisis se utilizó el software Infostat (Di Rienzo *et al.*, 2008).

Resultados

En el cuadro 5 se presentan las medidas resúmenes de las variables bajo estudio: la media, los valores extremos, desvío estándar y coeficiente de variación, a los fines de observar la variabilidad existente en el germoplasma en estudio.

Cuadro 5: Medidas resúmenes indicadas por la media, el desvío estándar (D.E.), variancia (Var(n-1)), coeficiente de variación (CV), valores mínimos (Min) y valores máximos (Max).

Resumen	Media	D.E.	Var(n-1)	CV	Min	Max
ALTMZ	68,27	16,71	279,21	24,48	27,5	130,5
ALTHB	118,38	18,79	353,21	15,88	50	187,5
ALTPL	148,2	20,1	404,07	13,56	71,25	223,5
NHESP	13,5	1,27	1,62	9,42	10,4	17,1
NHTOTAL	18,48	1,76	3,11	9,55	14,2	23
LHOJA	53,24	8,53	72,77	16,02	22	71,3
AHOJA	6,46	0,92	0,84	14,21	3,5	8,6
DTALLO	19,73	2,97	8,81	15,04	11	27,7
PORQ	0,12	0,11	0,01	90,21	0	0,48
PORV	0,35	0,23	0,05	64	0	1
GDUM	1147,58	197,67	39073,6	17,23	873,2	1552,4
GDUF	1220,05	198,55	39423,9	16,27	902	1586,3
LMZ	12,75	1,93	3,73	15,14	5,67	16,7
DMZ	29,37	2,74	7,5	9,33	17,67	34,6
NHIL	13,91	1,73	2,98	12,42	10	18,14
GRHIL	25,18	5	25,04	19,87	15	34,7
AGR	5,92	0,69	0,47	11,59	4,5	7,4
LGR	8,23	0,8	0,64	9,7	5	10,3
REND	889,87	658,77	433979	74,03	58,29	2658,86
VALOR K	76,4	20,1	404,07	26,31	43	146
% EXP	90,13	8,5	72,22	9,43	52,63	100
VOL	300,74	76,93	5918,79	25,58	100	510
P 1000	139,42	37,46	1403,44	26,87	54,4	250
ASI	83,3	38,15	1455,53	45,8	21,8	129,75

ALTMZ: altura de mazorca; ALTHB: altura de hoja bandera; ALTPL: altura de planta; NHESP: número de hoja a la espiga; NHTOTAL: número de hoja total; LHOJA: largo de hoja; AHOJA: ancho de hoja; DTALLO: diámetro de tallo; PORQ: porcentaje de quebrado; PORV: porcentaje de vuelco; GDUM: grados días a floración masculina; GDUF: grados días a floración femenina; LMZ: largo de mazorca; NHIL: número de hilera de la mazorca; GHIL; número de granos por hilera; AGR: ancho del grano, LGR: largo del grano; REND: rendimiento; VALOR K: N° granos/10gramos; %EXP: porcentaje de expansión; VOL: volumen de expansión; P1000: peso de 1000 granos; ASI: sincronía entre floración femenina y masculina.

Al realizar el análisis de correlación de Pearson, con todas las variables evaluadas (tabla 1), se pudo determinar que las mayores correlación (positivas y negativas) se dan entre las variables: ALTHB y ALTMZ ($r = 0,94$), ALTP con ALTMZ y ALTHB ($r = 0,92$ y $r = 0,99$ respectivamente), NHTOTAL con NHESP y ALTMZ ($r = 0,97$ y $r = 0,81$), AHOJA y LHOJA ($r = 0,84$), DTALLO y AHOJA ($r = 0,87$), GDUF y GDUM ($r = 0,98$), REND y GRHIL ($r = 0,81$), valor K con AGR y LGR ($r = -0,86$ y $r = -0,84$) y P1000 con AGR, LGR y valor K ($r = 0,86$, $r = 0,80$ y $r = -0,85$).

Tabla1: Análisis de correlación de Pearson, con todas las variables evaluadas.

	ALTMZ	ALTHE	ALTEPL	NHESP	NHTOTAL	LHOVA	AHOVA	DTALLO	PORV	GDUM	GDUF	ASI	LMZ	DMZ	NHIL	GRHIL	AGR	IAGR	REND	VALOR K	§ EXP	VOL	P 1000	
ALTMZ	1.00	0.00	0.00	2.1E-10	5.8E-11	2.3E-08	1.1E-07	1.1E-07	0.37	0.59	3.4E-03	0.01	0.13	9.1E-07	3.2E-03	0.85	4.8E-07	2.7E-03	5.4E-06	1.7E-07	4.4E-03	0.10	0.65	1.7E-03
ALTHE	0.94	1.00	0.00	5.4E-08	2.0E-08	6.1E-08	1.8E-07	5.3E-08	0.22	0.44	0.03	0.07	0.09	1.2E-07	1.7E-04	0.73	7.4E-06	7.0E-04	1.9E-07	1.4E-06	1.9E-04	0.01	0.54	1.0E-03
ALTEPL	0.92	0.99	1.00	5.6E-07	2.4E-07	4.8E-08	4.0E-07	7.5E-08	0.18	0.59	0.07	0.12	0.12	1.8E-07	8.9E-05	0.84	9.4E-06	1.2E-03	3.3E-07	4.1E-06	1.7E-04	0.01	0.47	1.3E-03
NHESP	0.79	0.72	0.68	1.00	0.00	4.3E-05	3.1E-05	1.3E-06	0.85	0.02	1.5E-04	5.8E-04	0.09	1.7E-07	0.03	0.31	3.4E-06	5.9E-04	1.2E-04	2.4E-08	2.8E-03	0.81	0.85	6.9E-04
NHTOTAL	0.81	0.73	0.69	0.97	1.00	1.6E-06	5.2E-07	2.0E-08	0.81	0.03	2.7E-04	1.5E-03	0.03	1.3E-08	0.03	0.28	1.8E-06	1.0E-03	6.2E-05	2.9E-08	4.0E-03	0.76	0.62	9.3E-04
LHOVA	0.73	0.72	0.72	0.58	0.66	1.00	1.1E-12	2.1E-10	0.46	0.98	0.09	0.11	0.45	3.2E-07	2.1E-03	0.69	3.7E-04	0.01	2.7E-07	1.3E-04	1.5E-03	0.07	0.49	1.9E-03
AHOVA	0.71	0.70	0.69	0.59	0.68	0.84	1.00	0.00	0.16	0.72	0.06	0.13	0.03	3.2E-08	0.01	0.87	3.1E-04	0.02	1.3E-06	1.1E-04	0.01	0.35	0.31	0.01
DTALLO	0.71	0.72	0.71	0.66	0.74	0.79	0.87	1.00	0.15	0.14	0.07	0.15	0.05	1.7E-08	3.0E-03	0.83	1.4E-04	0.01	6.2E-06	8.6E-05	9.6E-04	0.40	0.53	3.2E-03
PORV	0.14	0.19	0.21	-0.03	0.04	0.12	0.22	1.00	0.86	0.03	0.03	0.01	0.23	0.88	0.11	0.01	0.40	0.88	0.69	0.85	0.83	0.12	0.73	0.77
GDUM	-0.09	-0.12	-0.08	-0.37	-0.33	-3.4E-03	-0.06	-0.23	0.03	1.00	9.1E-04	1.0E-03	0.68	0.03	0.67	0.39	0.02	0.39	0.46	0.05	0.46	0.27	0.20	0.51
GDUF	0.44	0.33	0.28	0.55	0.53	0.26	0.29	0.28	-0.33	-0.49	1.00	0.00	0.21	1.0E-03	0.20	2.7E-04	6.5E-04	0.03	0.10	8.7E-05	0.31	0.66	0.45	0.06
ASI	0.40	0.28	0.24	0.50	0.47	0.25	0.23	0.22	-0.38	-0.48	0.98	1.00	0.98	2.8E-03	0.28	3.1E-04	3.7E-03	0.02	0.12	4.1E-04	0.25	0.67	0.61	0.03
LMZ	-0.23	-0.26	-0.24	-0.26	-0.34	-0.12	-0.33	-0.30	-0.19	0.06	-0.20	4.5E-03	1.00	0.13	0.30	0.65	0.01	0.62	0.58	0.06	0.64	0.91	0.20	0.28
DMZ	0.67	0.71	0.70	0.70	0.74	0.69	0.73	0.74	-0.02	-0.33	0.48	0.44	-0.24	1.00	4.6E-03	0.10	1.8E-07	6.2E-05	2.5E-07	5.1E-09	2.3E-06	0.42	0.20	4.2E-05
NHIL	0.44	0.54	0.56	0.34	0.33	0.46	0.40	0.44	0.25	0.07	-0.20	-0.17	0.16	0.42	1.00	0.30	0.26	4.4E-06	8.9E-09	0.01	2.9E-08	1.3E-04	0.09	1.3E-07
GRHIL	-0.03	-0.05	-0.03	-0.16	-0.17	-0.06	-0.03	-0.03	0.39	0.14	-0.53	-0.52	0.07	-0.25	0.16	1.00	0.93	1.3E-04	0.09	0.29	0.01	0.29	0.83	0.01
AGR	0.68	0.63	0.62	0.64	0.66	0.52	0.52	0.55	0.13	-0.35	0.50	0.43	-0.37	0.70	0.17	0.01	1.00	0.15	0.02	4.6E-11	0.26	0.74	0.51	0.22
IAGR	0.45	0.50	0.48	0.50	0.48	0.41	0.36	0.38	-0.02	-0.14	0.33	0.35	0.08	0.57	0.64	-0.55	0.22	1.00	1.4E-08	2.7E-04	0.00	3.4E-04	0.13	0.00
REND	0.63	0.70	0.69	0.55	0.57	0.69	0.66	0.63	0.06	-0.12	0.25	0.24	-0.09	0.69	0.75	-0.26	0.36	0.74	1.00	5.1E-05	3.1E-12	5.9E-04	0.31	1.2E-10
VALOR K	0.70	0.66	0.64	0.73	0.73	0.55	0.56	0.56	-0.03	-0.30	0.56	0.51	-0.29	0.75	0.40	-0.16	0.81	0.53	0.58	1.00	8.1E-04	0.14	0.85	4.7E-04
§ EXP	-0.43	-0.54	-0.54	-0.44	-0.43	-0.47	-0.41	-0.49	0.03	0.11	-0.16	-0.18	-0.07	-0.65	-0.73	0.41	-0.18	-0.86	-0.84	-0.49	1.00	9.3E-04	0.29	0.00
VOL	-0.25	-0.37	-0.39	-0.04	-0.05	-0.28	-0.15	-0.13	-0.24	-0.17	0.07	0.07	-0.02	-0.13	-0.55	0.16	-0.05	-0.52	-0.50	-0.23	0.49	1.00	8.9E-07	2.0E-03
P 1000	-0.07	-0.10	-0.11	0.03	0.08	-0.11	0.16	0.10	-0.05	-0.20	0.12	0.08	-0.20	0.20	-0.27	0.03	0.10	-0.23	-0.16	0.03	0.16	0.67	1.00	0.28
	0.46	0.48	0.47	0.50	0.49	0.46	0.41	0.44	-0.05	-0.10	0.29	0.33	0.17	0.38	0.70	-0.39	0.19	0.86	0.80	0.51	-0.85	-0.46	-0.17	1.00

En el cuadro 6 se pueden ver los autovectores, los cuales indican qué variables componen cada Componente Principal (CP); en el cuadro 7 se presentan los autovalores, que muestran la proporción de variabilidad de cada componente, y la proporción de variabilidad total explicada en forma conjunta. La representación del ACP en el biplot, (gráfico 1) se realiza mediante las dos primeras CP, las cuales representan el 59,8% de la variabilidad total del sistema, el 45,4% lo explica la CP1 y el 14,4% lo explica la CP2.

Cuadro 6: Autovectores; Indican los aportes de cada una de las variables a las dos primeras Componentes Principales.

Variables	e1	e2
ALTMZ	0.26	-0.03
ALTHB	0.27	0.04
ALTPL	0.26	0.07
NHESP	0.25	-0.15
NHTOTAL	0.26	-0.15
LHOJA	0.24	0.05
AHOJA	0.24	-0.02
DTALLO	0.25	-0.02
PORQ	0.02	0.18
PORV	-0.08	0.27
GDUM	0.16	-0.36
GDUF	0.14	-0.33
ASI	-0.07	0.18
LMZ	0.26	-0.09
DMZ	0.18	0.37
NHIL	-0.08	0.10
GRHIL	0.21	-0.21
AGR	0.21	0.17
LGR	0.25	0.19
REND	0.25	-0.11
VALOR K	-0.22	-0.23
% EXP	-0.11	-0.36
VOL	-0.02	-0.29
P 1000	0.21	0.19

Cuadro 7: Autovalores; con su respectivo valor propio, la proporción que explica cada uno de ellos y la proporción total acumulada.

Lambda	Valor	Proporción	Prop	Acum
1	10.91	0.45		0.45
2	3.45	0.14		0.60
3	2.78	0.12		0.71
4	1.31	0.05		0.77
5	1.05	0.04		0.81
6	0.99	0.04		0.85
7	0.70	0.03		0.88
8	0.58	0.02		0.91
9	0.52	0.02		0.93
10	0.45	0.02		0.95
11	0.33	0.01		0.96
12	0.17	0.01		0.97
13	0.16	0.01		0.97
14	0.13	0.01		0.98
15	0.12	4.8E-03		0.98
16	0.11	4.4E-03		0.99
17	0.08	3.4E-03		0.99
18	0.07	3.0E-03		1.00
19	0.05	1.9E-03		1.00
20	0.03	1.2E-03		1.00
21	0.02	6.9E-04		1.00
22	0.01	3.3E-04		1.00
23	2.9E-03	1.2E-04		1.00
24	0.00	0.00		1.00

El grupo 3, se destaca por sus altos valores tanto para las características morfológicas como agronómicas. En cuanto a las características de calidad, las mismas son intermedias-bajas, mientras que sus características fenológicas fueron intermedias.

El grupo 4, se caracteriza por valores intermedios-largos en cuanto a su ciclo siembra-floración, VOL y %EXP. Por otro lado sus características morfológicas y su REND son altos y sus PORQ y PORV son bajos.

El grupo 5, se destaca por un ciclo de siembra-floración intermedio-largo. Presenta altos valores para las variables de calidad, sus características morfológicas y REND son intermedias y presentan bajos valores tanto para el PORQ como PORV.

El grupo 6, conformado por la población ARZM01111, se distingue de los demás grupos por presentar bajos valores tanto para las características morfológicas, fenológicas como de calidad y REND. A su vez, los valores de PORQ y PORV son altos.

El grupo 7 formado por la población ARZM05076, guarda similitud con las poblaciones pertenecientes al grupo 3, siendo el alto REND y el menor PORQ y PORV la característica que lo destaca del mencionado grupo.

Al realizar el análisis de correlación de Pearson, con las variables de relevancia para el mejoramiento del cultivo (tabla 2), se pudo determinar que las mayores correlaciones se observan entre: ALTPL con LMZ y REND ($r = 0,7$ y $r = 0,64$ respectivamente), REND y LMZ ($r = 0,75$), Valor K y LMZ ($r = -0,65$), VOL y % EXP ($r = 0,67$) y DMZ con Valor K ($r = -0,73$).

Tabla 2: Análisis de correlación de Pearson, con las variables relevantes para el mejoramiento.

	ALTPL	PORQ	PORV	GDUF	ASI	LMZ	NHIL	REND	VALOR K	% EXP	VOL	DMZ
ALTPL	1.00	0.18	0.59	0.12	0.12	1.8E-07	0.84	4.1E-06	1.7E-04	0.01	0.47	8.9E-05
PORQ	0.21	1.00	0.86	0.01	0.23	0.88	0.01	0.85	0.83	0.12	0.73	0.11
PORV	-0.08	0.03	1.00	1.0E-03	0.68	0.03	0.39	0.05	0.46	0.27	0.20	0.67
GDUF	0.24	-0.38	-0.48	1.00	0.98	2.8E-03	3.1E-04	4.1E-04	0.25	0.67	0.61	0.28
ASI	-0.24	-0.19	0.06	4.5E-03	1.00	0.13	0.65	0.06	0.64	0.91	0.20	0.30
LMZ	0.70	-0.02	-0.33	0.44	-0.24	1.00	0.10	5.1E-09	2.3E-06	0.42	0.20	4.6E-03
NHIL	-0.03	0.39	0.14	-0.52	0.07	-0.25	1.00	0.29	0.01	0.29	0.83	0.30
REND	0.64	-0.03	-0.30	0.51	-0.29	0.75	-0.16	1.00	8.1E-04	0.14	0.85	0.01
VALOR K	-0.54	0.03	0.11	-0.18	-0.07	-0.65	0.41	-0.49	1.00	9.3E-04	0.29	2.9E-08
% EXP	-0.39	-0.24	-0.17	0.07	-0.02	-0.13	0.16	-0.23	0.49	1.00	8.9E-07	1.3E-04
VOL	-0.11	-0.05	-0.20	0.08	-0.20	0.20	0.03	0.03	0.16	0.67	1.00	0.09
DMZ	0.56	0.25	0.07	-0.17	0.16	0.42	0.16	0.40	-0.73	-0.55	-0.27	1.00

En el cuadro 8 se pueden visualizar los autovectores, los cuales indican qué variables componen cada CP; en el cuadro 9 se presentan los autovalores, los que muestran la proporción de variabilidad de cada componente, y la proporción de variabilidad total explicada en forma conjunta. En el biplot obtenido del ACP (gráfico 2), se puede ver que la CP1 explica el 32,3% de la variabilidad, y la CP2 el 20,9%, explicando entre ambas el 53,2%.

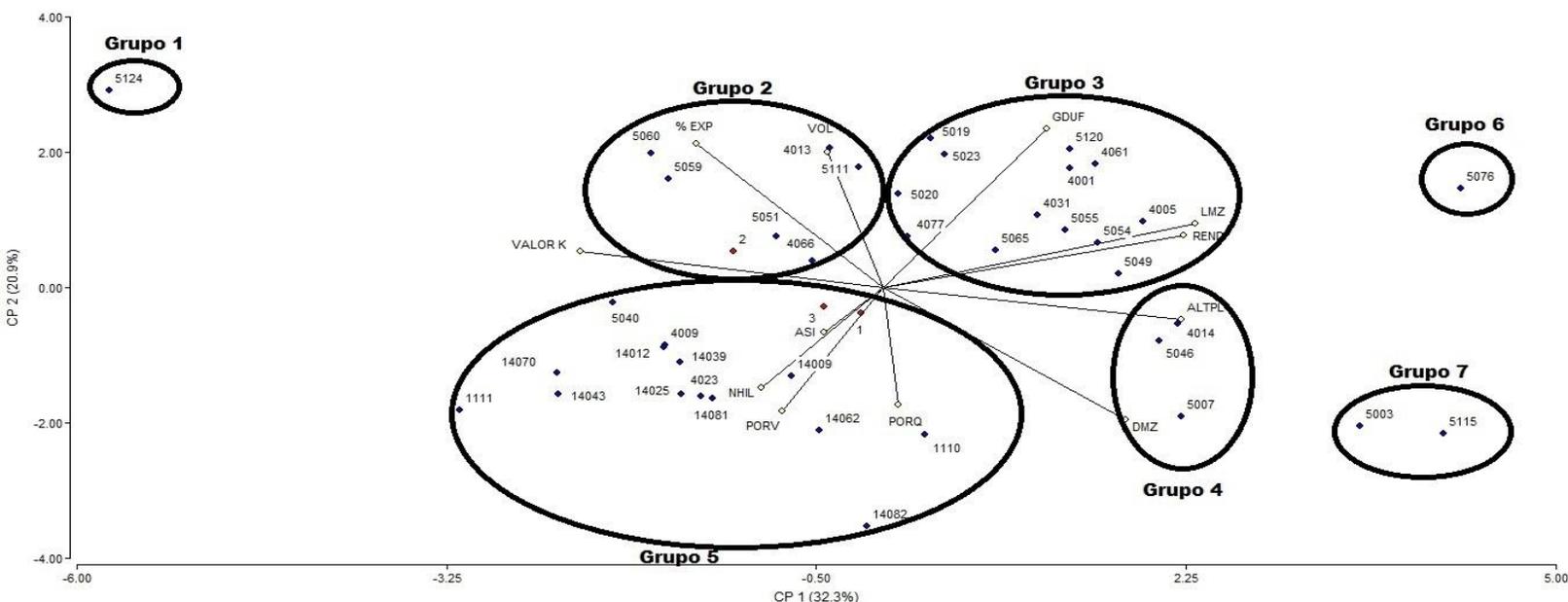
Cuadro 8: Autovectores; Indican los aportes de cada una de las variables a las dos primeras Componentes Principales.

Variables	e1	e2
ALTPL	0.41	-0.09
PORQ	0.02	-0.32
PORV	-0.14	-0.34
GDUF	0.23	0.44
ASI	-0.08	-0.12
LMZ	0.43	0.18
NHIL	-0.17	-0.28
REND	0.42	0.14
VALOR K	-0.42	0.10
% EXP	-0.26	0.40
VOL	-0.08	0.37
DMZ	0.34	-0.36

Cuadro 9: Autovalores; con su respectivo valor propio, la proporción que explica cada uno de ellos y la proporción total acumulada.

Lambda	Valor	Proporción	Prop Acum
1	3.88	0.32	0.32
2	2.51	0.21	0.53
3	1.68	0.14	0.67
4	1.07	0.09	0.76
5	0.89	0.07	0.84
6	0.68	0.06	0.89
7	0.45	0.04	0.93
8	0.30	0.02	0.95
9	0.20	0.02	0.97
10	0.16	0.01	0.98
11	0.12	0.01	0.99
12	0.06	0.01	1.00

Gráfico 2: ACP con las variables de relevancia para el mejoramiento.



En el gráfico se pueden observar las poblaciones agrupadas en base a su similitud. Los números dentro de cada grupo corresponden a las poblaciones. Los testigos se identifican como: (1) Hib. Exp. (2) Picasu y (3) Poralnta.

A través de la interpretación visual de dicho gráfico, se pudieron determinar los siguientes siete grupos.

El grupo 1, formado por la población ARZM05124, se destaca del resto de los grupos por un alto VALOR K, %EXP, VOL y GDUF. También se destaca por sus características morfo-agronómicas (REND, LMZ, DMZ, ALTPL, NHIL) las cuales son bajas y por presenta una ASI intermedia y un PORQ y PORV bajo.

El grupo 2, se caracteriza por un valor intermedio-bajo de PORQ, PORV, ALTPL y DMZ. Al mismo tiempo tiene una destacada performance en lo que respecta a %EXP, VOL y VALOR K. Las poblaciones de este grupo, tienen un ciclo siembra-floración intermedio-largo.

El grupo 3, se distingue por un bajo VALOR K, NHIL, PORQ y PORV, un %EXP, ASI y VOL medio, y un alto REND, LMZ, DMZ y ALTPL. Este grupo es el que presenta mayor ciclo a floración.

El grupo 4, se destaca por un alto REND, ALTPL, DMZ, LMZ, y por presentar bajos valores para las variables VALOR K, % EXP, VOL y GDUF. Respecto al PORQ, PORV, ASI y NHIL se puede considerar que las mismas presentan valores intermedios.

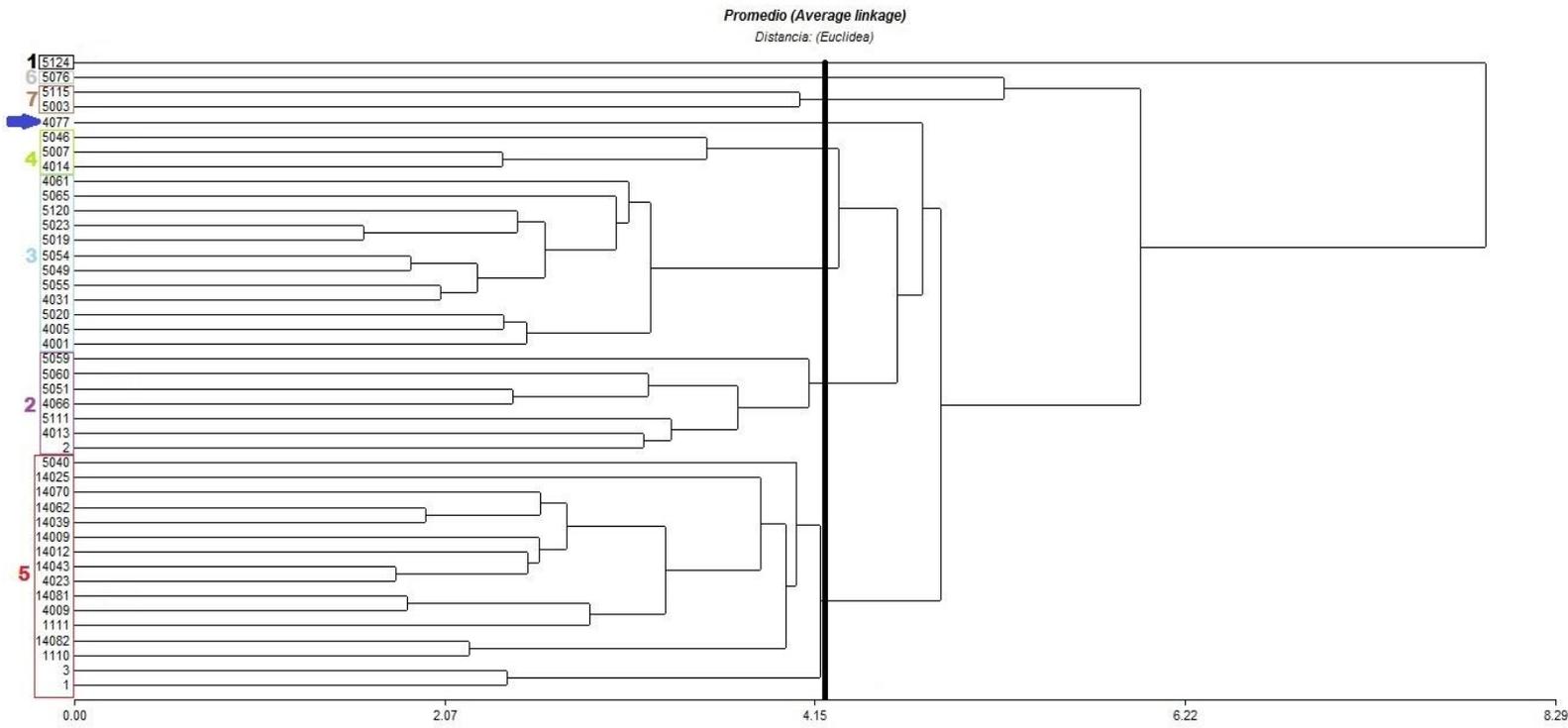
El grupo 5, se caracteriza por presentar un alto PORQ, PORV, NHIL, ASI y VALOR K. En cuanto al % EXP y VOL puede decirse que el mismo es bajo, al igual que el GDUF. A su vez presenta también valores bajos para el LMZ y REND e intermedio para DMZ y ALTPL.

El grupo 6, representado por la población ARZM05076, se destaca principalmente por presentar el mayor REND, LMZ, ALTPL, DMZ. Presenta un VOL y %EXP intermedios, y un Valor K, NHIL, ASI, PORQ Y PORV bajos.

El grupo 7, conformado por las poblaciones ARZM05003 y ARZM05115, guarda similitud con el grupo 4, siendo sus altos valores de DMZ y ALTPL las características que lo separan de dicho grupo.

El Análisis de Cluster (gráfico 3), ratificó la formación de grupos obtenidos en el ACP, con una excepción en la población ARZM4077 que se separó del grupo 3 conformando un nuevo grupo.

Gráfico 3: Análisis Cluster.



Los números externos indican los diferentes grupos coincidente con el ACP y la fleca indica el nuevo grupo formado.

Discusión

La evaluación de variabilidad se realiza tradicionalmente a través del Análisis de la Variancia. Dado que en el presente trabajo no se cumplen para la mayoría de las variables los supuestos que exige el modelo, se decidió trabajar con análisis de tipo multivariado. Muchos autores (Alika *et al.*, 1993; Gouesnard *et al.*, 1997; Brandolini y Brandolini, 2001; Llanes, 2014; entre otros) utilizaron este tipo de análisis para evaluar la variabilidad en poblaciones locales de maíz a nivel mundial.

Las medidas resúmenes demuestran que existe una gran variabilidad en las poblaciones locales evaluadas. Éstas pueden visualizarse, por un lado, con los rangos determinados por los valores máximos y mínimo, y por otro, por el coeficiente de variación (CV) que también es considerada una medida de variabilidad. Las variables que presentan mayor CV son PORQ, PORV, REND y ASI, (cuadro 5).

Un estudio realizado por García *et al.* (2002) consideraron que la variabilidad genética y su estudio son importantes para definir materiales que serán utilizados en programas más específicos de mejoramiento vegetal. Situación similar encontraron Brandolini y Brandolini (2001), quienes al evaluar poblaciones locales italianas de maíz, atribuyeron el amplio rango observado al resultado de años de selección y adaptación a diferentes condiciones micro ambientales y de uso; Defacio (2009) ratifica esta última hipótesis con los resultados de la evaluación de las poblaciones locales nativas de maíz originarias de la Provincia de Buenos Aires.

En el caso del PORQ y PORV, el alto CV podría explicarse por los bajos valores registrados los cuales, al ser expresados en proporción, se encuentran muy cercanos a cero.

El REND obtenido presenta bajos valores con respecto a años normales para la localidad en estudio. Kukla (2013) en el año 2009-2010 encontró rendimientos entre 5.479 a 4.799 para la primera y segunda fecha de siembra, respectivamente, en líneas endocriadas de maíz pisingallo. El bajo REND obtenido en el presente trabajo se debe a que el cultivo fue sembrado en una fecha de siembra tardía (mediado de noviembre) y la misma expone al cultivo a altas temperaturas, por lo que aceleran su desarrollo al acortar la duración de cada etapa hasta llegar a floración. Además el retraso de la siembra desplaza el periodo del cultivo hacia momentos de menor radiación y temperatura, por lo que su potencial de rendimiento generalmente disminuye (Andrade y Sadras, 2000). Por otro lado, el presente ensayo estuvo expuesto a condiciones hídricas muy bajas (gráfico 4 - anexos), incluso en su periodo crítico, (15 días antes y 21 día después de floración, Andrade *et al.*, 1996). La sequía durante este periodo afecta la formación, funcionalidad y cuaje de los granos. El aborto de granos, puede deberse a la disminución de sacarosa, por reducción de la fotosíntesis y a una disminución en la función de los granos como destino (Andrade y Sadras, 2000).

La sincronía de la floración se considera relevante y se utiliza como parámetro de adaptación de los materiales de modo que valores elevados de ASI, indicarían la falta de adaptación de las poblaciones en el ambiente evaluado (Salhuana *et al.*, 1998). Salami *et al.* (2007) consideran que un bajo ASI mejora la tolerancia al estrés durante la floración. En las poblaciones locales evaluadas, los datos de sincronía floral encontrados indican que presentan adaptación al ambiente en el que las mismas fueron estudiadas.

La medición tanto del VOL como del % EXP de los materiales, se realizó de manera similar a otros autores tales como Jele *et al.* (2014), Freddy y Scapim (2006) y Siphiwokuhle Shandu (2012), quienes también utilizaron maquinas por aire caliente para sus expansiones. Hallauer (2001) considera que no hay un método estándar en las primeras etapas de la

Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires

investigación cuando se dispone de poca cantidad de semillas para llevar a cabo dichas mediciones. Siphwokuhle Shandu (2012), comparando la metodología que utiliza el aire caliente con el uso de microondas, pudo determinar que la primer metodología presenta una menor cantidad de granos sin estallar, y un mayor volumen de expansión final.

La segunda oportunidad de expansión considerada en el presente trabajo, es deseable ya que nos da la posibilidad de que aquellos granos que no alcanzaron la temperatura suficiente en una primera instancia para expandir, lo haga en esta segunda oportunidad, tal como manifiesta Siphwokuhle Shandu (2012). Este autor considera que la segunda oportunidad aumenta el porcentaje de expansión, reduciendo el número de granos sin estallar. Además, Jele *et al.* (2014) consideran que granos sin expandir no son deseables ya que no contribuyen al volumen final.

En la matriz de correlación realizada con la totalidad de las variables registradas, las mayores correlaciones se observaron entre las variables ALTP con ALTMZ y ALTHB ($r = 0,92$ y $r = 0,99$ respectivamente), y ALTHB con ALTMZ ($r = 0,94$). Dichas correlaciones indicarían que plantas más altas, presentarían la inserción de la espiga superior y de la hoja bandera más elevada, lo mismo sucede en el caso de ALTHB Y ALTMZ. Salami *et al.* (2007) encontraron en maíz, una correlación algo menor entre ALTPL y ALTMZ ($r = 0,82$) al evaluar la variabilidad genética entre las variedades locales de maíz cultivadas en Nigeria. Correlación similar entre ALTPL y Altura Inserción de Espiga encontraron Corcuera (2012) ($r = 0,88$); Hallauer y Miranda Philo (1988) ($r = 0,81$) y Ruiz de Galarreta Gómez (1993) ($r = 0,92$). Llanes (2014) encontró elevadas correlaciones entre ALTPL y ALTHB ($r = 1$) y entre ALTPL y ALTMZ ($r = 0,93$), valores muy similares encontrados en el presente trabajo. Defacio (2009), encontró un $r = 0,84$ entre las variables ALTPL y ALTMZ, considerando a

ésta importante, ya que el mejorador busca obtener plantas con menor altura de inserción de mazorca para disminuir los porcentajes de vuelco.

Hallauer (2001), considera que los caracteres relacionados a la altura son importantes en maíz pisingallo, ya que debe ser cosechado con menor humedad (16%) que un maíz dentado (20%), con lo cual debe permanecer más tiempo en el campo donde podría sufrir vuelcos o quebrados. A su vez el autor menciona, que al disminuir la altura de inserción de la espiga, se mejoraría el centro de gravedad de las plantas y su estabilidad disminuyendo de esta manera los riesgos de quebrado y vuelco.

Las correlaciones entre el NHTOTAL con NHESP y ALTMZ ($r = 0,97$ y $r = 0,81$ respectivamente), indicarían que a mayor altura de inserción de la mazorca aumentaría el número de hojas en la planta, con lo cual se obtendría mayor biomasa total. Corcuera (2012) encontró una correlación menor entre altura de inserción de espiga y número de hojas ($r = 0,61$) y Ruiz de Galarreta Gómez (1993) encontró un $r = 0,82$ entre número de hoja y ALTMZ. .

Las variables AHOJA y LHOJA ($r = 0,84$), y DTALLO y AHOJA ($r = 0,87$), tienen una alta correlación, la cual se debe a que éstas variables junto a NHTOTAL determinan la biomasa total de la planta. Si bien el ancho y largo de la hoja presentan una alta correlación, Severini *et al.* (2009), consideran que en conjunto sólo alcanzan entre el 70-75 % del área foliar/ planta en comparación con un maíz semidentado, demostrando de esta manera tener una menor foliosidad.

La correlación entre las variables GDUF y GDUM fue ($r = 0,98$), la cual se considera deseable, y además, indicaría un bajo desfase entre floración masculina y femenina (baja protandria). Si bien existe un desfase, se puede considerar que ambas variables son muy

dependientes una de la otra. Siphiwokuhle Shandu (2012) encontró en el maíz pisingallo una correlación similar $r = 0,96$ entre estas dos variables al evaluar dos poblaciones de líneas endogámicas en Sudáfrica; Defacio (2009) obtuvo en poblaciones locales de maíz originarias de la provincia de Buenos Aires una correlación $r = 0,90$ entre las mencionadas variables; Alfaro y Segovia (2000) encontraron una correlación $r = 0,89$ al evaluar poblaciones nativas de maíz de Venezuela y Llanes (2014) encontró una correlación $r = 0,97$ al evaluar 25 poblaciones locales originarias de la región pampeana argentina.

La elevada correlación entre las variables REND y GRHIL ($r = 0,81$), se debe a que los granos por hilera están relacionados directamente con el número de granos total, lo cual es un componente numérico importante del rendimiento. A su vez, el rendimiento está más relacionado con el número de grano que con el peso individual de los mismos (Satorre *et al.*, 2003). Corcuera (2012), encontró en su evaluación de 12 híbridos simples durante el periodo 2002/03 a 2004/05 en Llavallol (Provincia de Buenos Aires), una correlación $r = 0,74$ entre rendimiento y número de granos por espiga.

El Valor K está correlacionado de forma negativa con AGR y LGR ($r = -0,86$ y $r = -0,84$, respectivamente). El AGR y el LGR aportan al peso individual del grano y al aumentar éstos, menor será la cantidad de granos que podrán estar presentes en 10 gr. Al observar las correlaciones entre P1000 con AGR, LGR y Valor K ($r = 0,86$; $r = 0,80$ y $r = -0,85$) podemos inferir que el P1000 granos aumenta, al aumentar AGR y LGR. La correlación negativa entre P1000 y valor K, nos estaría indicando que un aumento del P1000 conllevaría a una baja del valor K, lo cual es lógico, siendo el Valor K un componente dependiente del peso.

Sobre la matriz de correlaciones se aplicó el Análisis de Componentes Principales (ACP). Se mantuvieron los primeros cinco autovalores ya que presentan un valor mayor a 1

(Johnson, 2004). De esta manera los cinco primeros autovalores explicaron el 81% de la variabilidad total observada en las poblaciones bajo estudio (cuadro 7). Autores tales como Lucchin *et al.* (2003) encontraron que los primeros cuatro componentes fueron capaces de explicar el 83,61% de la variación total, mientras que Defacio (2009) encontró que los cinco primeros autovalores explicaron el 80,2% de la variabilidad total encontrada entre los genotipos evaluados.

Para una mejor interpretación de los resultados obtenidos se graficaron las dos primeras Componentes Principales (CP), las cuales en su conjunto explican el 59,8% de la variabilidad existente (grafico 1). A partir del mismo se puede inferir la formación de 7 grupos, los cuales ya han sido detallados en la sección resultados. Gouesnard *et al.* (1997) encontraron que las primeras dos CP explicaban el 51,24% de la variabilidad observada, formando cinco grupos a partir de 262 poblaciones colectadas y evaluadas en Francia. Defacio (2009) encontró que las primeras dos CP explicaban el 53,1% de la variabilidad y formó cinco grupos evaluando 145 poblaciones locales de maíz originarias de la provincia de Buenos Aires. Lucchin *et al.* (2003) ordenaron y clasificaron 20 poblaciones *flint* colectadas en Italia en base a 34 caracteres cualitativos y cuantitativos. Ruiz de Galarreta y Álvarez (2001) evaluando caracteres de planta y ciclo, detectaron siete grupos cuando clasificaron 100 poblaciones locales de maíz originarias de España.

La primera componente principal (CP1) explica el 45,4 % de la variabilidad total y se encuentra asociada de forma positiva con las variables relacionadas con la altura, desarrollo vegetativo y rendimiento, y de forma negativa con el Valor K. Defacio (2009) encontró que la CP1 explicaba el 31,2% de la variabilidad, quedando integrada por las variables relacionadas con altura, ciclo, rendimiento y diámetro de mazorca. Llanes (2014) mostró que la CP1 explica el 33,6% de la variabilidad observada y está integrada por las variables relacionadas

Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires

con altura, ciclo, número de hojas y diámetro de tallo. Lucchin *et al.* (2003), encontraron que la primer componente principal explicaba el 46,07% de la variabilidad total y que estaba fuertemente asociada de forma positiva con la emisión de la panoja, altura inserción de la espiga, dispersión de polen, y de forma negativa con el rendimiento del grano.

La segunda componente principal (CP2) explica el 14,4% de la variabilidad total. Dentro de CP2 hay variables asociadas positivamente como PORV y DMZ y otras que lo hacen en forma negativa como las variables de calidad y GDU. Defacio (2009) encontró que la CP2 explicó un 21,9 % de la variabilidad, quedando constituida por variables morfológicas de mazorca (LMZ, AGR, GRHIL y NHIL), siendo importante también en esta segunda CP la duración del ciclo del cultivo. Llanes (2014) informó que la CP2 explicó el 19 % de la variabilidad observada y quedó constituida por las variables LHOJA, AHOJA, DMZ, LGR, PORV y RTO. Lucchin *et al.* (2003) encontró que la CP2 explica el 14,91% de la variación total, asociada de forma moderada con el peso de la mazorca y color de estigma, además, se asocia negativamente con la longitud de la panoja .

Al realizar el análisis de correlación de Pearson, entre aquellas variables de interés para los mejoradores (tabla 2), se pudieron determinar algunas correlaciones de importancia que se detallan a continuación.

La correlación entre REND Y LMZ ($r = 0,75$) indica que un mayor LMZ nos permitiría tener un mayor número de granos. El rendimiento de los cultivos está más asociado al número de granos, que se producen por unidad de área cultivada, que al peso individual de cada grano (Fischer, 1975).

La correlación entre ALTPL Y REND ($r = 0,64$) se debe a que mayor ALTPL permitiría obtener mayor cantidad de recursos para la espiga. Satorre *et al.* (2003), considera que

existe una estrecha relación entre el REND y la producción de biomasa aérea, la cual depende de la cantidad de radiación fotosintéticamente activa, interceptada por el canopeo. La ALTPL se correlaciona $r = 0,70$ con el LMZ y podría deberse a una mayor disponibilidad de recursos.

El VOL y %EXP se correlacionan de forma positiva ($r = 0,67$). Esta correlación indicaría que el VOL aumenta en la medida que aumenta el % EXP. Este último es de importancia para la industria, por lo que se pretende que este índice sea alto; de la misma manera que lo es el REND para el productor. La productividad de granos está inversamente correlacionada con la capacidad de expansión, dificultando la ganancia por selección simultánea cuando se refiere a las dos características en el mejoramiento poblacional (Miranda *et al.*, 2003). En el presente trabajo se encontró una correlación ($r = -0,23$) no significativa, entre las variables % EXP y REND. A pesar de esto, otros autores encontraron correlación negativa entre el rendimiento de grano y el volumen de expansión (Vijayabharathi *et al.*, 2009; Dofing *et al.*, 1991; Broccoli y Burak, 2004 y Daros *et al.*, 2002). Camara (2002) observó una correlación próxima a cero entre el rendimiento de grano y el volumen de capacidad de expansión y Arnhold *et al.* (2006) reportaron una débil correlación positiva entre dichos rasgos luego de años de selección. Los trabajos mencionados, indican que mejorar simultáneamente la capacidad de expansión y el rendimiento de semilla es difícil, pero podría lograrse.

Los caracteres LMZ y DMZ, afectan el número de granos por lo que la correlación negativa entre Valor K con LMZ y DMZ ($r = -0,65$ y $r = -0,73$ respectivamente), resultan lógicas. La correlación negativa registrada entre REND y Valor K ($r = -0,49$), si bien no es alta, ayuda a confirmar lo expuesto anteriormente. Gaset (2014) al evaluar 56 híbridos

experimentales, encontró una correlación negativa entre las variables REND y Valor K ($r = -0,46$).

Sobre la base de la matriz de correlaciones de las variables seleccionadas (tabla 2) se aplicó el ACP. Se mantuvieron los primeros cuatro autovalores por presentar un valor propio mayor a 1. Los cuatro primeros autovalores explican el 76% de la variabilidad total observada en las poblaciones bajo estudio (cuadro 8).

Para una mejor interpretación de los resultados obtenidos se graficaron las dos primeras componentes principales, las cuales en su conjunto explican el 53,2% de la variabilidad existente (gráfico 2). A partir del mismo se puede inferir la formación de 7 grupos, los cuales ya han sido detallados anteriormente en la sección resultados.

La primera componente principal (CP1) explica el 32,3% de la variabilidad total y se encuentra en mayor medida representada por las variables relacionadas con la altura, desarrollo vegetativo y rendimiento en forma positiva, y de forma negativa con el Valor K y el % EXP.

La segunda componente principal (CP2) explica el 20,9% de la variabilidad total y se encuentra representada en forma positiva por las variables GDUF, %EXP, VOL y negativamente por PORQ, PORV, NHIL y DMZ.

Las poblaciones pertenecientes al grupo 3, grupo 4, grupo 6 y grupo 7 se destacan por su alto REND, VOL de expansión medio - alto, elevados valores de ciclo siembra-floración, altura de planta y bajos PORQ, PORV y Valor K. Por el contrario las pertenecientes al grupo 2 presentan un menor REND, ALTPL y DMZ, un máximo volumen de expansión, Valor K, y Bajos PORQ, PORV y ASI.

Teniendo en cuenta la variable REND, podrían ser promisorias para el mejoramiento genético las poblaciones ARZM04001, ARZM04014 y ARZM05076. Las mismas son las que presentan los valores más altos para esta variable, superando incluso a los testigos. Para las variables relacionadas a los parámetros de calidad, las poblaciones promisorias serían ARZM04077, ARZM05023, ARZM05111. Estas poblaciones presentan los valores más elevados para dichos caracteres aunque no se encuentran dentro de los estándares comerciales en los cuales el volumen de expansión mínimo para la comercialización es de 38-40 cm³/gr para clasificar como estándar (Kukla, 2013).

Además, otra ventaja de las poblaciones locales es que las mismas producen en su mayoría, copos en forma de mariposa, más usada para el consumo, y que ocupa mayor volumen final que la forma de hongo, más usada para el recubrimiento (Hallauer, 2001).

Considerando ambas variables, y teniendo en cuenta que al productor le interesa tener buenos rendimientos y al consumidor alta expansión (Freddy y Scapim, 2006), la población más promisoría sería ARZM05076 que presenta altos rendimiento y un comportamiento medio-alto respecto a la expansión.

Las poblaciones locales de maíz reventador, además de incorporar características de interés, estarían aportando nuevos genes (variabilidad) al programa de mejoramiento, lo cual es importante dada la estrecha base genética con la que se trabaja.

Conclusiones

Las poblaciones nativas de maíz reventador conservadas en el BAP presentan variabilidad para los caracteres agronómicos y de calidad.

Las poblaciones evaluadas pueden agruparse en base a sus características morfo-agronómicas y de calidad, lo que permitirá realizar una selección preliminar de las mismas, para ser utilizadas en el programa de mejoramiento del INTA.

Considerando algunas características de importancia, como volumen de expansión, para la industria, y rendimiento, para el productor, las poblaciones ARZM04077, ARZM05023, ARZM05111 ARZM04001, ARZM04014 y ARZM05076 serían las más promisorias para ingresar al programa de mejoramiento.

Se recomiendan más evaluaciones de las mismas, en diferentes ambientes, para conocer la estabilidad de los fenotipos descritos.

Bibliografía

- Abadie, T. y Berreta, A. 2001. Caracterización y evaluación de los recursos fitogenéticos. Estrategia en recursos fitogenéticos para los países del Cono Sur. PROCISUR. Documentos. Montevideo, Uruguay. p 91-99.
- Alfaro Y. y Segovia V., 2000. Maíces del sur de Venezuela clasificados por taxonomía numérica. I. Caracteres de la planta. Agronomía Tropical 50: p 413-433.
- Alike J.E., Aken`Ova M.E. and Fatokun C.A. 1993. Variation among maize (*Zea mays* L.) accessions of Bendel State, Nigeria. Multivariate analysis of agronomic data. Euphytica 66:65-71.
- Andrade F., Cirilo A., Uhart S. y Otegui M.1996. Ecofisiología del cultivo de maíz. Ed. La Barrosa. Balcarce, Buenos Aires. 292 pp.
- Andrade F.H. y Sadras V.O. 2000. Bases para el manejo de maíz, el girasol y la soja-I S B N: 987-521-016-1. p: 137-144; 187-191.
- Arnhold, E., Mora, F. and Deitos, A. 2006. Genetic correlations in S4 families of popcorn (*Zea mays*). Ciencia E Investigacion Agraria 33: p 105-110.
- Balzarini M.G., González L., Tablada M., Casanoves F., Di Rienzo J.A., Robledo C.W. (2008). Manual del Usuario, Editorial Brujas, Córdoba, Argentina. 336 p.
- Bramardi S.J. 2000. Estrategias para el análisis de datos en la caracterización de recursos genéticos. Tesis doctoral, depto de estadística e investigación operativa. Universidad Politécnica de Valencia, España. 388 pp.
- Brandolini A. and Brandolini A. 2001. Classification of Italian maize (*Zea mays* L.) germplasm. Plant Genetic Resource Newsletter 126: p 1-11.

- Broccoli, A.M. and Burak, R. 2004. Effect of genotype x environment interactions in popcorn maize yield and grain quality. Spanish Journal of Agricultural Research 2: p 85-91.
- Camara, T.M.M. 2002. Importancias relativas do desempenho Individual em topcros na selecao de famílias S3 de milho-pipoca. Universidade Federal de Vicosa: Vicosa, Brasil. 96 p.
- CAMPI. 2010. Informe anual de la Camara Argentina de Exportadores y Procesadores de Maíz Pisingallo.
- Carta de Suelos de la República Argentina. Centro de Investigación de Recursos Naturales. INTA. Hoja 3360-32: Pergamino, Buenos Aires, INTA, 1972. 106pp.
- Ceylan, M. and Karababa, E. 2002. Comparison of sensory properties of popcorn from various types and sizes of kernel. Journal of the Science Food and Agriculture, 82, p 127-133.
- CIMMYT/IBPGRI. 1991. Descriptores de maíz. México-Roma. 88pp.
- Clausen, A.; Ferrer, M. E.; Formica, M. B. 2008. Situación de los Recursos Fitogenéticos en la Argentina; II Informe Nacional 1996 -2006. Ediciones INTA. 57 P. abril 2008. ISBN 978-987-521-296-1.
- Corcuera, Víctor Raúl. 2012. Desarrollo y evaluación de nuevo germoplasma de maíz (*Zea mays L.*) para uso especial en argentina. Tesis Doctoral. Universidad Politecnica de Valencia. Departamento de Producción Vegetal. 394 p.
- Crisci, J.V. y López Armengol, M.F. 1983. Introducción a la Teoría y Práctica de la Taxonomía Numérica. Monografías de la OEA. Washington DC. 132 p.

- Daros, M., Junior, A.T.A. and Pereira, M.G. 2002. Genetic gain for grain yield and popping expansion in full-sib recurrent selection in popcorn. *Crop Breeding and Applied Biotechnology* 2: p 339-344.
- Defacio R. 2009. Caracterización y evaluación de la variabilidad genética en poblaciones nativas de maíz (*Zea mays* L.) de la provincia de Buenos Aires en base a descriptores morfológicos y agronómicos. Tesis Magister en Genética Vegetal. Pergamino, Buenos Aires (AR): UNR/INTA, 89 p.
- Defacio, R.A.; Ferrer, M.E.; Rosso B. 2012. Banco Activo de Germoplasma – EEA Pergamino. Análisis de semillas. Tomo 6, nº 23. p. 48 – 49, ISSN 1851-1678.
- Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. 2008. InfoStat, versión 2008, Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Dofing, S.M., Croz-Mason, N.D. and Thomas- Compton, M.A. 1991. Inheritance of expansion volume and yield in two popcorn x dent corn crosses. *Crop Science* 31: p 715-718.
- Erazo-Barradas, M. 2009. Evaluation of popping expansion traits in a maize (*Zea mays* L.) population. Tesis de Master of Science. Iowa State University. Digital Repository @ Iowa State University. 152p.
- Fischer R.A. 1975. Yield potential in a dwarf spring wheat and effect of shading. *Crop Science* 15, p 607–613.

- Freddy M. y Scapim C.A. 2006. Predicting breeding values of population effect of maize evaluated in Brazil and Paraguay. Universidade Estadual de Maringá-Paraná. Maringá, Paraná, Brasil. p 139-146.
- García, M.V., Arturi M.J., y Ansín O.E. 2002. Variabilidad fenotípica y genética en poblaciones de pasto miel (*Paspalum dilatatum* Poir.). Agric. Téc. (Chile) 62: p 237-244.
- Gaset B. 2014. Componentes genéticos y tipo de herencia de caracteres de interés agronómico y calidad comercial de maíz pisingallo (*zea mays L.var. everta*). Trabajo final de grado. Pergamino, Buenos Aires (AR): UNNOBA. 53p.
- Gouesnard, B., Dallard, J., Panouillé, A., Boyat, A. 1997. Clasification of French maize populations based on morphological traits. Agronomie. 17, 491-498 pp.
- Hallauer A.R. and Miranda Filho J.B. 1988. Quantitative genetics in maize breeding. Second edition. Ames, Iowa State University Press, pp 115-158.
- Hallauer Arnel R. 2001. Second Edition, Specialty Corns. Boca Raton London New York Washington, D.C. ISBN 0-8493-2377-0. 469p. pp 205-240.
- Jele P., Derera J., and Siwela M. 2014. Assessment of popping ability of new tropical popcorn hybrids. Australian journal of crop Science. AJCS 8(6): p 831-839.
- Johnson D.E. 2004. Métodos Multivariados Aplicados al Análisis de Datos. Internacional Thomson Editores. México. ISBN 0-534-23796-7. Pp. 566.
- Kukla E.J. 2013. Aptitud combinatoria entre doce líneas de maíz pisingallo (*Zea mays L*). Tesis Magister en Genética. Zavalla, Santa Fe (AR). UNR-INTA.79p.

- LLanes S. 2014. Fuente de Variabilidad Genética en las Poblaciones Nativas de Maíz de la Región Central Argentina. Trabajo final de grado. Pergamino, Buenos Aires (AR): UNNOBA, 38p.
- Lucchin M., Barcaccia G. and Parrini P. 2003. Characterization of a flint maize (*Zea mays L. convar. Mays*) Italian landrace: I. Morpho-phenological and agronomic traits. *Genetic Resource and Crop Evolution* 50:315-327.
- Luna J.T. y 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.
- Maxted N., Ford-Lloyd B. and Hawkes J.G. 1997. *Plant Genetic Conservation. The in situ approach.* Chapman and Hall, Londres, pp 15-40.
- Miranda G.V., Coimbra R.R., Godoy C.L., Souza L.V., Guimarães L.J.M., and Melo A.V. 2003. Potential to breeding and genetic divergence in popcorn cultivars. *Pesq. Agropec. Bras.* 38: p 681-688.
- Ruíz De Galarreta Gómez J.I. 1993. Agrupación de poblaciones locales de maíz (*Zea mays L.*) mediante caracteres morfológicos y parámetros ambientales. Tesis Doctoral, Servei de Publicacions, Universitat de Lleida, ISBN: 84-89727-64-3, 161p.
- Ruiz de Galarreta, J.I. y Álvarez A. 2001. Morphological classification of maize landraces from Northern Spain. *Genetic Resources and Crop Evolution* 48: p 391-400.
- Salami A.E., Adegoke S.A.O. and Adegbite O.A. 2007. Genetic Variability among Maize Cultivars Grown in Ekiti-State, Nigeria. *Middle-East Journal of Scientific Research* 2 (1): 09-13, 2007.

- Salhuana W., Pollak L.M., Ferrer M.E., Paratori O. and Vivo G. 1998. Breeding Potential of Maize Accessions from Argentina, Chile, USA, and Uruguay. *Crop Sci.* 38:866-872.
- Satorre, E.H., Benech Arnold, L.R., Slafer, G.A., De la Fuente E.B., Miralles, D.J., Otegui, M.E. y Savin, R. 2003. Producción de granos. Bases funcionales para su manejo. Facultad de Agronomía. p 135-157.
- Severini A.D. 2006. Bases ecofisiológicas de la determinación del rendimiento y la calidad de grano en maíces pisingallo. Tesis Magister Facultad de Agronomía – Universidad de Buenos Aires. p 82.
- Severini A, Cirilo A y Borrás L. 2009. Manejo de maíz pisingallo y calidad comercial. <http://www.todoagro.com.ar/noticias/nota.asp?nid=10447>.
- Singh V., Barreiro N.L., McKinstry J., Buriak P., Eckhoff S.R. 1997. Effect of kernel size, location, and type of damage on popping characteristics of popcorn. *Cereal Chem* 74: 672-675.
- Siphwokuhle Shandu. 2012. Genetic Diversity, Correlations and Path Coefficient Analysis in Popcorn (*Zea mays L. everta*). Thesis of Master of Science (MSc) in Crop Science. University of KwaZulu-Natal. 150p.
- Süleyman Soylu y Alper Tekkanat P. 2007. Interactions amongst kernel properties and expansion volume in various popcorn genotypes. *Journal of Food Engineering* 80:336-341 p.
- Shimoni E., Dirks E.M., Labuza T.P. 2002. The relation between final popped volume of popcorn and thermal-physical parameters. *LWT - Food Science and Technology* 35(1), p 93–98.

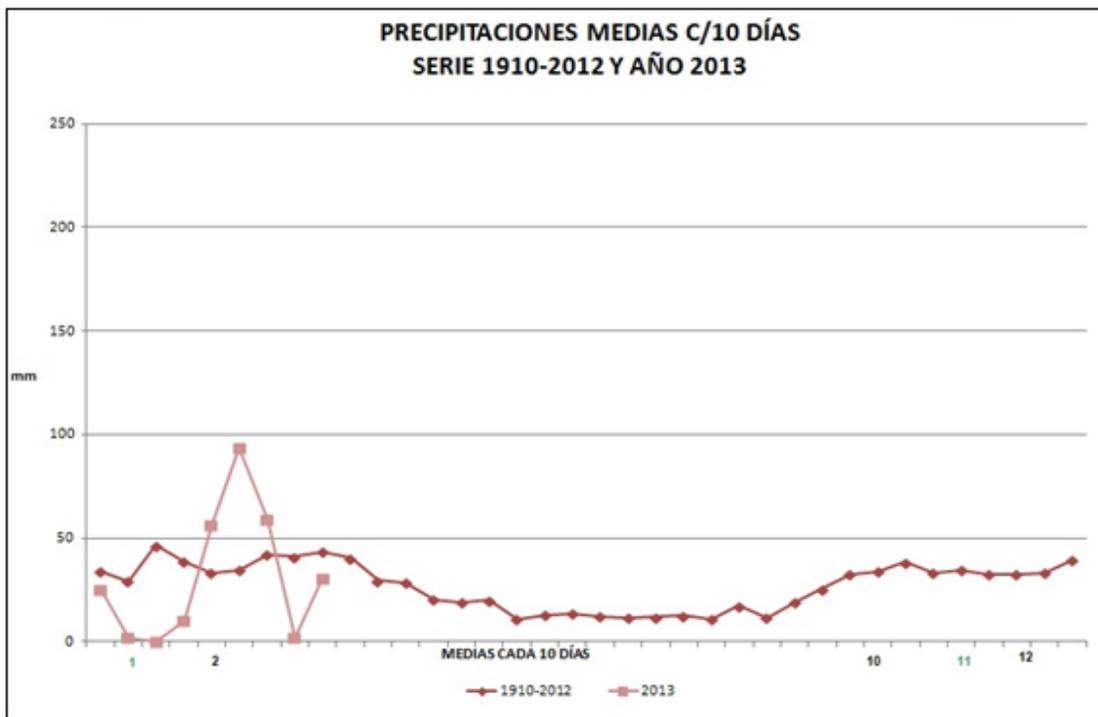
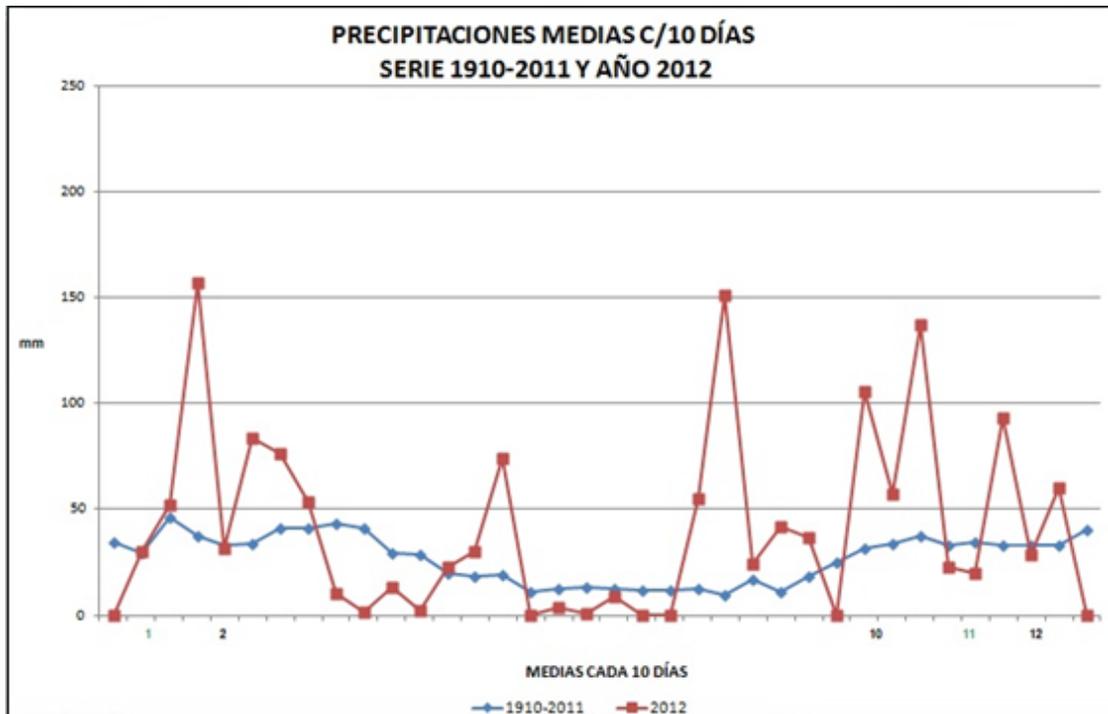
- Vijayabharathi, A., Anandakumar, C.R. and Gnanamalar, R.P. 2009. Analysis of correlations and path effects for popping expansion in popcorn (*Zea mays var. everta* Sturt.). *Electronic Journal of Plant Breeding* 1: 60-64.
- Ziegler K.E. 2001. Popcorn. En: Hallauer A.R. 2001. *Second Edition, Specialty Corns*. Boca Raton London New York Washington, D.C. ISBN 0-8493-2377-0. 469p. pp 205-240.

Anexos

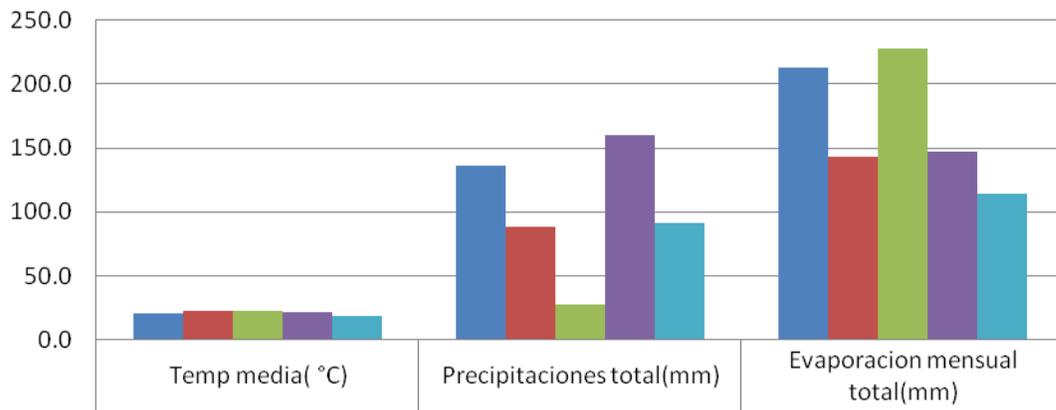
Cuadro 3: Datos de la raza y origen de cada una de las poblaciones utilizadas.

IDENTIFICADOR	RAZA	LOCALIDAD	PROVINCIA
ARZM01110	PISINGALLO	NUEVA ROMA	BUENOS AIRES
ARZM01111	PISINGALLO	CARHUE	BUENOS AIRES
ARZM04001	PERLITA	SANTO TOME	CORRIENTES
ARZM04005	PISINGALLO	SANTO TOME	CORRIENTES
ARZM04009	PISINGALLO	MERCEDES	CORRIENTES
ARZM04013	PISINGALLO	ISTA CORA	CORRIENTES
ARZM04014	PERLITA	ISTA CORA	CORRIENTES
ARZM04023	PISINGALLO	PERUGORRIA	CORRIENTES
ARZM04031	PERLITA	IFRAN	CORRIENTES
ARZM04061	AVATI PICHINGA	CORRIENTES	CORRIENTES
ARZM04066	PISINGALLO	DERQUI	CORRIENTES
ARZM04077	PISINGALLO	BELLA VISTA	CORRIENTES
ARZM05003	PERLITA	LEANDRO ALEM	MISIONES
ARZM05007	PISINGALLO	COLONIA TARAUCO	MISIONES
ARZM05019	PERLITA	PICADA SUECA	MISIONES
ARZM05020	AVATI PICHINGA	PICADA SUECA	MISIONES
ARZM05023	PERLITA	VILLA INDUSTRIAL	MISIONES
ARZM05040	PERLITA	CAMPO VIERA	MISIONES
ARZM05046	PERLITA	ARISTOBULO DEL VALLE	MISIONES
ARZM05049	PERLITA	PICADA REPUBLICA PARAGUAY	MISIONES
ARZM05051	PISINGALLO	SAN VICENTE	MISIONES
ARZM05054	PISINGALLO	RUTA ALICIA KM 33	MISIONES
ARZM05055	PERLITA	RUTA ALICIA KM 33	MISIONES
ARZM05059	PERLITA	SAN VICENTE	MISIONES
ARZM05060	PERLITA	RIO VICTORIA	MISIONES
ARZM05065	PERLITA	COLONIA 271 RIO VICTORIA	MISIONES
ARZM05076	PISINGALLO	BERNARDO DE IRIGOYEN	MISIONES
ARZM05111	PISINGALLO	R. MONTOYA	MISIONES
ARZM05115	PERLITA	SAN IGNACIO	MISIONES
ARZM05120	PERLITA	HIPOLITO YRIGOYEN	MISIONES
ARZM05124	PERLITA	AZARA	MISIONES
ARZM14009	PISINGALLO	ALTO DEL DURAZNO	CORDOBA
ARZM14012	PISINGALLO	PARAJE EL CANO	CORDOBA
ARZM14025	PISINGALLO	CERRO SAN LORENZO	CORDOBA
ARZM14039	PISINGALLO	LOS REARTES	CORDOBA
ARZM14043	PISINGALLO	LA CAPILLA	CORDOBA
ARZM14062	PISINGALLO	PAMPA DE OLAEN	CORDOBA
ARZM14070	PISINGALLO	ALTA GRACIA	CORDOBA
ARZM14081	PISINGALLO	AGUADA DE LAS CHACRAS	CORDOBA
ARZM14082	PISINGALLO	AGUADA DE LAS CHACRAS	CORDOBA

Gráfico 4: Registro histórico de precipitaciones. Comparación 1910-2011 con 2012 y 2013.



Condiciones Climáticas, Campaña 2012/2013



	Temp media(°C)	Precipitaciones total(mm)	Evaporacion mensual total(mm)
nov-12	20.6	135.9	213.1
dic-12	22.1	88.6	143.4
ene-13	22.2	27.0	228.2
feb-13	21.3	159.5	147.1
mar-13	18.23	91.5	113.7