

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA

Trabajo final presentado para optar al Grado de Ingeniero Agrónomo.

Modalidad: Proyecto

EVALUACIÓN DE HÍBRIDOS SIMPLES SELECTOS DE MAÍZ
EN DIFERENTES DENSIDADES DE SIEMBRA

Alumno: LÓPEZ, Martín Javier
D.N.I.: 37.490.055

Director: Dr. Ernesto Castillo
Co-Director: Ing. Agr. Hernán di Santo

Río Cuarto-Córdoba
Octubre– 2018

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA

CERTIFICADO DE APROBACIÓN

Título del trabajo final: EVALUACIÓN DE HÍBRIDOS SIMPLES SELECTOS DE MAÍZ
EN DIFERENTES DENSIDADES DE SIEMBRA

Autor: LÓPEZ, Martín Javier

D.N.I.: 37.490.055

Director: Dr. Ernesto Ariel Castillo

Co-Director: Ing. Agr. Hernán Elías di Santo

Aprobado y corregido de acuerdo con las sugerencias de la Comisión Evaluadora:

Dra. Malpassi, Rosana _____

Ing. Agr. Rossi, Ezequiel _____

Dr. Castillo, Ernesto _____

Fecha de presentación: ____/____/____.

Aprobado por Secretaría Académica: ____/____/____.

Secretaría Académica

DEDICATORIA

A Rosana y Walter, mis padres. Mis pilares en la vida, porque sin ellos y su constante apoyo incondicional este logro no hubiese sido posible.

A Angelita, mi tía abuela. Quién siempre confió en mí y en mi capacidad para lograr todo lo que me propongo.

AGRADECIMIENTOS

A la Cátedra de Genética de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la Universidad Nacional de Río Cuarto y su grupo de trabajo. De manera especial: a Ezequiel, Hernán, Ernesto y Julieta, que me han brindado su apoyo y conocimiento desde que comencé a realizar este proyecto. Agradezco también a todos los ayudantes de cátedra que me han dado una mano en cada una de las etapas de este trabajo. Un orgullo haber formado parte de este gran equipo.

A Carolina y Lorena, mis hermanas. Quienes siempre me alentaron a seguir adelante y cumplir mis objetivos.

A Ezequiel Lucero, Juan Goñi, Lisandro Flores, Juan Leiza, Fiamma Grossi y Carlos Hernández. Compañeros y amigos que me otorgaron su tiempo y ayuda en distintas tareas de este proyecto.

A mis abuelos, primos y tíos. Porque siempre me motivaron a continuar y finalizar esta hermosa carrera.

A todos mis amigos, quienes siempre estuvieron presentes y con quienes compartí hermosos momentos y experiencias en esta maravillosa etapa de mi vida.

A todos ellos... ¡Muchas Gracias!

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN.....	VI
SUMMARY	X
INTRODUCCIÓN	1
Hipótesis	7
Objetivos.....	7
MATERIALES Y MÉTODOS.....	8
Descripción del área de estudio	8
Obtención de semillas de híbridos selectos a través de cruzamientos de líneas endocriadas.	8
Evaluación y selección de híbridos simples en distintas densidades de siembra	10
Diseño experimental.....	11
Caracteres evaluados	11
Análisis estadístico.....	14
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	15
Obtención de semillas de híbridos selectos a través de cruzamientos de líneas endocriadas.	15
Evaluación y selección de híbridos simples en distintas densidades de siembra	17
Análisis multivariado de Componentes Principales	32
CONCLUSIONES	37
BIBLIOGRAFÍA	38
ANEXO I.....	43

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Estimaciones de progreso genético en el rendimiento de maíz resultante del trabajo de mejoramiento genético en la Argentina (Eyhérabide, 2015).....	4
Cuadro 2. Material utilizado en el ensayo comparativo de rendimiento de maíz. Río Cuarto, Córdoba. 2016/17.....	11
Cuadro 3. Valores medios, desvío estándar, mínimo, máximo y valores de H y su significación para los caracteres observados en cruzas de maíz. Río Cuarto, Córdoba. 2015/16.....	16
Cuadro 4. Prueba de diferencia de medias para número de hileras en maíz. Río Cuarto, Córdoba. 2015/16.....	16
Cuadro 5. Valor medio, error estándar (EE) y rango de variación (RV) de los caracteres medidos en el ensayo comparativo de rendimiento de híbridos simples. Río Cuarto, Córdoba. 2016/17.....	19
Cuadro 6. Valor de F y significancia estadística para cinco densidades de siembra y su interacción en híbridos simples. Río Cuarto, Córdoba. 2016/17.....	20
Cuadro 7. Valores medios de rendimiento de grano para cada densidad de siembra (kg. ha ⁻¹) en maíz. Río Cuarto, Córdoba. 2016/17.....	29

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Rendimiento promedio de híbridos simples, triples y dobles en doce ambientes del área maicera núcleo. Extraído de Eyhérabide, (2015).....	3
Figura 2: a) Espiga de maíz cubierta para evitar la polinización indeseada. b) Corte de la punta de la espiga de maíz para corroborar el desarrollo de estigmas. c) Detalle de corte de la punta de la espiga de maíz. Río Cuarto, Córdoba. 2015/16.....	9
Figura 3. Polinización artificial para el desarrollo de cruzas de maíz. Río Cuarto, Córdoba. 2015/16.....	9
Figura 4. Siembra manual del ensayo comparativo de rendimiento maíz. Diciembre de 2016. Río Cuarto, Córdoba.....	10
Figura 5. a) Maíz en estado V ₂ . b) Raleo manual de plántulas de maíz en estado V ₂ -V ₃ . Río Cuarto, Córdoba. Ciclo 2015/16.....	13
Figura 6. Pesaje de la espiga de maíz con balanza electrónica. Río Cuarto, Córdoba. 2016/17.....	14
Figura 7. a) Temperatura media mensual y b) precipitación registrada durante el desarrollo del cultivo de maíz en 2015/16 y valor medio de la serie 1983-2010. 2015/16. Río Cuarto, Córdoba, Argentina.....	15
Figura 8. a) Temperatura media mensual y b) precipitación registrada durante el desarrollo del cultivo de maíz en 2016/17 y valor medio de la serie 1983-2010. Río Cuarto, Córdoba. 2016/17.....	17
Figura 9. Valor medio de altura de planta (AT) y altura de inserción de primera espiga (APE) en maíz: híbridos simples (HS), y materiales comerciales. Río Cuarto, Córdoba. 2016/17.....	21
Figura 10. Peso verde promedio por planta y por superficie de cada densidad de siembra en maíz. Río Cuarto, Córdoba. 2016/17.....	23
Figura 11: Valores medios para porcentaje de espiga verde sin chala de los materiales de maíz evaluados. Río Cuarto, Córdoba. 2016/17.....	24

Figura 12: a) Peso verde de espiga sin chala por planta de los distintos materiales evaluados b) Peso verde de espiga sin chala por planta de las distintas densidades logradas. En maíz. Río Cuarto, Córdoba. 2016/17.....	25
Figura 13: Valores medios de diámetro de tallo para distintas densidades de siembra en híbridos de maíz. Río Cuarto, Córdoba. 2016/17.....	28
Figura 14: Valores medios de peso de granos por planta (g.pl^{-1}) de cada densidad de siembra (pl. ha^{-1}) en maíz. Río Cuarto, Córdoba. 2016/17.....	29
Figura 15: Rendimiento en grano en función de la densidad de siembra en maíz. Río Cuarto, Córdoba. 2016/2017.....	31
Figura 16: Índice de cosecha promedio de los materiales evaluados en maíz. Río Cuarto, Córdoba. 2016/17.....	32
Figura 17: Análisis de Componentes Principales de los caracteres relacionados con aptitud para ensilaje de maíz medidos en estadio R ₃ -R ₄ en híbridos de maíz. Río Cuarto, Córdoba. 2016/17.....	33
Figura 18: Análisis de Componentes Principales para caracteres relacionados con aptitud para ensilaje de maíz medidos en estadio R ₃ -R ₄ en densidades de siembra en el cultivo de maíz. Río Cuarto, Córdoba. 2016/17.....	34
Figura 19: Análisis de Componentes Principales de caracteres medidos en fin de ciclo en híbridos de maíz. Río Cuarto, Córdoba. 2016/17.....	35
Figura 20: Análisis de Componentes Principales caracteres medidos en fin de ciclo en densidades de siembra en el cultivo de maíz. Río Cuarto, Córdoba. 2016/17.....	36

RESUMEN

El maíz (*Zea mays* L.) es uno de los cultivos que menor plasticidad foliar presenta ante variaciones en la densidad de plantas, por lo cual este factor es de suma importancia en el manejo del mismo siendo primordial su análisis para arribar a los mejores resultados. En la orientación Genética de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la UNRC se han obtenido híbridos de maíz simples, dobles y de tres líneas, con aptitud para uso doble propósito: producción de forraje y producción de grano. Los objetivos de este trabajo fueron: obtener semillas de híbridos simples selectos a través de cruzamientos de líneas endocriadas y evaluar agrónomicamente híbridos selectos a diferentes densidades de siembra para su uso como doble propósito. En 2015, se realizó la siembra de líneas endocriadas para la obtención de semillas de híbridos. Se analizaron ocho caracteres, obteniendo sólo diferencia estadísticamente significativa en el carácter número de hileras por espiga. En 2016, se sembraron seis híbridos simples selectos y cuatro materiales comerciales, utilizando cinco densidades de siembra diferentes, con el fin de llevar a cabo un ensayo comparativo de rendimiento. Se analizaron veintitrés caracteres en distintos momentos de la fenología del cultivo mediante ANAVA y prueba DGC de diferencia de medias y se aplicó un análisis de componentes principales. Los híbridos simples 20x26 y 20x4 se destacaron en seis caracteres individuales y de aptitud silera, mientras que los híbridos comerciales AX 882 y AX 886 lo hicieron por producción de granos por superficie y peso de 1000 granos. En las menores densidades de siembra se observaron los mayores valores de los caracteres por planta; por otro lado, para los caracteres por superficie los valores máximos se registraron en las mayores densidades de siembra.

Palabras clave: *maíz – híbridos- silaje - producción de grano - doble propósito.*

SUMMARY

Maize (*Zea mays* L.) is one of the crops with low foliar plasticity in response to plant density variations. Therefore, this factor is importance in corn management and analyzing it is essential to achieve best results. Genetic in the FAV of the UNRC had obtained single, double and three-ways maize hybrid genotypes. All genotypes have dual purpose: forage and grain production. Inbred lines were planted in order to multiply and obtain the hybrids seeds. In the following season, six different single hybrids and four control hybrids were planted under five different plant densities for comparative yielding test. The objectives of this study were (i) to analyze seeds production of selected single hybrids; and (ii) to evaluate selected hybrids in a comparative performance test with different plant densities used as a double purpose crop. In the first year, eight traits were analyzed, obtaining only a statistically significant difference in the rows number trait. In the second year, twenty-two traits were analyzed at different times of crop phenology. In the latter, statistical difference was obtained for plant densities, the hybrids and the interaction plant densities-hybrids. Regarding individual traits and silage aptitude, the single hybrids 20x26 and 20x4 stood out, while grain production by area and 1000 grains weight, the AX 882 and AX 886 control had a greater performance. The highest values for each trait per plant were obtained in low plant densities; in opposite to traits per area, which were observed in high values in larger densities.

Key words: *corn – hybrids- silage - yield - double purpose.*

INTRODUCCIÓN

El maíz, junto con el trigo y el arroz, es uno de los cereales más importantes del mundo debido a que suministra elementos nutritivos tanto a los seres humanos como a los animales. Además, es una materia prima básica de la industria de transformación para producir diversos subproductos. La planta tierna, empleada como forraje, se ha utilizado con gran éxito en las industrias lácteas y cárnicas (FAO, 1993).

Botánicamente, el maíz (*Zea mays* L.) pertenece al género *Zea*, el cual integra la familia de las Poáceas (Bartolini y Rodríguez, 1990). Es una planta de porte robusto y de hábito de crecimiento anual; el tallo es simple, erecto de gran longitud, con pocos macollos o ramificaciones. Su aspecto se asemeja al de una caña. Las hojas nacen en los nudos de manera alterna a lo largo del tallo; las mismas abrazan al tallo mediante la vaina que envuelve el entrenudo. Presenta un sistema radical homorrizo al igual que el resto de las especies de la familia de las poáceas. Es una planta monoica de flores unisexuales (diclina), que presenta flores masculinas y femeninas bien diferenciadas en la misma planta: la inflorescencia masculina es terminal (panoja) y las inflorescencias femeninas se localizan en las yemas axilares de las hojas (espiga) (Andrade *et al.*, 1996). El maíz es una planta de polinización abierta (anemófila) propensa al cruzamiento; la gran mayoría de los granos de polen viajan de 100 a 1000 m (Jugenheimer, 1988). Es una planta C4 con una alta tasa de actividad fotosintética (Aldrich *et al.*, 1975). El maíz tiene alto potencial para la producción de carbohidratos por unidad de superficie por día (Paliwal *et al.*, 2001).

Es una especie diploide con diez pares de cromosomas ($2n = 2x = 20$). La reproducción se realiza por semillas resultantes de la fecundación cruzada de óvulos, dispuestos en la inflorescencia femenina, con granos de polen producidos en la inflorescencia masculina. Al estar las estructuras florales de distinto sexo separadas en la misma planta, permite la aplicación de una diversidad de métodos de mejoramiento y producción de semilla. El mejoramiento genético se apoya en la aplicación de selección artificial, esto es la selección de un grupo de individuos como progenitores de la generación siguiente (Eyhérbide, 2015).

El mejoramiento genético de maíz más simple ha sido el tradicional, realizado durante siglos por agricultores al seleccionar visualmente por características de la espiga o del grano que se relacionaban a sus necesidades de alimento. Sin embargo, esto cambió durante el siglo XX gracias a los avances en el campo de la Genética. Los trabajos de Shull (1908; 1909) y de East (1908) permitieron demostrar que una población o variedad de maíz está compuesta por una colección heterogénea de genotipos, a partir de los cuales es posible generar, mediante sucesivas autofecundaciones, líneas endocriadas homogéneas y homocigotas. Sin embargo, estas líneas presentan una disminución de tamaño de planta y rendimiento de grano (depresión

por endocria), pero los híbridos resultantes del cruzamiento entre líneas recuperan el vigor y exhiben rendimientos que pueden ser menores, similares, o superiores a los de las poblaciones de las que derivan las líneas (Eyhérbide, 2015).

El método de endocria e hibridación permite la producción a voluntad de semilla híbrida con una constitución genética determinada y homogénea, con la condición de que se mantenga la pureza de las líneas progenitoras y se apliquen buenas prácticas agronómicas de producción de semilla. En tanto que las líneas progenitoras sean endocriadas hasta completa homocigosis, la recombinación genética resultante del entrecruzamiento durante la meiosis no altera el genotipo de las gametas que darán origen a cada semilla F_1 . Los individuos de la F_1 serán genéticamente heterocigotos en aquellos loci en que las líneas progenitoras tenían fijados en estado homocigota alelos distintos. Los individuos F_1 de un híbrido simple conforman una población genotípicamente homogénea (Eyhérbide, 2015). Debido al elevado costo de la semilla de híbridos de maíz, los productores a pequeña escala generalmente utilizan semilla en generaciones F_2 y F_3 (Gaytan *et al.*, 2009).

Existen tipos de cruzamientos que permiten obtener distintos híbridos, entre los cuales se pueden mencionar los siguientes:

Híbrido simple: obtenido de una cruce entre dos líneas endocriadas (línea A x línea B). Las características principales son alta uniformidad y rendimiento en el campo; sin embargo, la producción de semillas es costosa ya que la planta utilizada como madre proviene de una línea endocriada de muy bajo rendimiento (Paterniani, 2001).

Híbrido de tres líneas: Obtenido mediante un cruzamiento de un híbrido simple (línea A x línea B) con una tercera línea (línea C) (Cubero, 1999).

Híbrido doble: obtenido de un cruce entre dos híbridos simples [(línea A x línea B) x (línea C x línea D)]. Esta producción involucra cuatro líneas endocriadas diferentes y consecuentemente este híbrido presenta mayor variabilidad genética (población homeostática), menos vulnerabilidad, más uniformidad de las plantas y menores costos de producción que las plantas que les dieron origen (Paterniani, 2001).

La producción de semilla de híbridos de maíz se inició en Argentina con cruces dobles. Este tipo de materiales alcanzó una creciente y amplia difusión durante las décadas de los '50, '60 y '70. A medida que el mejoramiento genético fue aumentando la productividad de las líneas endocriadas, con la consecuente reducción en los costos de producción de semilla, fue posible la introducción al mercado de cruces triples. Estos tipos de híbridos alcanzaron su mayor utilización a mediados de los '80. En la actualidad, con creciente demanda por parte de los productores de maíz, los híbridos simples son el tipo de cultivar más utilizado en Argentina.

La razón por la cual se hace hincapié en el uso de híbridos simples, cuyo costo de producción es relativamente mayor al de las cruzas triples y dobles, es su mayor potencial de rendimiento en ambientes favorables. En la Figura 1 se presentan los promedios de rendimiento según el tipo de híbrido en los ensayos de cultivares de ciclo completo durante tres campañas sucesivas (1995/96, 1996/97 y 1997/98) realizados en las localidades Pergamino y Junín (Buenos Aires), Marcos Juárez (Córdoba) y Oliveros (Santa Fe) (Eyhérbide, 2015).

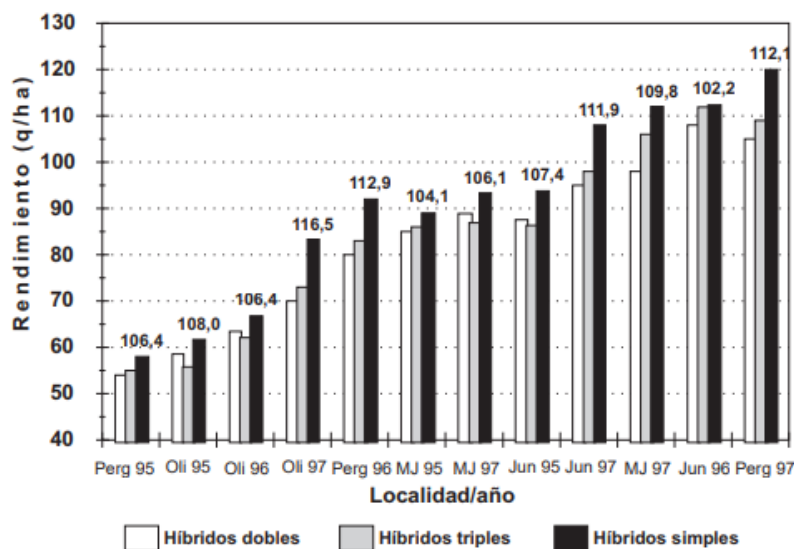


Figura 1. Rendimiento promedio de híbridos simples, triples y dobles en doce ambientes del área maicera núcleo. Extraído de Eyhérbide, (2015).

Ref.: MJ= Marcos Juárez (Córdoba), Oli= Oliveros (Santa Fe), Jun= Junín (Buenos Aires), Perg = Pergamino (Buenos Aires). El número luego de la localidad indica el año en que fue sembrado el ensayo. Las cifras sobre las barras indican el porcentaje de rendimiento de los híbridos simples respecto al promedio de dobles y triples.

Se estima que la contribución del mejoramiento genético al incremento en el promedio nacional de rendimiento de maíz por hectárea en la Argentina en los últimos treinta años fue de aproximadamente el 50 % (Eyhérbide, 2015) (Cuadro1).

Cuadro 1. Estimaciones de progreso genético en el rendimiento de maíz resultante del trabajo de mejoramiento genético en la Argentina (Eyhérabide, 2015).

Autores	Período	Progreso Genético	
		kg. ha ⁻¹ año ⁻¹	%
Nider y Mella, 1980	1961-1979	93	
Nider y Mella, 1980	1970 - 1978	109	
Mella <i>et al.</i> , 1984	1949 – 1984	82	1,1
Eyhérabide y Damilano, 1992	1979 - 1988	70	1,1
Eyhérabide <i>et al.</i> , 1994	1979 – 1991	112	1,8
Presello <i>et al.</i> , 1997	1961 – 1995	81	1,4
	1979 - 1998	169	2,9
Eyhérabide y Damilano, 2001	1979 – 1988	67	1,1
	1989 - 1998	249	3,7

En ambientes marginales para el cultivo de maíz, algunos productores conservan parte de la producción de grano obtenida por la siembra de híbridos para emplearla como semilla en la campaña siguiente, lo cual se conoce vulgarmente como semilla “hija de híbrido”. Esto es totalmente desaconsejable debido a que, como los híbridos permiten manifestar en mayor medida el fenómeno de heterosis, también muestran depresión por endocria en su descendencia, mayormente en el caso de los híbridos simples. Esto conlleva a que el cultivo proveniente de la semilla de estos híbridos presente una alta variabilidad y su rendimiento en grano sea mucho menor (Eyhérabide, 2015).

Los maíces doble propósito son útiles en los establecimientos de producción mixta ya que se adaptan a los propósitos de cosecha de grano y alimento directo o diferido para el ganado (di Santo *et al.*, 2012). Es un alimento voluminoso de gran valor nutritivo, que permite aumentar la carga animal, corregir desbalances nutricionales y lograr independencia de las condiciones climáticas (Di Nucci *et al.*, 2009). Más del 60 % del maíz que se cultiva en la Pampa Húmeda no se realiza con la intención fija de producir grano, ya que existe un porcentaje importante de la siembra cuyo propósito directamente es el destino forrajero, ya sea como pastoreo directo, diferido o ensilaje. Quienes realizan este planteo, habitualmente siembran una determinada superficie, sin tener definido cuál será el destino final (Bonaveri, 2005). Los maíces doble propósito serían los adecuados en los sistemas mixtos de la región del sur de Córdoba, ya que combinan la producción de grano con caracteres propios de gramíneas forrajeras, para obtener una producción estable frente a condicionamientos del ambiente (Reynoso, 1996).

El ensilaje de planta entera es una técnica de conservación de forraje en un ambiente con alta humedad a diferencia de la henificación (fardo o rollo) en la que la conservación del material se produce a partir de una deshidratación previa, es decir, el medio es de escasa humedad. Entre los cultivos más empleados para ensilar, se destaca el maíz y los sorgos tanto graníferos y forrajeros como los BMR (nervadura marrón, de baja lignina). Asimismo, como es un medio de conservación en el que predominan las fermentaciones lácticas es posible ensilar, y con mucho éxito, otros cultivos, como pasturas, cereales forrajeros de invierno, hortalizas, deshechos de agroindustria, etc. El objetivo es conservar, de la mejor forma posible, la calidad del alimento ensilado. Para que las bacterias lácticas desarrollen de manera rápida, es necesario eliminar el aire lo antes posible (buena compactación) y evitar que ingrese aire del exterior (tapar inmediatamente el silaje) (Uset, 2009).

La utilización del silaje de planta entera de maíz creció en forma significativa desde la década de los noventa, como consecuencia de la adopción de tecnología que significó la intensificación de los sistemas ganaderos pastoriles y de las ventajas que reporta su uso en relación con otros forrajes conservados. Estimaciones indican que la superficie destinada a ensilaje de maíz en Argentina supera las 700.000 ha. Se trata de un forraje principalmente energético, ya que su tenor proteico es bajo y poco variable. Su calidad nutritiva depende del contenido de grano y de la calidad del resto de la planta, es por esto que interesa conocer no sólo el índice de cosecha sino también la proporción de los distintos componentes morfológicos, los cuales presentan calidades intrínsecas diferentes (Carrete y Scheneiter, 2015). El uso del ensilaje es, desde hace mucho tiempo, un componente integral de los sistemas de alimentación animal en las zonas templadas del mundo como una forma de mantener el abastecimiento de forraje para animales de alta producción durante todo el año (FAO, 2000).

La superficie cultivada con forrajeras anuales en la provincia de Córdoba, según la última Encuesta Nacional Agropecuaria (2002), fue de 1.061.204 ha, correspondiendo 473.563 ha a especies invernales, mayoritariamente avena y centeno y 587.641 hectáreas a estivales. Dentro de estas, 215.458 ha (36,6%) estuvieron ocupadas por maíz con destino forrajero (INDEC, 2002).

La superficie cultivada de maíz en la provincia de Córdoba en la campaña 2017/18 fue de 2.359.400 ha, de las cuales 460.300 ha se destinaron para consumo animal, un 114% más que la campaña anterior, debido a que la sequía afectó en gran medida los rendimientos y la calidad del cultivo (BCCBA, 2018). A nivel nacional, en la misma campaña se sembraron 6.430.000 ha de maíz (BCR, 2018).

La densidad óptima de plantas de maíz puede diferir según el destino, sea la producción de granos o forrajes, siendo mayor para este último caso. Tomando como ejemplo estudios realizados en el extranjero indican rendimientos máximos de grano con densidades entre 74.000 y 79.000 pl. ha⁻¹ mientras que para producción de forraje los valores correspondientes son de 81.500 a 100.000 pl. ha⁻¹. En ensayos realizados en Argentina, el efecto más importante fue un aumento de la producción de materia seca, del 10 al 20 %, para incrementos en la densidad de plantas del 25 al 50 %, a partir de densidades de 60-70.000 pl. ha⁻¹. Este aumento es obtenido en condiciones de buena disponibilidad hídrica y es acompañado por una reducción en el diámetro del tallo. Tanto los componentes morfológicos de la planta (expresados como porcentaje de espiga, tallo u hoja sobre el total cosechado) como las variables de calidad fueron levemente afectados por cambios en la densidad de plantas, así como el genotipo híbrido utilizado y/o la dosis de nitrógeno aplicada (Carrete y Scheneiter, 2015).

En la orientación Genética de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la Universidad Nacional de Río Cuarto, a partir de seis ciclos de selección recurrente en maíz local, se obtuvieron las líneas S2, en las que se estimó la variación genética, tolerancia a la endocria, cruzabilidad y productividad de las líneas y calidad del grano (Brun *et al.*, 2004; 2008; Grassi *et al.*, 2005; 2006). En base al top cross de aptitud combinatoria general (Grassi *et al.*, 2002; 2008; 2009) se seleccionaron líneas endocriadas para la formación de híbridos simples. Los cruzamientos dialélicos para prueba de aptitud combinatoria específica permitieron identificar híbridos simples superiores (di Santo, 2012; di Santo *et al.*, 2012), los cuales continúan su evaluación agronómica en el presente trabajo.

Hipótesis

Los híbridos simples tienen un comportamiento agronómico diferencial ante diferentes densidades de siembra.

Objetivos

- a) Obtener semillas de híbridos simples selectos a través de cruzamientos de líneas endocriadas.
- b) Evaluar agronómicamente híbridos selectos a diferentes densidades de siembra para su uso como doble propósito.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del área de estudio

Los ensayos se desarrollaron en el Campo de Docencia y Experimentación (CAMDOCEX) (33° 6' 22'' S; 64° 17' 52'' O) de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la Universidad Nacional de Río Cuarto, a 443 msnm, ubicado en la localidad de Las Higueras, Departamento Río Cuarto, Córdoba, República Argentina.

El suelo se clasifica taxonómicamente como Haplustol típico y presenta un contenido promedio de materia orgánica de 1,6 % (Cantero *et al.*, 1986). La región se caracteriza por tener una temperatura media anual de 16,5 °C, una temperatura máxima media anual de 22,8 °C y una mínima media anual de 10,2 °C. El régimen pluviométrico es de tipo monzónico irregular, en el cual las precipitaciones están concentradas en el semestre más cálido del año, que abarca de octubre a marzo. El valor medio anual de las mismas es de aproximadamente 800 mm. El período libre de heladas es de 240 días, abarcando un período que inicia en mediados de septiembre hasta mediados de mayo (Agencia Córdoba Ambiente, 2006).

El suelo recibió en una labor con arado de reja, y una labor de rastra doble acción y de dientes. El control de malezas se realizó con herbicidas preemergentes Atrazina (50 %) y S-Metolacoloro (96 %) a razón de 0,75 kg. ha⁻¹ y 480 ml. ha⁻¹ de ingrediente activo, respectivamente.

Obtención de semillas de híbridos selectos a través de cruzamientos de líneas endocriadas.

Durante el ciclo 2015/16, se realizaron cruzamientos entre líneas endocriadas de maíz con la finalidad de obtener semilla de híbridos simples, dobles y triples de maíz. Las espigas obtenidas se procesaron y posteriormente se llevó a cabo un análisis de los resultados de esos cruzamientos a través del conteo de la semilla obtenida. La siembra se realizó el día 2 y 16 de diciembre de 2015, con el fin de tener un amplio período de floración para asegurar la disponibilidad de polen al momento de la fecundación.

El procedimiento para realizar los cruzamientos consistió en tapar las espigas de aquellas plantas utilizadas como línea progenitora femenina utilizando un sobre especial (Figura 2. a). Esto se realizó antes de la emergencia de los estigmas de las espigas (R₁). El momento oportuno se detectó mediante un corte de la punta de la espiga con el fin de observar que los estigmas estén por emerger (Figura 2. b y c). En el momento en que los estigmas aparecen por fuera de las envolturas de las chalas, los óvulos de las flores pistiladas de la espiga están susceptibles de ser fecundados por el polen de cualquier línea que esté a su

alrededor (ya que la polinización de esta especie es anemófila). A su vez también se taparon las panojas de aquellas plantas de líneas utilizadas como progenitores masculinos con el objetivo de recolectar polen. Luego se observó, unos días después, que aquellas espigas que fueron tapadas tuviesen los estigmas con una longitud correcta para poder ser fecundadas con el polen recolectado. El polen del progenitor seleccionado se arrojó en los estigmas de la espiga de la línea seleccionada como progenitor femenino (Figura 3). De esta manera se lograron realizar las distintas cruzas deseadas.

Las espigas obtenidas se procesaron y posteriormente se llevó a cabo un análisis de los resultados de esos cruzamientos a través del conteo de la semilla obtenida.

Además de los híbridos simples (HS) utilizados para este ensayo, se formaron híbridos dobles (HD) e híbridos triples (H3L) para ser evaluados en otro ensayo.



Figura 2: a) Espiga de maíz cubierta para evitar la polinización indeseada. b) Corte de la punta de la espiga de maíz para corroborar el desarrollo de estigmas. c) Detalle de corte de la punta de la espiga de maíz. Río Cuarto, Córdoba. 2015/16.



Figura 3: Polinización artificial para el desarrollo de cruza de maíz. Río Cuarto, 2015/16.

Los cruzamientos se evaluaron a través del análisis de varianza no paramétrica de Kruskal-Wallis para comprobar diferencias estadísticamente significativas entre los

cruzamientos, considerando como tratamientos a los híbridos y como caracteres: Días a polinización, número de hileras de la espiga, número filas en la espiga, número granos posibles, número granos llenos, porcentaje de llenado de espiga, peso de grano, peso de 1000 semillas.

Evaluación de híbridos simples en distintas densidades de siembra

El ensayo comparativo de rendimiento (ECR) para identificar diferencias en el comportamiento agronómico de los híbridos respecto a la producción de biomasa en el estadio fenológico grano lechoso-pastoso (R₃-R₄), sembrados a diferentes densidades: 40.000, 65.000, 90.000, 115.000 y 140.000 pl. ha⁻¹, se sembró el 6 de diciembre de 2016 (Figura 4).



Figura 4. Siembra manual del ensayo comparativo de rendimiento. Diciembre de 2016. Río Cuarto, Córdoba.

Material vegetal

Se utilizaron híbridos simples de maíz obtenidos en la orientación Genética de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la UNRC. Los mismos consistieron en seis híbridos simples (HS) seleccionados en ensayos comparativos de rendimiento en años anteriores (di Santo *et al.* 2012), los cuales se detallan en el Cuadro 2, se incluyeron cuatro materiales comerciales.

Cuadro 2. Material utilizado en el ensayo comparativo de rendimiento de maíz. Río Cuarto, Córdoba. 2016/17.

Híbridos simples (HS)	Materiales comerciales
3x26 – UNRC	Everett - Ayerza semillas
4x3 - UNRC	Generación F2 de DK 190 - Dekalb
4x28 - UNRC	AX882 - Nidera
28X4 - UNRC	AX886 - Nidera
20x26 - UNRC	
20x4 - UNRC	

Diseño experimental

El diseño utilizado para el ensayo fue en bloques completos al azar (DBCA), con tres repeticiones, con parcelas de dos surcos a 0,525 m de separación y una longitud de 3 m (3,15 m²). Se realizó la siembra en diferentes densidades, equivalentes a 40.000, 65.000, 90.000, 115.000 y 140.000 pl. ha⁻¹. La misma fue con doble golpe, con el objetivo de lograr la densidad buscada, mediante un raleo manual posterior.

La unidad experimental estuvo representada por la planta entera, excepto para los caracteres porcentaje de emergencia y días a floración masculina, en los cuales la unidad experimental fue la parcela.

Caracteres evaluados

- Generales, durante todo el ciclo
 - Porcentaje de emergencia
 - Días a floración masculina.
 - Altura total (cm) de la planta.
 - Altura de inserción (cm) de la primera espiga desarrollada.
 - Relación de altura de inserción (cm) de la primera espiga desarrollada/ Altura total (cm) de la planta.

- En estado R₃-R₄ (Ritchie y Hanway, 1982):
 - Número de tallos por planta.
 - Número de espigas por planta.
 - Peso verde (g) de planta entera.
 - Peso verde (g) de espigas sin chala por planta.
 - Porcentaje de espiga verde sin chala por planta.

- Peso seco (g) de planta entera.
- Peso seco (g) de espiga sin chala.
- Porcentaje de materia seca total.
- Porcentaje de materia seca de espigas sin chala.

- Al final del ciclo del cultivo:

- Número de tallos por planta
- Número de espigas por planta
- Diámetro de tallo (mm)
- Peso seco (g) de planta entera.
- Peso seco (g) de espigas sin chala por planta.
- Peso de granos (g) por planta.
- Peso de granos por m²
- Peso (g) de 1000 granos.
- Peso hectolítrico (kg. hl⁻¹).
- Índice de cosecha.

Criterios utilizados para la determinación de los caracteres medidos

- La escala fenológica utilizada para los caracteres es la propuesta por Ritchie y Hanway (1982) para el cultivo de maíz.
- Porcentaje de emergencia: cociente entre plantas emergidas y semillas sembradas.
- Días a floración masculina: días transcurridos entre la siembra y la floración masculina (50% de las plantas con al menos la mitad de la panoja emergida sobre el total de plantas de la parcela, al momento de observación).
- Altura total (cm) de la planta: distancia desde el nivel del suelo hasta el ápice de la panoja.
- Altura de inserción (cm) de la primera espiga: distancia desde el nivel del suelo hasta el nudo de inserción de la primera espiga.
- Porcentaje de materia seca total por planta al momento del corte (R₃-R₄): (peso seco total (g) por planta / peso verde total (g) por planta) x 100.
- Índice de cosecha: relación entre el peso de grano y el peso total de la biomasa aérea.

Medición de los caracteres vegetativos:

En estado V_2 - V_3 (Figura 5. a), se realizó el raleo manual (Figura 5. b), de las plántulas emergidas (debido a que la siembra fue realizada de manera manual “a doble golpe”), determinando el porcentaje de emergencia y posteriormente la medición de los caracteres vegetativos.

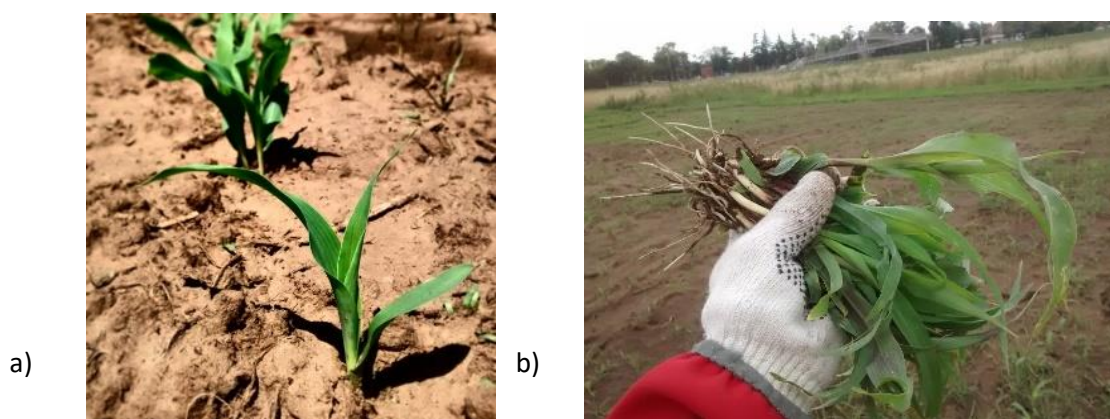


Figura 5: a) Maíz en estado V_2 . b) Raleo manual de plántulas de maíz en estado V_2 - V_3 . Río Cuarto, Córdoba. 2015/16.

En estado R_3 - R_4 (momento óptimo de cosecha para uso como silaje), se midió la altura total de planta y la altura de inserción de la primera espiga (promedio de 3 plantas/parcela). Luego se cortaron manualmente tres plantas de cada parcela. Cada planta se pesó entera, se separaron sus espigas, las cuales se pesaron con chala y sin chala. Con esta información se determinó el porcentaje de espiga verde sin chala por planta. También se contabilizó el número de tallos y de espigas de cada planta. Al mismo momento, una planta representativa de cada parcela se eligió, se secó a temperatura ambiente hasta alcanzar peso constante, momento en el cual se registró el peso seco de cada componente (planta entera, espiga con chala y espiga sin chala) para determinar el porcentaje de materia seca al momento del corte.

Al final del ciclo del cultivo, se cortaron manualmente tres plantas de cada parcela. Cada planta se pesó entera y se separaron sus espigas, pesándolas con y sin chala, registrando en ese momento el número de espigas y de tallos por planta. Con esta información se determinó el porcentaje de espiga e índice de cosecha.

Cada espiga se cosechó manualmente, registrando el peso de los granos de cada planta; 50 granos fueron pesados en una balanza electrónica de precisión para estimar el peso de 1000 semillas. También se pesó una muestra de 100 ml de semilla, determinando así el peso hectolítrico.



Figura 6: Pesaje de una espiga de maíz con balanza electrónica. Río Cuarto, Córdoba. 2016/17.

Análisis estadístico

Los resultados obtenidos se analizaron mediante ANAVA (Steel y Torrie, 1988) y prueba DGC de diferencia de medias (Balzarini *et al.*, 2008).

El modelo aditivo lineal para realizar el ANAVA fue:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + (\alpha_i \cdot \gamma_k) + \varepsilon_{ijk}$$

donde, μ = media general del ensayo; α_i = efecto del genotipo i ; β_j = efecto del bloque j ; γ_k = efecto del nivel de densidad k ; $(\alpha_i \cdot \gamma_k)$ = interacción entre el efecto del genotipo i y el efecto del nivel de densidad k ; ε_{ijk} = error experimental asociado a ijk .

En todos los caracteres se verificó el cumplimiento de los supuestos del ANAVA. La normalidad de los residuos y la homocedasticidad de las varianzas se probaron a través de la prueba de Shapiro Wilks y de Levene, respectivamente (Balzarini *et al.*, 2008).

Además, se aplicaron técnicas multivariadas: análisis de componentes principales (biplot). Los análisis estadísticos fueron realizados con el software INFOSTAT (Di Rienzo *et al.*, 2017).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Obtención de semillas de híbridos selectos a través de cruzamientos de líneas endocriadas.

La temperatura promedio del ciclo 2015/16 varió con respecto a la media histórica, siendo inferior a la misma. Los meses de diciembre, enero y febrero presentaron temperaturas que superaron la media histórica (Figura 7. a). En cuanto a las precipitaciones del ciclo 2015/16 se observaron registros superiores a la media histórica, a excepción de los meses de diciembre y de marzo que fueron menores a la misma (Figura 7. b). Sin embargo, durante el período crítico del cultivo, el mismo estuvo en condiciones de disponibilidad hídrica adecuada.

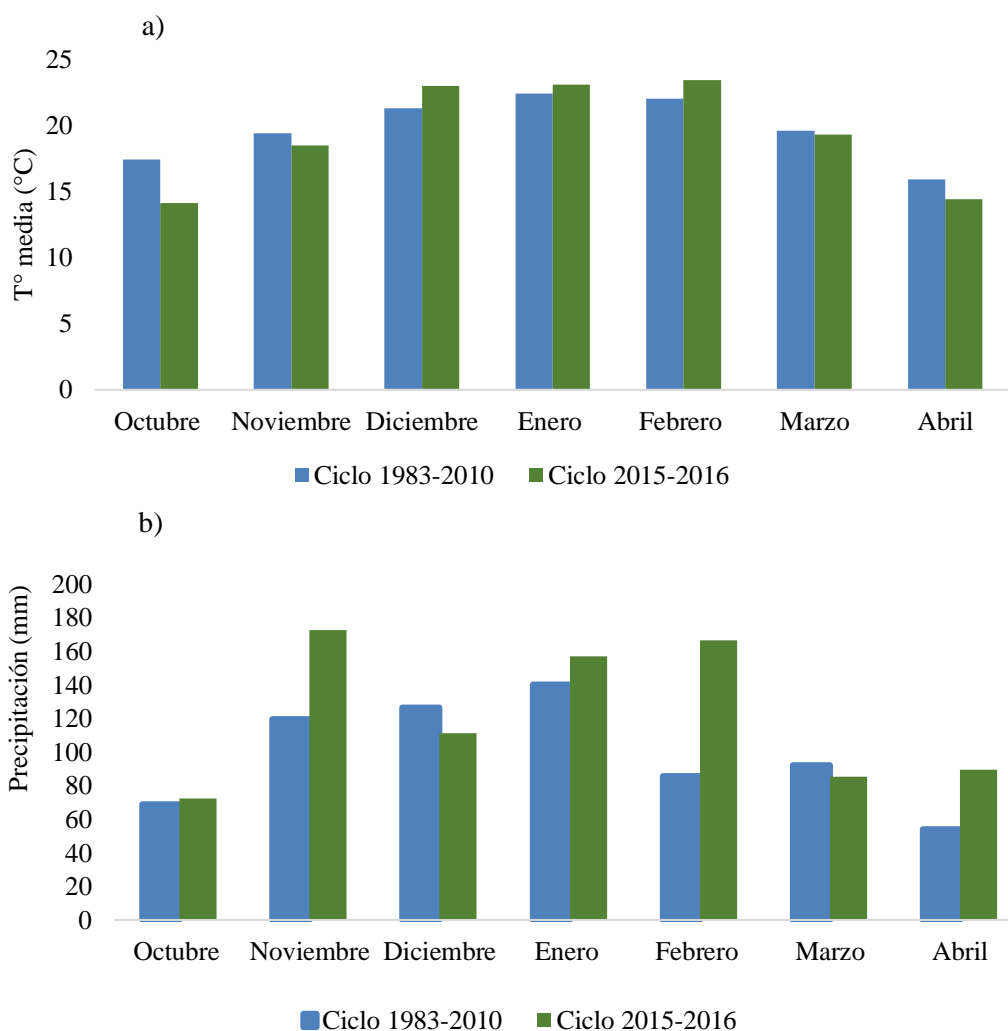


Figura 7. a) Temperatura media mensual y b) precipitación ocurrida durante el desarrollo del cultivo de maíz en 2015/16 y valor medio de la serie 1983-2010. Río Cuarto, Córdoba, Argentina. 2015/16

Los valores medios de cada carácter se presentan en el Cuadro 3. Se registró diferencia estadísticamente significativa sólo en el número de hileras. Se destacó el híbrido doble (4x20) x (28x26) con mayor número de hileras respecto a los siguientes materiales: 4x20, 4x28, 3sib, 4x4, 28x4 (Cuadro 4).

Estos resultados fueron los esperados debido a que el número de hileras de espiguillas que luego será el número de hileras de granos de la futura espiga queda definido tempranamente y está fuertemente controlado por el genotipo (Andrade *et al.*, 1996; Pagano y Maddonni, 2007).

Quiroz Mercado *et al.* (2017) obtuvieron una media de 14,2 para el número de hileras, valor muy semejante al obtenido en este ensayo. Así mismo, registraron diferencia significativa entre los distintos cultivares de maíz que evaluaron.

Cuadro 3. Valores medios (Media), desvío estándar (D.E.), mínimo (Mín), máximo (Máx) y valores del estadístico Kruskal-Wallis (H) y su significación para los caracteres observados en cruza de maíz. Río Cuarto, Córdoba. 2015/16.

Carácter	Media	D.E.	Mín	Máx	H
Días a polinización	3,29	2,06	1	10	16 ns
Hileras	14,26	2,02	9	19	23,21 *
Filas	24,5	7,28	9	45	13,96 ns
N° granos posibles	354,1	126,38	99	627	19,15 ns
N° granos llenos	89,22	144,5	1	512	16,4 ns
% llenado de espiga	22,76	31,35	0,18	99,62	14,21 ns
Peso de grano (gr)	19,87	32,9	0,04	141	16,26 ns
P1000 sem (gr)	180,6	67,4	47,8	300	12,27 ns

Cuadro 4: Prueba de diferencia de medias para número de hileras en maíz. Río Cuarto, Córdoba. 2015/16.

Trat.	Medias	Ranks		
4x20	12,5	15	A	
4x28	12,6	16,2	A	
3x3	12,67	16,83	A	
4x4	13,33	29,58	A	
28x4	13,71	29,82	A	
28x28	14	32	A	B
20x26	14	32	A	B
(28x20)x4	14,17	32,75	A	B
26x26	13,6	34,4	A	B
(28x20)x26	14,67	41,5	A	B
3x26	15,25	46,44	A	B
(4x20)x(28x26)	16,25	53,63		B

Ref.: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

Evaluación de híbridos simples en distintas densidades de siembra

La temperatura promedio del ciclo considerado, varió respecto a la media histórica de la región, siendo superior en los meses de noviembre, diciembre, enero, febrero y marzo (Figura 8. a). En cuanto a las precipitaciones del ciclo 2016/17 se observa que generalmente fueron inferiores a la media histórica registrada, a excepción de los meses octubre, febrero y abril (Figura 8. b). Por ello, puede inferirse que el período crítico del cultivo transcurrió en momentos donde la oferta hídrica era adecuada y sin déficits hídricos.

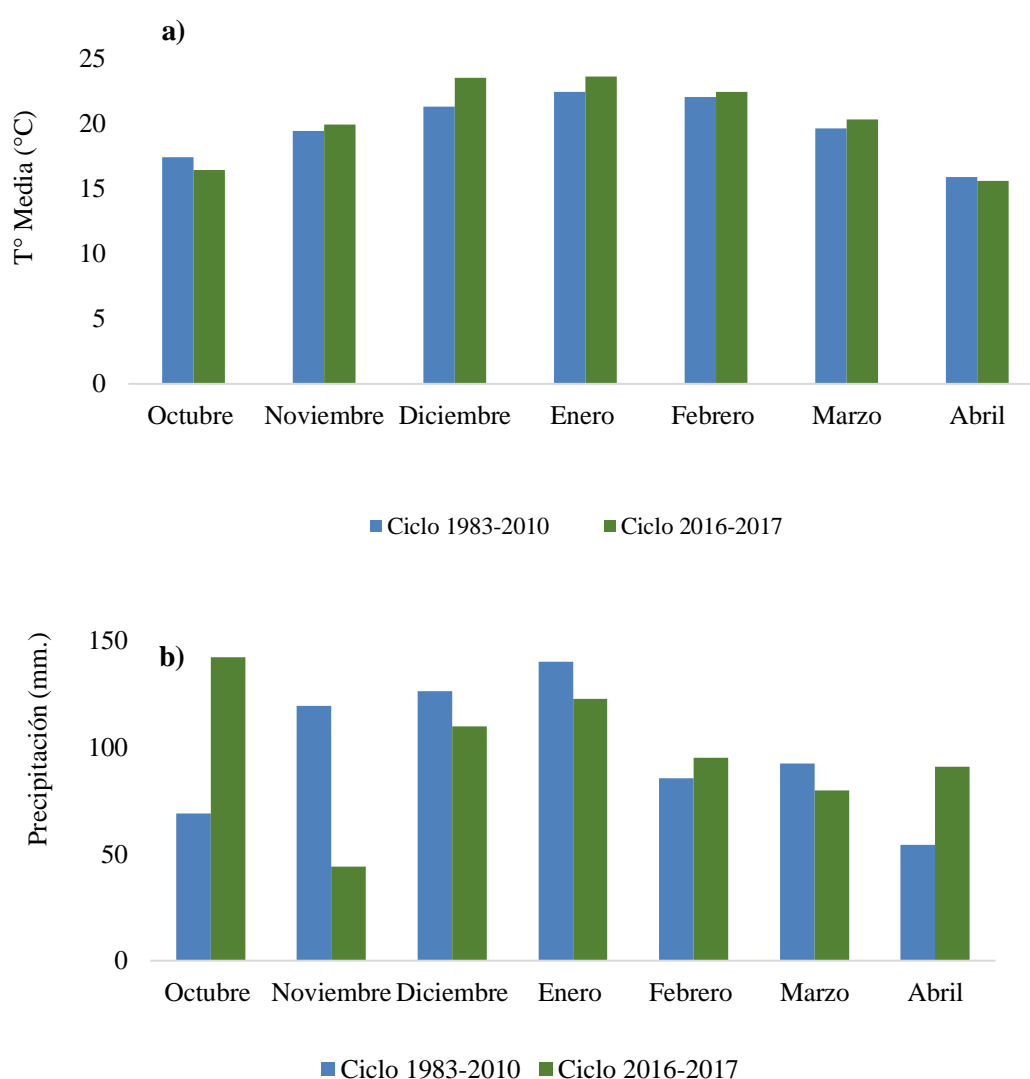


Figura 8. a) Temperatura media mensual y b) precipitación ocurrida durante el desarrollo del cultivo de maíz en 2016/17 y valor medio de la serie 1983-2010. Río Cuarto, Córdoba. 2016/17.

En el Cuadro 5 se muestran los valores medios, error estándar y rango de variación para los caracteres evaluados en maíz.

Cuadro 5. Valor medio, error estándar (EE) y rango de variación (RV) de los caracteres medidos en el ensayo comparativo de rendimiento de híbridos simples. Río Cuarto, Córdoba. 2016/17.

Carácter	Valor medio ± EE	RV
Días a floración masculina	77,78 ± 0,18	72-81
Altura de la planta (cm)	209,74 ± 1,33	150-270
Altura de inserción de la primera espiga (cm)	97,32 ± 1,01	55-150
Relación de alturas	46,68 ± 0,31	31-63
N° de tallos/planta R ₃ -R ₄	1,5 ± 0,04	1-5
N° de espigas/planta R ₃ -R ₄	1,56 ± 0,04	0-4
Peso verde de la planta entera R ₃ -R ₄ (g)	753,19 ± 17,02	198-2012
% Espiga verde sin chala/planta R ₃ -R ₄	20,92 ± 0,36	4-40,1
Peso verde espiga sin chala/planta R ₃ -R ₄ (g)	157,59 ± 3,8	26-370
Peso seco de la planta entera R ₃ -R ₄ (g)	161,43 ± 5,05	78-318
Peso seco espiga sin chala/planta R ₃ -R ₄ (g)	36,9 ± 1,92	6-80
% Materia seca total R ₃ -R ₄	26,51 ± 0,56	18,1-41,1
% Materia seca de espiga sin chala R ₃ -R ₄	28,8 ± 0,98	13-52,2
N° de tallos/planta FC	1,27 ± 0,03	1-4
N° de espigas/planta FC	1,45 ± 0,04	0-5
Peso seco (g) de la planta entera FC	331,65 ± 8,14	102-904
Diámetro de tallo	25,32 ± 0,19	16-35
Peso seco espiga sin chala FC	91,52 ± 3,48	3-324
Peso de granos por planta (g)	124,21 ± 4,6	0-477,67
Peso de granos por m ² (g)	765,64 ± 45,23	26,67-2732,89
Peso de 1000 granos	279,64 ± 3,83	80-500
Peso hectolítrico (kg. hl ⁻¹)	67,71 ± 0,6	34,48-80
Índice de cosecha	0,37 ± 0,01	0-0,81

Ref. : FC= Fin de ciclo.

En el Cuadro 6 se presenta el valor de F obtenido del análisis de la varianza y su significancia estadística de cada carácter evaluado, para cinco densidades de siembra y su interacción en híbridos simples. Los resultados del análisis estadístico corroboran la

existencia de interacción significativa entre genotipo y densidad en cinco caracteres. En el resto de los caracteres, se observaron diferencias significativas para cuatro caracteres en relación con la densidad de siembra, tres caracteres presentaron diferencias significativas para los genotipos evaluados y nueve caracteres presentaron diferencias significativas tanto para densidad como para genotipo.

Cuadro 6. Valor de F y significancia estadística de los híbridos simples evaluados para cinco densidades de siembra y la interacción densidad-genotipo. Río Cuarto, Córdoba. 2016/17.

Carácter	Genotipos	Densidad de siembra	Interacción
Días a floración masculina	7,3 ***	1,28 <i>ns</i>	0,6 <i>ns</i>
Altura de la planta (cm)	11,2 ***	10,61 ***	1,35 <i>ns</i>
Altura de inserción de la primera espiga (cm)	27,59 ***	15,35 ***	1,48 <i>ns</i>
Relación de alturas	23,54 ***	4,21 **	0,07 <i>ns</i>
N° de tallos/planta R ₃ -R ₄	5,14 ***	18,52 ***	2,22 ***
N° de espigas/planta R ₃ -R ₄	4,73 ***	17,55 ***	1,6 *
Peso verde de la planta entera R ₃ -R ₄ (g)	5,24 ***	29,67 ***	2,07 ***
Porcentaje de espiga verde sin chala/planta	10,11 ***	2,21 <i>ns</i>	0,84 <i>ns</i>
Peso verde espiga sin chala/planta (g)	3,51 ***	23,96 ***	1,06 <i>ns</i>
Peso seco de la planta entera R ₃ -R ₄ (g)	2,06 *	14,81 ***	1,4 <i>ns</i>
Peso seco espiga sin chala/planta (g)	2,75 **	4,98 **	1,09 <i>ns</i>
% Materia seca total R ₃ -R ₄	1,43 <i>ns</i>	0,5 <i>ns</i>	0,33 <i>ns</i>
% Materia seca de espiga sin chala R ₃ -R ₄	1,95 <i>ns</i>	0,43 <i>ns</i>	0,81 <i>ns</i>
N° de tallos/planta FC	3,47 ***	21,72 ***	1,9 **
N° de espigas/planta FC	4,33 ***	27,11 ***	1,25 <i>ns</i>
Peso seco (g) de la planta entera FC	2,31 *	22,09 ***	1,99 **
Diámetro de tallo	6,61 ***	13,81 ***	1,03 <i>ns</i>
Peso seco espiga sin chala FC	0,93 <i>ns</i>	5,19 *	0,84 <i>ns</i>
Peso de granos por planta (g)	1,77 <i>ns</i>	8,17 ***	1,11 <i>ns</i>
Peso de granos por m ² (g)	1,48 <i>ns</i>	8,72 ***	0,43 <i>ns</i>
Peso de 1000 granos	11,34 ***	2,68 *	1 <i>ns</i>
Peso Hectolítrico	1,72 <i>ns</i>	6,1 ***	0,79 <i>ns</i>
Índice de cosecha	2,55 **	0,84 <i>ns</i>	1,36 <i>ns</i>

Ref.: *ns* = no significativo, (*) significativo al 5 %, (**) significativo al 1 % y (***) significativo al 0,1 %.

Caracteres generales:

Los caracteres días a floración masculina, altura de la planta, altura de inserción de la primera espiga y relación de alturas, no registraron interacción entre los híbridos y la densidad de siembra.

El carácter días a floración masculina evidenció una media de 77,78 días con valores que oscilaron entre 72 y 81 días con diferencias significativas ($p < 0,0001$) entre híbridos, destacando al material 3x26 como el de menor días a floración masculina, respecto al resto de los materiales. Este resultado fue muy semejante al encontrado por di Santo (2012), el que obtuvo una media de $77,27 \pm 3,22$ días. En contraste a estos resultados, Sánchez-Hernández *et al.* (2011) obtuvieron, en ensayos realizados en Oaxaca-México, una media de 67 días, con un rango de variación entre 64 y 72,5 días. Posiblemente esto se deba a la mayor temperatura imperante en México, versus la temperatura estival en Argentina. Al ser la temperatura el principal factor que domina el desarrollo del cultivo, a mayores temperaturas la velocidad de desarrollo del cultivo es mayor, por ende, las etapas ontogénicas del mismo se acortan (Andrade *et al.*, 1996). La importancia de tener en cuenta la longitud de las distintas etapas fenológicas radica en que es un factor para considerar en el manejo del cultivo, principalmente en el momento de la elección de la fecha de siembra, debido a que esta determinará las condiciones foto termales de las distintas fases ontogénicas del cultivo y por ende el rendimiento potencial del mismo (Andrade *et al.*, 1996).

La altura media de planta fue de $209,74 \pm 1,33$ cm (Figura 9). Tanto los materiales como la densidad mostraron diferencias altamente significativas ($p < 0,0001$). El híbrido 20x26 presentó el mayor valor de altura por encima del resto de los materiales. A su vez, la mayor densidad de siembra (116.600 pl. ha^{-1}) fue la que presentó mayor valor de altura de planta con respecto a las demás densidades. Los valores obtenidos en el presente ensayo fueron inferiores a los obtenidos por Centeno *et al.* (2009) al evaluar híbridos de maíz para silo en el INTA San Francisco durante la campaña 2008/09, al igual que los obtenidos por Rivas (2012) en la estación experimental del INTA H. Ascasubi, y Ferreiro (2016) en el INTA Balcarce durante la campaña 2015/16. Sin embargo, en el INTA General Villegas, Prece *et al.* (2014) obtuvieron un valor de altura promedio inferior a la obtenida en este ensayo en maíces tardíos, siendo la misma de 206 cm. Calvo (2008) registró datos semejantes al evaluar dos híbridos de maíz, DK 682 y NK 940, en un Haplustol éntico en el sur de la provincia de Córdoba, donde obtuvo valores de altura de planta promedio de 195,04 y 185,86 cm para cada híbrido respectivamente. Valores inferiores fueron obtenidos por Ferreira y Piatí (2013) en ensayos realizados en la campaña 2012/13 en el INTA Manfredi utilizando 36 híbridos diferentes, en donde se obtuvo

un valor de 177 cm. Cicchino y Melani (2014) obtuvieron valores menores aún, con una media de 161 cm, y un rango de 143-177 cm al evaluar híbridos sileros en Chascomús, Buenos Aires.

La altura de inserción de la primera espiga presentó una media de 97,32 cm con un rango entre 55 y 150 cm (Figura 9). Se evidenciaron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,0001$) entre los híbridos evaluados, destacando al híbrido F₂ DK190 que presentó el menor valor. También la densidad de siembra presentó diferencias significativas ($p < 0,0001$). La menor altura de inserción de espigas se logró con la densidad de siembra de 47.300 pl. ha⁻¹. La media hallada en este ensayo resultó inferior al valor promedio de 124 cm encontrado por Rivas (2012) y al valor promedio de 124 cm encontrado por Gallego (2011). Por otra parte, Ferreiro (2016) obtuvo una media de 93 cm, y Prece *et al.* (2014) obtuvieron una media de 90 cm, siendo ambas inferiores a la encontrada en este ensayo.

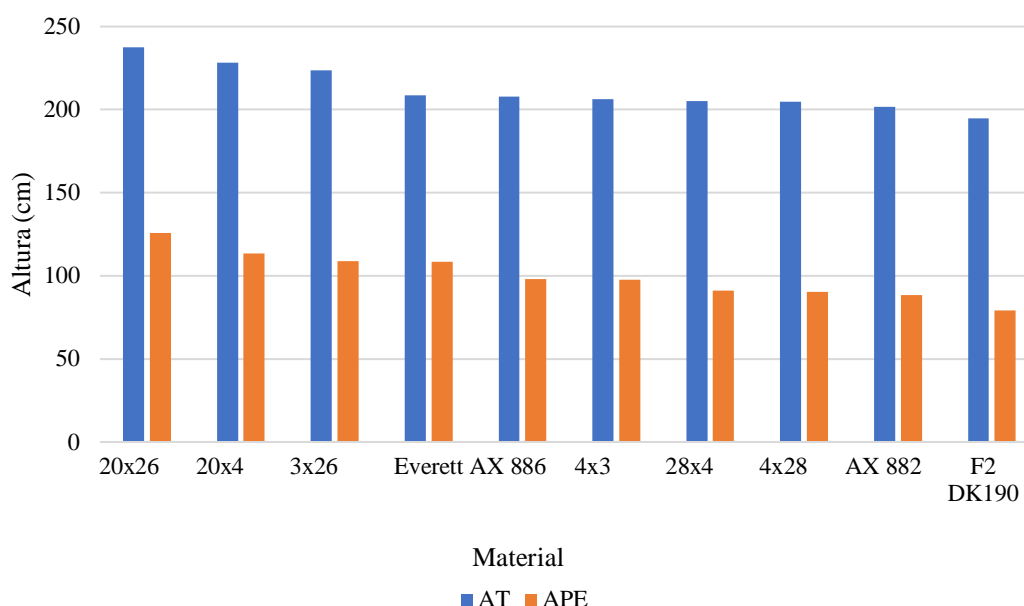


Figura 9. Valor medio de altura de planta (AT) y altura de inserción de primera espiga (APE) en maíz: híbridos simples (HS), y materiales comerciales. Río Cuarto, Córdoba. 2016/17.

La relación de alturas, es decir, el cociente entre altura de inserción de la primera espiga y la altura total de la planta, mostró una media de 0,47 con una variación entre 0,31 y 0,63. Tanto los híbridos como la densidad de siembra mostraron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,0001$ y $p = 0,0025$ respectivamente). El híbrido F₂ DK190 se destacó por encima del resto de los materiales al tener una menor relación de altura. La densidad de siembra de 47.300 pl. ha⁻¹ al presentar el menor valor. Centeno *et al.* (2009) evaluaron híbridos de maíz para silo en el INTA San Francisco durante la campaña 2008/09 y encontraron valores

promedios en los caracteres altura de planta y altura de inserción de la primera espiga, y obtuvieron valores promedios para ambos. Al estimar la relación de alturas el resultado fue de 0,44, levemente inferior al obtenido en este ensayo.

Caracteres medidos en estadio R₃-R₄:

Los caracteres número de tallos, número de espigas y peso verde de planta entera mostraron interacción entre híbridos y densidades de siembra. Mientras que porcentaje de espiga verde sin chala por planta sólo presentó diferencias entre híbridos y los caracteres peso verde de espigas sin chala por planta, peso seco de la planta entera, peso seco de espigas sin chala por planta mostraron diferencias significativas entre híbridos y entre distintas densidades de siembra. Los porcentajes de materia seca total y de materia seca de espigas sin chala por planta no mostraron diferencias significativas.

El carácter número de tallos por planta mostró una media de 1,50 tallos con valores de entre 1 y 5 tallos. Se registró interacción entre híbridos y densidades de siembra ($p=0,0003$). El HS 20x26 en la menor densidad (25.900 pl. ha⁻¹) fue el tratamiento que presentó los mayores valores de este carácter respecto al resto de materiales y densidades. Es esperable que en menores densidades haya mayor número de tallos debido a mejores condiciones de recursos por planta; y según sea el genotipo utilizado, cambiará la cantidad de tallos por planta observados debido a la fuerte respuesta de este carácter al genotipo (Andrade *et al.*, 1996).

La media de número de espigas por planta (prolificidad) la media fue de 1,56 espigas, con una cantidad de las mismas que varió entre 0 y 4 espigas por planta. Se observó una interacción entre híbridos y densidades de siembra ($p=0,0252$). Los HS 4x28, 4x3, 4x28 en las densidades de 25.900, 25.900 y 47.300 pl. ha⁻¹ respectivamente fueron los que presentaron mayor número de espigas por planta. Según Andrade *et al.* (1996) es esperable obtener mayor número de espigas por planta debido a que la cantidad de recursos por planta determina la prolificidad, en bajas densidades de siembra quedan disponibles mayor cantidad de recursos.

El peso verde de la planta entera en R₃-R₄ evidenció una media de 753,19 g con valores entre 198,00 y 2012,00 g. Los análisis arrojaron interacción entre híbridos y densidad ($p=0,001$), destacándose para este carácter los HS 20x26, 4x28 y 20x4 con la menor densidad de siembra (25.900 pl. ha⁻¹). La Figura 10 presenta un gráfico combinado en el que se muestra el peso verde promedio por superficie y por planta de cada una de las densidades de siembra. En el INTA Pergamino, al analizar distintos híbridos para ensilaje con una densidad de 90.000 pl. ha⁻¹, la acumulación de materia verde promedio fue de $48,5 \pm 4,7$ t. ha⁻¹ (Kugler y Camarasa, 2016), obteniendo diferencia estadísticamente significativa entre los distintos híbridos evaluados. Valores superiores a los de este ensayo fueron encontrados por Montesano (2013) en un ensayo realizado por la cátedra de Nutrición animal de la Facultad de Agronomía y

Veterinaria – UNRC, en el que utilizaron 13 híbridos sileros de maíz y se evaluó la aptitud para silo. Camarasa *et al.* (2016) llevaron a cabo un experimento durante dos campañas sucesivas con el fin de poder comparar distintos híbridos de maíz para ensilaje. El mismo se realizó en la Estación Experimental Agropecuaria INTA Pergamino sobre un suelo Argiudol típico con una densidad de siembra de 105.000 pl. ha⁻¹. Los resultados que se obtuvieron respecto al carácter peso verde de planta entera fueron superiores en la primera campaña e inferiores en la segunda respecto a los encontrados en este ensayo.

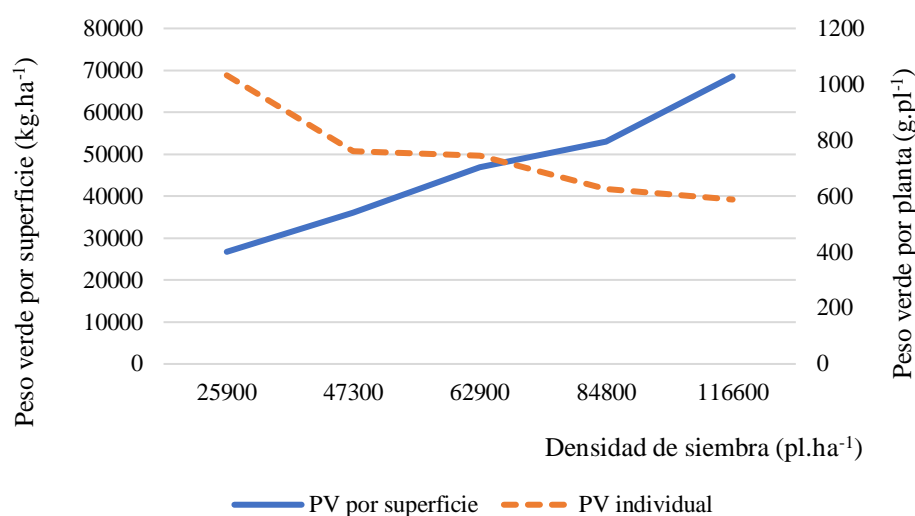


Figura 10. Peso verde promedio por superficie (kg. ha⁻¹) y por planta (g. pl⁻¹) de cada una de las densidades de siembra en maíz. Río Cuarto, Córdoba. 2016/17.

El valor medio del porcentaje de espiga verde fue de 20,92 % con valores que oscilaron entre 4,00 y 40,10 %, se encontraron diferencias significativas ($p < 0,0001$) entre los materiales evaluados destacando sólo el híbrido comercial AX 882 (Figura 11). Mientras que Beccari (2018) al evaluar híbridos dobles y triples encontró un valor medio para este carácter de $18,72 \pm 5,93$ %.

El peso verde de espigas sin chala por planta registró una media de 157,59 g.pl⁻¹ con valores entre 26,00 - 370,00 g.pl⁻¹. Los híbridos evaluados y las densidades de siembra presentaron diferencias estadísticamente significativas ($p = 0,0004$ y $p < 0,0001$, respectivamente). Se diferenciaron los híbridos AX 882, 3x26, 4x28, Everett, 28x4, 20x4, AX 886 y 4x3 de los demás materiales (Figura 12. a). En cuanto a la densidad de siembra, se destacó la menor densidad (25.900 pl. ha⁻¹) respecto al resto (Figura 12. b). En contraste, di Santo *et al.* (2012) obtuvieron mayores valores en cuanto a este carácter a lo largo de ensayos

realizados en tres campañas sucesivas utilizando líneas endocriadas e híbridos simples en Río Cuarto.

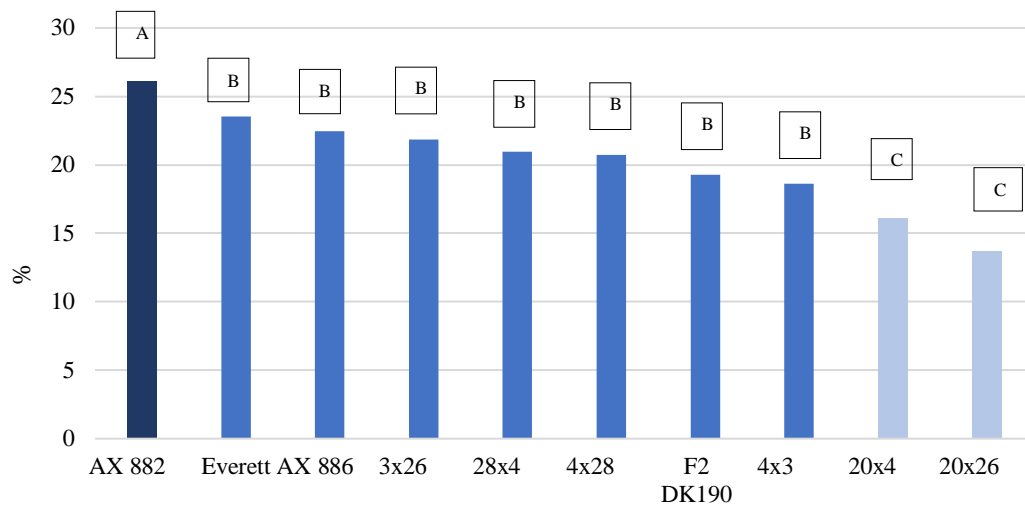


Figura 11. Valores medios para porcentaje de espiga verde sin chala de los materiales de maíz evaluados. Río Cuarto, Córdoba. 2016/17.

Ref.: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

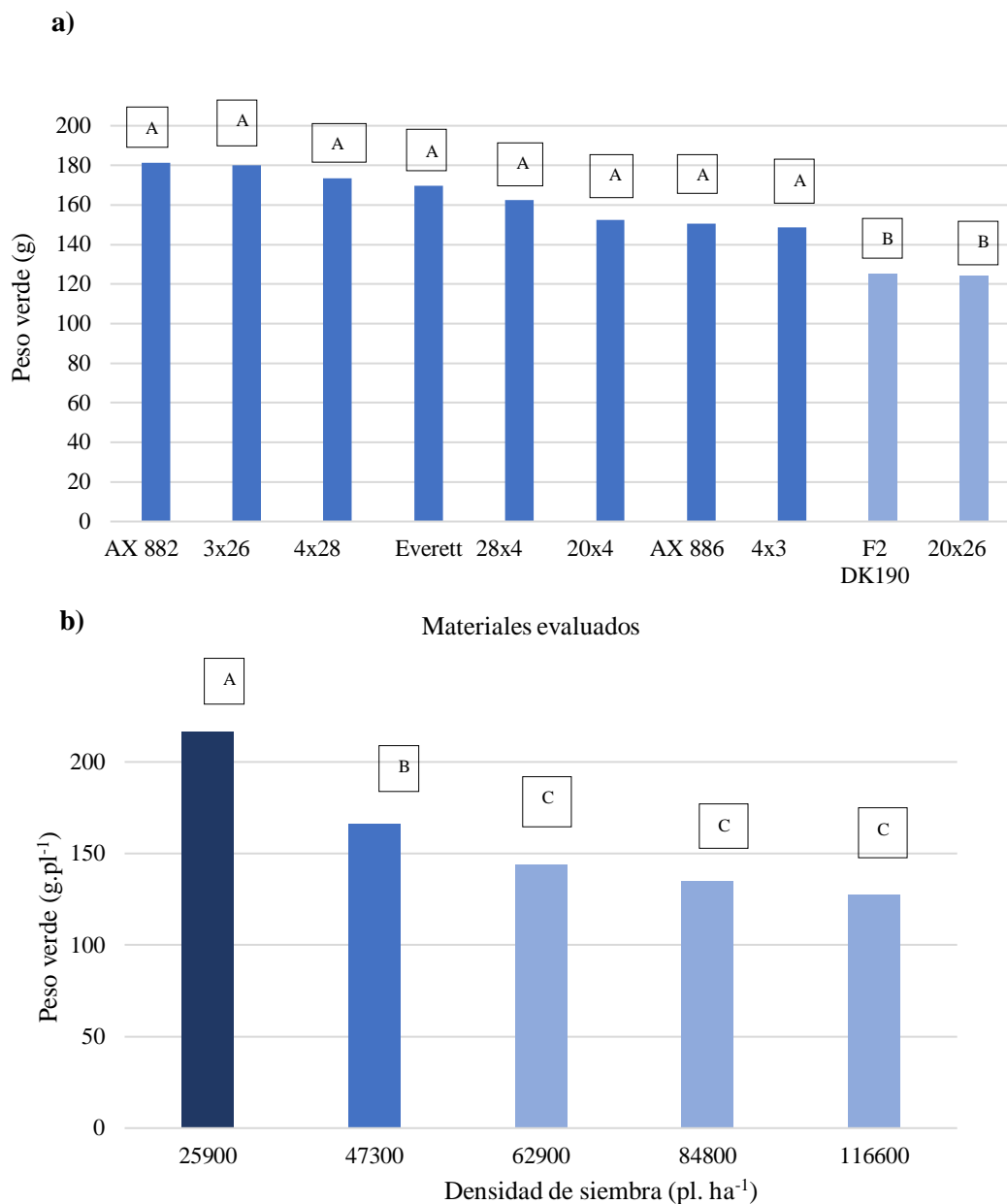


Figura 12. a) Peso verde de espiga sin chala por planta de los distintos materiales evaluados; b) Peso verde de espiga sin chala por planta de las distintas densidades de siembra en maíz. Río Cuarto, Córdoba. 2016/17.

Ref.: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

El carácter peso seco de planta entera en estadio fenológico R₃-R₄ evidenció una media de 161,43 g con valores que oscilaron entre 78,00 y 318,00 g. Los materiales ($p=0,0454$) y las densidades ($p<0,0001$) presentaron diferencias estadísticamente significativas. El HS (20x4) se diferenció del resto de los materiales evaluados, mientras que la menor densidad de plantas (25.900 pl. ha⁻¹) se destacó de las demás. Este resultado fue superior a los reportados por

Cichino y Melani (2014) en híbridos sileros, e inferior a lo reportado por Camarasa (2014) al utilizar híbridos para ensilaje en el INTA Pergamino.

El peso seco de espiga sin chala por planta registró una media de 36,9 g con un rango de variación entre 6,00 y 80,00 g. Este carácter presentó diferencias significativas tanto para híbridos ($p=0,0089$) como para las distintas densidades ($P=0,0015$). Los materiales que se destacaron fueron AX 882, 20x4 y Everett. Mientras que las densidades que obtuvieron los mayores valores fueron (25.900, 47.300, y 116.600 pl. ha⁻¹). Estos valores resultaron inferiores a los encontrados por Beccari (2018) al utilizar híbridos dobles y triples en distintos tratamientos de fertilización con nitrógeno, en los que se obtuvo una media de $45,52 \pm 22,13$ g. En el mismo sentido, di Santo *et al.* (2012) encontraron mayores valores de peso seco de espiga sin chala por planta en comparación a los obtenidos en el presente ensayo.

El porcentaje de materia seca total y el porcentaje de materia seca de espiga sin chala por planta no presentaron diferencias estadísticamente significativas ni para los materiales evaluados ni para las distintas densidades de planta. El carácter porcentaje de materia seca total registró una media de $26,51 \pm 0,56$ %, mientras que el porcentaje de materia seca de espiga sin chala por planta registró una media de $28,80 \pm 0,98$. di Santo *et al.* (2012), encontraron valores promedios superiores, siendo los mismos $29,57 \pm 11,94$ % y $45,08 \pm 17,70$ % para porcentaje de materia seca total y porcentaje de materia seca de espiga sin chala por planta, respectivamente.

Caracteres medidos al final del ciclo del cultivo:

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la interacción entre híbridos y densidades de siembra en los caracteres número de tallos y peso seco de la planta entera. Mientras que para los caracteres número de espigas, diámetro de tallo y peso de 1000 granos hubo diferencias estadísticamente significativas entre los materiales evaluados y también entre las distintas densidades. En los caracteres peso seco de espiga sin chala por planta, peso de grano por planta, peso de grano por m² y peso hectolítrico se registraron diferencias estadísticas sólo entre las distintas densidades de siembra. Por último, para el carácter índice de cosecha se observaron diferencias estadísticas entre los materiales evaluados.

Para el número de tallos por planta se obtuvo una media de 1,27 tallos con un rango entre 1 y 4. Este carácter presentó interacción entre materiales y densidades de siembra ($p=0,0037$), en donde resaltaron los materiales 4x28, 3x26, 4x3, 20x4, Everett, y 20x26 en la

menor densidad de siembra (25.900 pl. ha⁻¹). Valores mayores fueron encontrados por di Santo *et al.* (2012) con una media de $1,54 \pm 0,61$ tallos.

El número de espigas por planta fue de $1,45 \pm 0,04$ espigas. Se hallaron diferencias significativas ($p < 0,0001$) entre los híbridos evaluados, destacándose los HS 20x4, 4x3, 4x28, y el material comercial Everett. También las densidades de siembra registraron diferencias significativas entre ($p < 0,0001$), en donde resaltó la menor densidad de plantas (25.900 pl. ha⁻¹). Rivas (2012) encontró menores valores al evaluar híbridos de maíz en condiciones potenciales de producción a una misma densidad de siembra (85.000 pl. ha⁻¹) obteniendo una media de 1,14 espigas por planta. Andrade *et al.*, (1996) encontraron variaciones de prolificidad al cambiar la densidad de siembra utilizando el híbrido Dekalb 636, en donde la misma va disminuyendo a medida que aumenta la densidad de siembra, variando de $1,50$ a $0,94 \pm 0,08$ espigas.

El carácter peso seco de planta entera presentó una media de 331,65 g con valores entre 102,00 y 904,00 g. Este carácter mostró interacción entre los materiales evaluados y las distintas densidades, resaltando el híbrido 3x26 en la menor densidad de plantas (25.900 pl. ha⁻¹). Los valores resultaron superiores a los encontrados por Camarasa *et al.* (2016) al evaluar híbridos de maíz para ensilaje.

El carácter diámetro de tallo tuvo una media de 25,32 mm con valores extremos de 16 y 35 mm (Figura 13). Se encontraron diferencias significativas entre híbridos, destacándose los materiales 20x4, 20x26, Everett, 3x26, 4x3, 28x4, 4x28, observándose una clara diferencia entre los híbridos simples evaluados en comparación a los materiales comerciales, a excepción del material Everett. Además, se registraron diferencias estadísticas entre densidades, siendo la menor densidad de plantas (25.900 pl. ha⁻¹) la que se destacó del resto. Estos valores son superiores a los encontrados por Paccapelo *et al.* (1999) en líneas S₂ originadas del híbrido *Zea mays* x *Zea diploperennis*. Es de esperar que a mayores densidades el diámetro de tallo de la planta de maíz sea menor debido a cambios morfofisiológicos de esta especie en respuesta a mayores densidades (Andrade *et al.*, 1996).

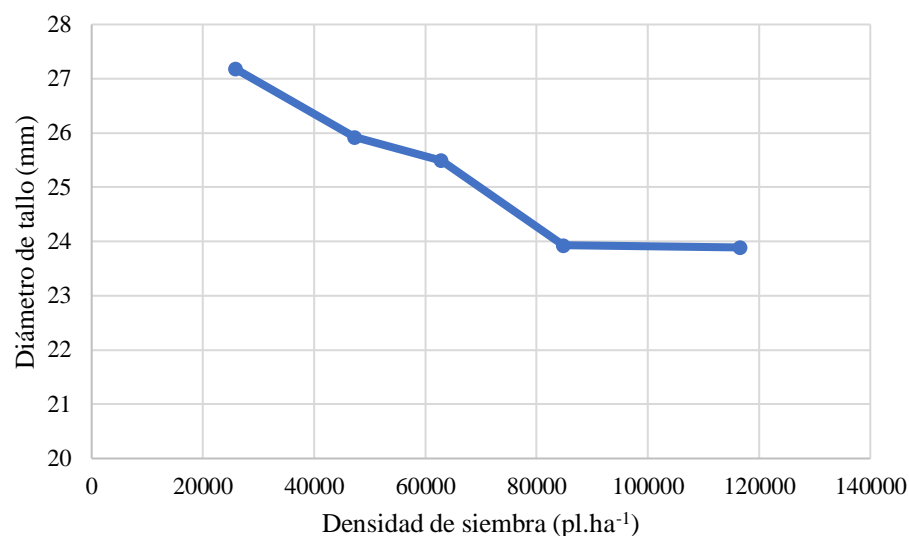


Figura 13. Valores medios de diámetro de tallo para distintas densidades de siembra en híbridos de maíz. Río Cuarto, Córdoba. 2016/17.

Ref.: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

El peso seco de espiga sin chala en fin de ciclo obtuvo un valor medio de 91,52 g con valores entre 3,00 y 324,00 g. Las densidades de siembra presentaron diferencias estadísticamente significativas ($p= 0,0005$), siendo las densidades 25.900, 47.300, 62.900 y 116.600 pl. ha⁻¹ las que se destacaron por encima de la densidad de 84.800 pl. ha⁻¹. Estos resultados resultaron inferiores a los encontrados por di Santo *et al.* (2012).

El peso de granos por planta evidenció una media de 124,21 g con un rango de variación entre 0 y 477,67 g. Se encontraron diferencias significativas ($p<0,0001$) respecto a la densidad de plantas, en donde se destacaron con mayor peso de grano por planta las dos menores densidades por encima del resto (25.900, y 47.300 pl. ha⁻¹) (Figura 14).

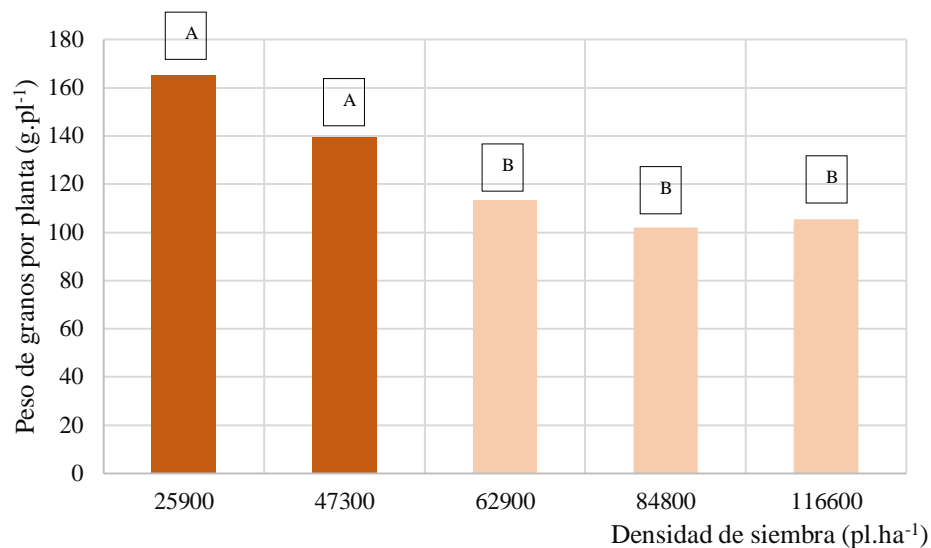


Figura 14: Valores medios de peso de granos por planta (g. pl⁻¹) de cada densidad de siembra (pl. ha⁻¹) en maíz. Río Cuarto, Córdoba. 2016/17.

Ref.: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

El peso de granos por metro cuadrado registró diferencias entre las distintas densidades ($p < 0,0001$), se destacó la mayor densidad de siembra por sobre las demás (116.600 pl. ha⁻¹). El valor medio para este carácter fue de $765,64 \pm 45,23$ g.m⁻². Para compararlo con resultados de otros autores se proyecta este valor a kg. ha⁻¹, obteniéndose una media de $7.656,40 \pm 452,30$ kg. ha⁻¹.

En el Cuadro 8 se exponen los valores de rendimiento medio (kg. ha⁻¹) para cada densidad de siembra.

Cuadro 7. Valores medios de rendimiento de grano para cada densidad de siembra (kg. ha⁻¹) en maíz. Río Cuarto, Córdoba. 2016/17.

Densidad de siembra	Rendimiento de grano (kg. ha ⁻¹)
25900	5441
47300	7107
62900	7459
84800	9079
116600	11346

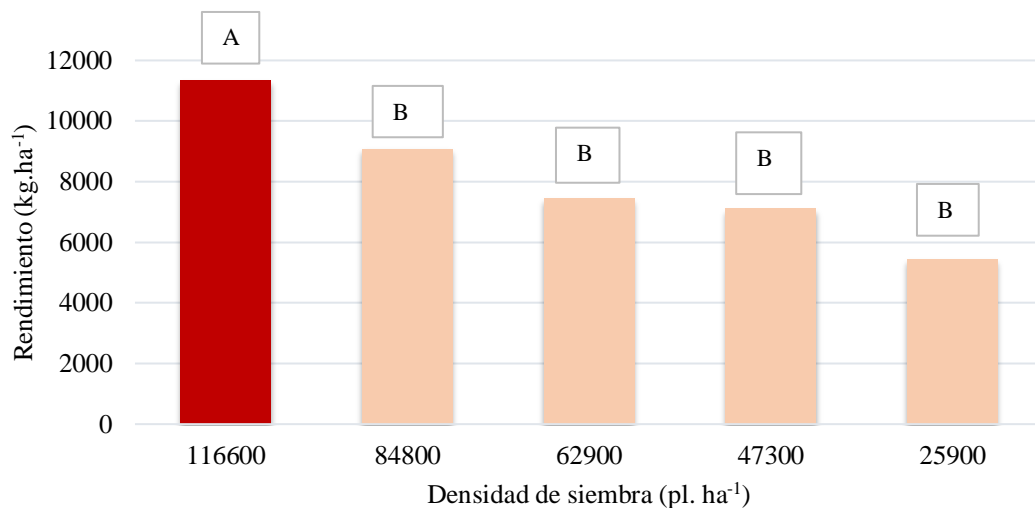


Figura 15. Rendimiento en grano en función de la densidad de siembra en maíz. Río Cuarto, Córdoba. 2016/2017.

Ref.: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

Los resultados encontrados son superiores a los hallados por Arias Usandivaras (2013) en las lomadas arenosas de Corrientes en tres localidades diferentes (Santa Ana, Santa Irene y La Escondida), en los cuales al variar la densidad no obtuvieron diferencias estadísticas significativas. Por otra parte, los resultados en este trabajo fueron inferiores a los obtenidos por Montesano (2013) y Camarasa *et al.* (2016). A su vez, son semejantes a los obtenidos por Forjan y Manso (2014) en la localidad de Barrow al utilizar distintos materiales híbridos en siembra directa a una densidad de 62.000 pl. ha⁻¹. Quiroz Mercado *et al.*, (2017) evaluaron diez cultivares de maíz en el centro mejicano a distintas densidades de siembra. Los rendimientos de grano que obtuvieron a 62.500, 78.125, 104.161 pl. ha⁻¹ fueron de 7.250, 8.030 y 10.030 kg. ha⁻¹, respectivamente; los valores de las dos primeras densidades difirieron significativamente de la tercera. Se podría inferir una respuesta positiva del rendimiento a mayores densidades, respaldada por lo observado en este ensayo. Ferreira y Piatí (2013) al evaluar 36 híbridos comerciales de maíz, en el INTA Manfredi, en secano obtuvieron un valor promedio de 11.396 kg. ha⁻¹ con una densidad media de 77.778 pl. ha⁻¹. Cicchino y Melani (2014) obtuvieron valores menores a los de este ensayo al analizar el rendimiento en híbridos para grano en la campaña 2013/14 en Chascomús con una densidad de siembra de 76.500 pl. ha⁻¹, con una media de 7.162 kg. ha⁻¹. Cicchino (2014) realizó, durante la campaña 13/14 en la Chacra Experimental Integrada Chascomús sobre un suelo Argiudol típico, un ensayo de maíz en cuatro densidades de siembra distintas: 60.000, 70.000, 80.000 y 90.000 pl. ha⁻¹ utilizando

el híbrido DK 682. En el mismo obtuvo diferencias estadísticas entre las distintas densidades de siembra, logrando mayores valores de rendimiento por superficie en las densidades de 70.000 y 80.000 pl. ha⁻¹, sin embargo, estos resultados fueron inferiores a los obtenidos en este ensayo.

El carácter peso de mil granos presentó una media de $279,64 \pm 3,83$ g. Se encontraron diferencias significativas entre los híbridos evaluados ($p < 0,0001$) donde se destacaron los materiales comerciales AX 882 y AX 886. También se observaron diferencias entre densidades de siembra, entre las que se destacó la menor densidad de plantas (25.900 pl. ha⁻¹) con mayor valor de peso de mil granos. Por otra parte, Rivas (2012) al evaluar distintos híbridos de maíz normales en la estación experimental Hilario Ascasubi bajo riego y con fertilización obtuvo una media mayor para este carácter, siendo la misma de $335,00 \pm 3,50$ g. Ferreira y Piatí (2013) encontraron valores similares, siendo la media, para los 36 materiales híbridos evaluados, de 286 g.

El peso hectolítrico mostró un valor medio de 67,7 kg. hl⁻¹ con valores extremos de 34,48 y 80,00 kg. hl⁻¹. Estos valores resultaron inferiores a los encontrados por Forjan y Manso (2014) en distintos ensayos realizados en las localidades de Barrow y San Francisco de Bellocq en la campaña 2013/14 en donde utilizaron 21 materiales híbridos diferentes y por Ferreira y Piatti (2013) en el INTA Manfredi, quienes obtuvieron un valor promedio de 76 kg. hl⁻¹.

La media del índice de cosecha fue de 0,37 con un rango de variación entre 0,00 y 0,81. Este carácter sólo presentó diferencias significativas entre materiales, entre los que se destacó el híbrido comercial Everett. Las distintas densidades utilizadas no presentaron diferencias estadísticas (Figura 16). Cicchino (2014) obtuvo diferencias entre densidades con mayores valores de este carácter en las menores densidades de siembra, en donde encontró valores promedio de 0,40, 0,41, 0,39 para las densidades de 60, 70 y 80.000 pl. ha⁻¹, respectivamente. Sin embargo, el índice de cosecha promedio del experimento fue el mismo que el encontrado en este trabajo.

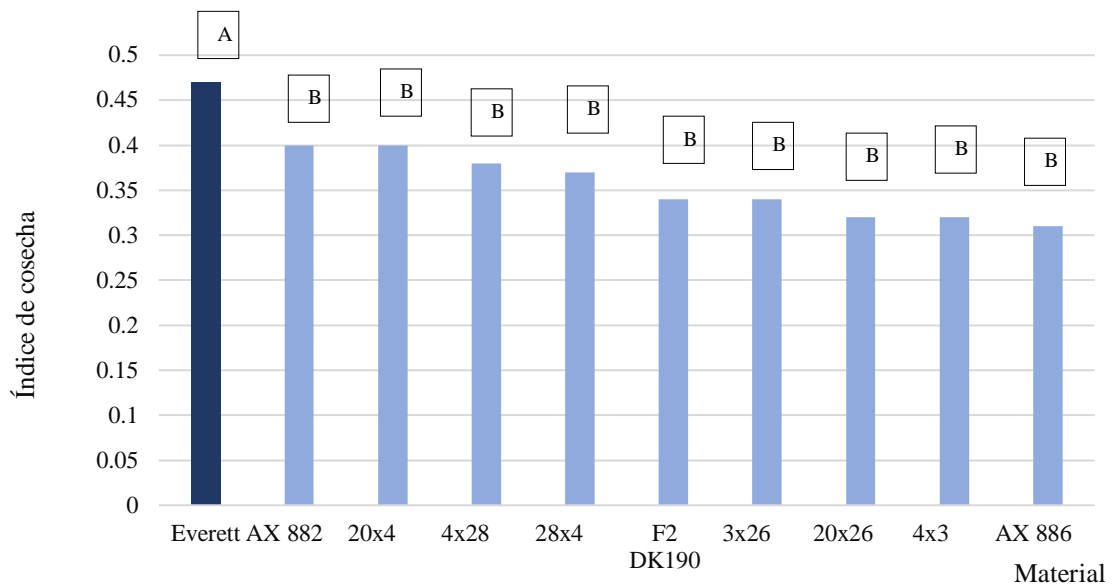


Figura 16. Índice de cosecha promedio de los materiales evaluados en maíz. Río Cuarto, Córdoba. 2016/17.

Ref.: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

Análisis multivariado de Componentes Principales

Se realizó un análisis multivariado de Componentes Principales utilizando como criterio de clasificación los materiales utilizados en el ECR y las densidades de siembra. Los autovalores, autovectores y correlaciones de cada análisis de componentes principales (ACP) se presentan en el Anexo I. En R_3 - R_4 se tuvieron en cuenta los caracteres altura de planta, relación de alturas, número de tallos por planta en R_3 - R_4 , número de espigas por planta en R_3 - R_4 , peso verde de planta entera en R_3 - R_4 , peso verde de espigas sin chala por planta en R_3 - R_4 , porcentaje de espiga verde sin chala por planta, peso seco de planta entera en R_3 - R_4 , y porcentaje de materia seca total en R_3 - R_4 . En fin de ciclo, se tomaron en cuenta los caracteres número de tallos por planta FC, número de espigas por planta FC, diámetro de tallo, peso hectolítrico, peso seco de planta entera FC, peso seco de espiga sin chala FC, peso de grano por planta, peso de grano por metro cuadrado, peso de 1000 granos e índice de cosecha.

El análisis de Componentes Principales para los materiales evaluados de caracteres en R_3 - R_4 se presenta en la Figura 17.

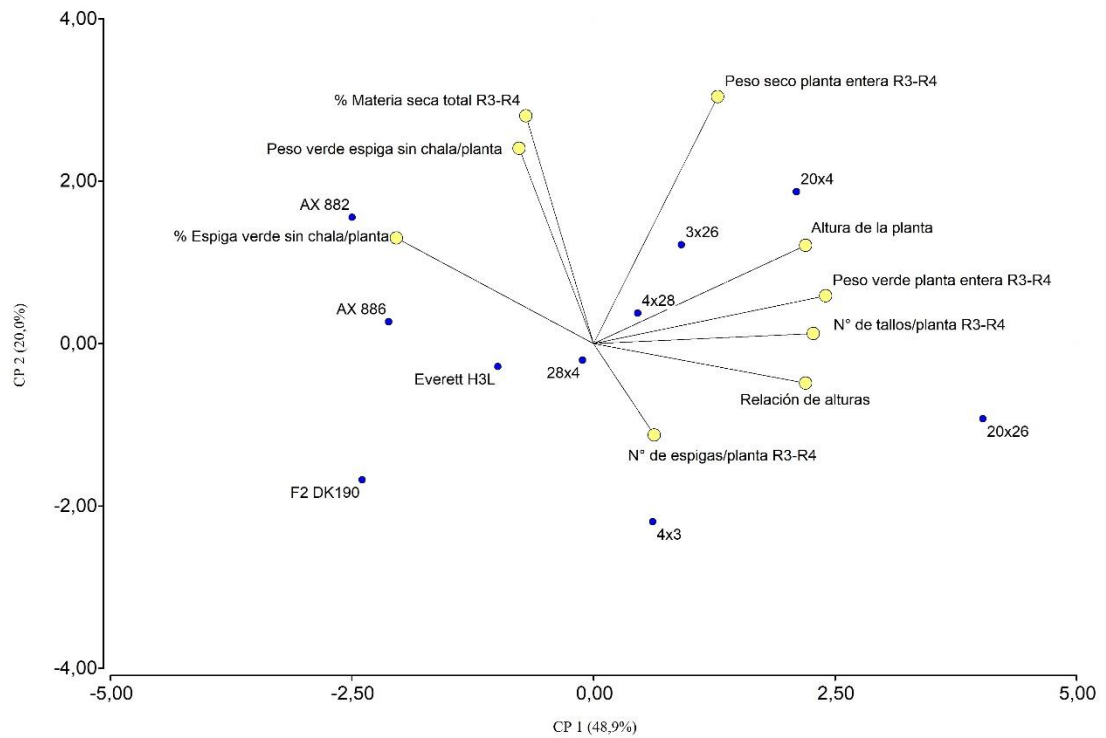


Figura 17: Análisis de Componentes Principales de los caracteres relacionados con aptitud para ensilaje de maíz medidos en estadio R₃-R₄ en híbridos de maíz. Río Cuarto, Córdoba. 2016/17.

El análisis de Componentes Principales para caracteres en R₃-R₄ permitió visualizar una gran diferencia entre los híbridos simples utilizados y los materiales comerciales del presente ensayo. Entre los HS, aquellos que se destacaron por su aptitud silera fueron 20x26 y 20x4 mientras que los híbridos comerciales AX 882 y AX 886 se destacaron en caracteres con aptitud granífera.

El análisis de Componentes Principales para las densidades de siembra utilizadas se presenta en la Figura 18.

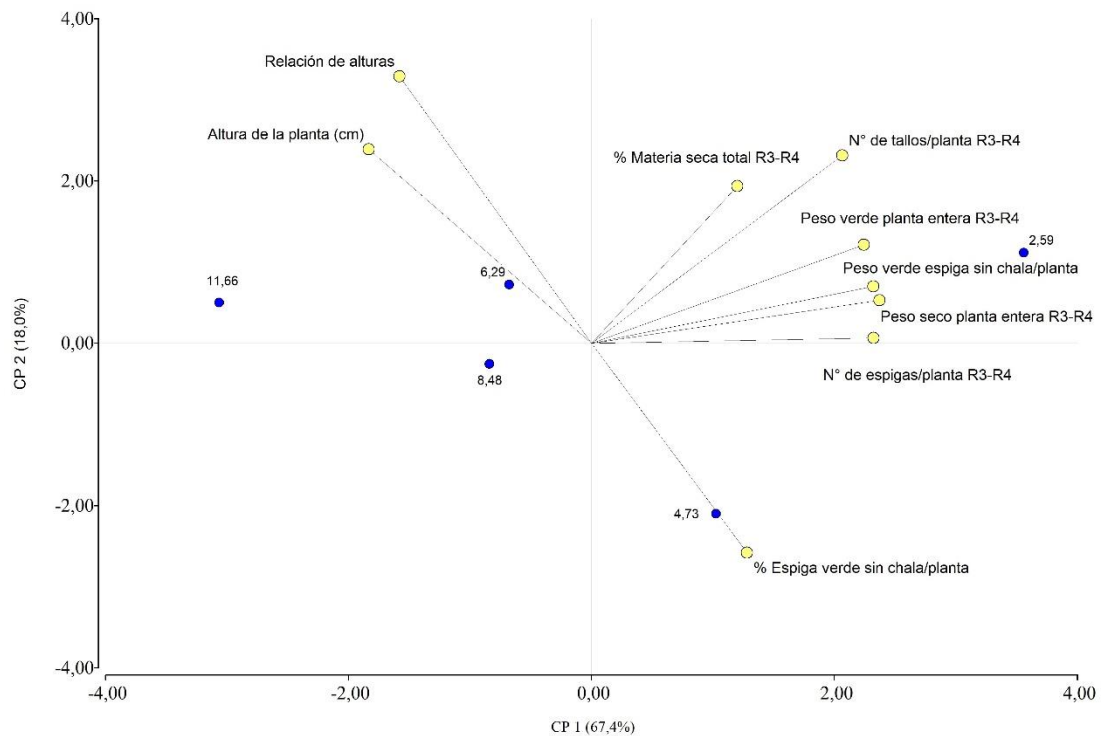


Figura 18: Análisis de Componentes Principales para caracteres relacionados con aptitud para ensilaje de maíz medidos en estadio R₃-R₄ en densidades de siembra en el cultivo de maíz. Río Cuarto, Córdoba. 2016/17.

El análisis de Componentes Principales de los caracteres en R₃-R₄ para las densidades de siembra arrojó que las menores densidades de siembra se destacaron por los mayores valores para los caracteres individuales tales como número de tallo por planta, peso verde de planta entera, peso verde de espiga sin chala por planta, peso seco de planta entera y número de espigas por planta.

La Figura 19 muestra el análisis multivariado de Componentes Principales utilizando como criterio de clasificación los distintos materiales presentes en el ECR para caracteres de fin de ciclo.

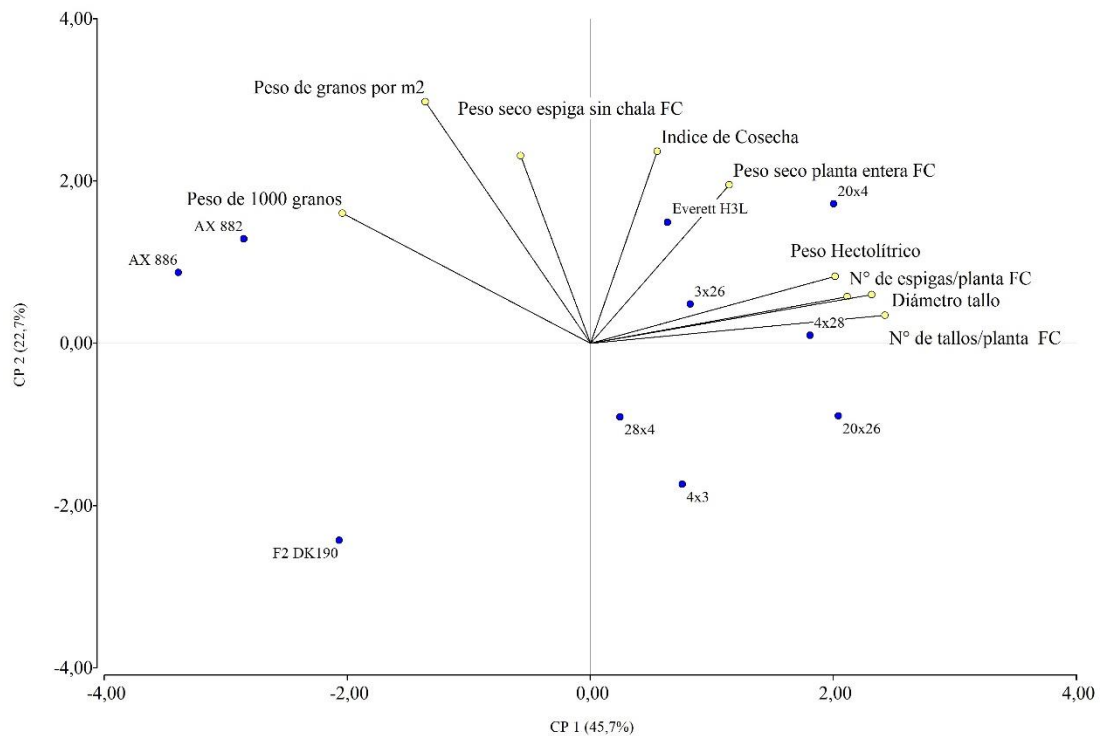


Figura 19: Análisis de Componentes Principales de caracteres medidos en fin de ciclo en híbridos de maíz. Río Cuarto, Córdoba. 2016/17.

El análisis de Componentes Principales para caracteres en fin de ciclo permitió, al igual que para los caracteres en R₃-R₄, visualizar una gran diferencia entre los híbridos simples utilizados y los híbridos comerciales del presente ensayo. Entre los HS, aquellos que se destacaron en los caracteres individuales: índice de cosecha, peso de granos por planta y peso seco de planta entera, fueron 20x4 y el material comercial Everett; mientras que en los caracteres individuales: peso hectolítrico, diámetro de tallo, número de espigas por planta FC y número de tallo por planta FC se destacaron los HS 4x28 y 20x26. Por otro lado, para los caracteres peso de grano por metro cuadrado y peso de 1000 granos se destacaron los híbridos comerciales AX 882 y AX 886.

La Figura 20 muestra el análisis multivariado de componentes principales utilizando como criterio de clasificación las distintas densidades logradas.

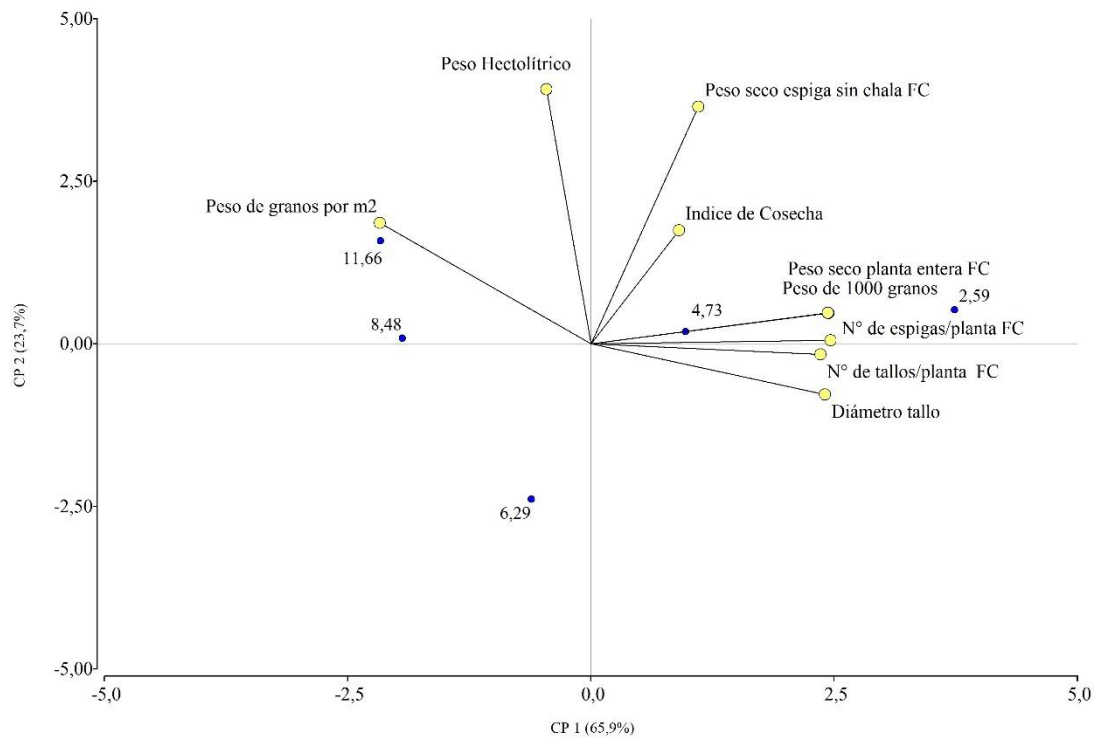


Figura 20: Análisis de Componentes Principales caracteres medidos en fin de ciclo en densidades de siembra en el cultivo de maíz. Río Cuarto, Córdoba. 2016/17.

El análisis de componentes principales para caracteres de fin de ciclo para las distintas densidades de siembra arrojó como resultado diferencias entre los tratamientos. Se destacaron las menores densidades para los caracteres individuales tales como diámetro de tallo, número de tallo por planta, número de espigas por planta, peso seco de planta entera, peso de 1000 granos, peso de granos por planta, índice de cosecha y peso seco de espiga sin chala por planta.

CONCLUSIONES

A través de cruzamientos de líneas endocriadas se logró la formación de semillas de los híbridos a evaluar agronómicamente. Se observaron diferencias solamente para el carácter número de hileras por espiga.

La evaluación de los híbridos simples selectos permitió diferenciarlos y evidenciar su comportamiento en diferentes densidades de siembra. Los HS 20x4 y 20x26 se destacaron por su aptitud silera. Los materiales AX 882 y AX 886 mostraron mayor aptitud granífera que los híbridos simples evaluados.

La mayor densidad lograda ($116.600 \text{ pl. ha}^{-1}$) registró el mayor rendimiento de grano por superficie. Debido a que las densidades logradas en este trabajo fueron menores que las originalmente proyectadas, no fue posible determinar si las altas densidades afectan negativamente el rendimiento por superficie. Se considera necesario repetir esta experiencia utilizando mayores densidades.

BIBLIOGRAFÍA

- AGENCIA CÓRDOBA AMBIENTE. 2006. *Recursos naturales de la provincia de Córdoba. Los suelos*. Nivel de reconocimiento 1:500000. Córdoba, Argentina. 541 p.
- ALDRICH, S.R., W.O. SCOTT, y E.R. LENG. 1975. Modern corn production En: PALIWAL, R.L., G. GRANADOS, H.R. LAFITTE, y A. VIOLIC. 2001. *El maíz en los trópicos: Mejoramiento y producción*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia. 392p.
- ANDRADE, F. H., A. G. CIRILO, S. A. UHART, y M. E. OTEGUI. 1996. *Ecofisiología del cultivo de maíz*. Ed. Médica Panamericana S. A. Balcarce, Buenos Aires, Argentina. 292p.
- ARIAS USANDIVARAS, L. 2013. Elección de híbridos, fertilización y densidad de siembra en maíz en Lomadas Arenosas de Corrientes. Noticias y comentarios N° 502. 6 p. En: https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_hbridos_fertilizacin_y_densidad_de_siembra_en_m.pdf. Consultado: 07-08-2018.
- BALZARINI, M.G., L. GONZALEZ, M. TABLADA, F. CASANOVES, J.A. DI RIENZO, y C.W. ROBLEDO. 2008. *Infostat*. Manual del Usuario, Ed. Brujas, Córdoba, Argentina.
- BARTOLINI, R y A. RODRÍGUEZ. 1990. *El Maíz*. 2^{da} ed. Ed. Mundi-Prensa, Madrid, España. 277p.
- BECCARI, A. 2018. *Evaluación de híbridos dobles y de tres líneas de maíz para doble propósito*. Tesis de Grado. Fac. de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto, Río Cuarto, Argentina. 51 p.
- BOLSA DE CEREALES DE CÓRDOBA. 2018. *Información agroeconómica BCCBA*, N° 138. Julio, 2018.
- BOLSA DE COMERCIO DE ROSARIO. 2018. Estimaciones de producción. En: <https://www.bcr.com.ar/Pages/gea/estimaProd.aspx>. Consultado: 30-07-2018.
- BONAVERI, A.N. 2005. Maíz como doble propósito. En: <http://www.pregonagropecuario.com/cat.php?txt=76>. Consultado: 18-10-2015
- BRUN, A., E. GRASSI, B. SZPINIAK y V. FERREIRA. 2004. Aptitud para el cruzamiento en un dialélico de maíz. **XIX Seminario Panamericano de Semillas**. Asunción, Paraguay. Conf. y Res.: 357p.
- BRUN, A., E. GRASSI, B. SZPINIAK y V. FERREIRA. 2008. Productividad de dos compuestos de maíz local con fines forrajeros. *Revista Universidad Nacional de Río Cuarto* 28(1-2): 3-20.

- CALVO, J. M. 2008. *Fertilización en el cultivo de maíz (Zea mays L.), en un Haplustol Éntico en el sur de la provincia de Córdoba*. Tesis de grado. Fac. de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto, Río Cuarto, Argentina. 57p.
- CAMARASA, J. N. 2014. Prueba híbridos de maíz silaje. INTA Pergamino. 8 p. En: https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_-_hbridos_de_maz_para_silaje__2014_eea_pergamino.pdf Consultado: 15-08-2018.
- CAMARASA, J. N., P.F. BARLETTA, y O. D. BERTÍN. 2016. Comparación de Híbridos de maíz para silaje en dos campañas. *Revista Técnica Agropecuaria* 10(31):5p.
- CANTERO, A., E. BRICCHI, V. BECERRA, J. CISNEROS, y H. GIL. 1986. **Zonificación y descripción de las tierras del departamento Río Cuarto (Córdoba)**. Departamento de Imprenta y Publicaciones, UN de Río Cuarto. 79 p.
- CARRETE, J.R. y O. SCHENEITER. 2015. Maíz para silaje. En: EYHÉRABIDE, G. *Bases para el manejo del cultivo de maíz*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Pergamino, Argentina. Cap.10. p:221:233.
- CENTENO, A., CORTÉS, E., y E. GALLO. 2009. Evaluación de híbridos de maíz para silo. Campaña 2008-09. Hoja de información técnica. UEE-INTA San Francisco-IPEM N° 222. 3 p.
- CICCHINO, M. 2014. *Efecto de la densidad de siembra sobre el rendimiento y calidad de maíz para silaje de planta entera*. Anuario 2014. INTA EEA Cuenca del Salado. 99 p.
- CICCHINO, M., y E. MELANI. 2014. *Ensayos comparativos de rendimiento de híbridos de maíz. Grano y silaje de planta entera. Chascomús, Campaña 2013/2014*. Anuario 2014. INTA EEA Cuenca del Salado. 99 p.
- CUBERO, J.I. 1999. *Introducción a la mejora genética vegetal*. Ed. Mundi-Prensa. España. 375 p.
- DI NUCCI, E., M. V. FIRPO, M. DEL H. MARTÍNEZ. 2009. Aptitud silera de híbridos de maíz (Campaña 2008/09). INTA EEA Paraná. 6p. En: https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-aptitud-silera-de-hibridos-de-maiz-_campaa-2008-.pdf. Consultado: 09-08-2018.
- DI RIENZO, J.A., F. CASANOVES, M.G. BALZARINI, L. GONZALEZ, M. TABLADA y C.W. ROBLEDO. 2015. *InfoStat versión 2017*. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>.
- DI SANTO, H. 2012. *Aptitud combinatoria en maíz para doble propósito*. Tesis de grado. Fac. de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto, Río Cuarto, Argentina. 90 p.
- DI SANTO, H., E. CASTILLO, A. FERREIRA, E. GRASSI, y V. FERREIRA. 2012. La aptitud combinatoria específica en el maíz (*Zea mays L. ssp. mays*) para doble propósito

- en Río Cuarto, Córdoba, Argentina. *Journal of Basic and Applied Genetics*. XXIII (2):35-47.
- EAST, E.M., 1908. Inbreeding in corn. *Connecticut Agric. Exp. Stn. Rep.* 197:419-428.
- EYHÉRABIDE, G.H. 2015. *Bases para el manejo del cultivo de maíz*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Pergamino, Argentina. 299p.
- FAO. 1993. El maíz en la nutrición humana. Roma. En: <http://www.fao.org/docrep/t0395s/T0395S00.htm#Contents>. Consultado: 17-10-2015.
- FAO. 2000. Uso del ensilaje en el trópico privilegiando opciones para pequeños campesinos. Roma, Italia. En: <http://www.fao.org/3/a-x8486s.pdf>. Consultado: 22-10-2015.
- FERREIRA, L. y F.D. PIATTI. 2013. Rendimiento y comportamiento agronómico de híbridos de maíz en INTA Manfredi, campaña 2012/13. Cartilla digital Manfredi. 11p. En: https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmpinta_rendimiento_y_comportamiento_agronmico_de_hbrido.pdf. Consultado: 08-08-2018.
- FERREIRO, M. 2016. Ensayo comparativo de rendimiento, Balcarce (campaña 2015/16). 5p. En: https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_maiz_tandil1516_sd052_sc052_precip.pdf. Consultado: 01-08-2018.
- FORJAN, H., y L. MANSO. 2014. Ensayo comparativo de rendimiento, Tres Arroyos, campaña 2013/14. 16p. En https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_tresarroyos_ecrmaiz2013_14.pdf. Consultado: 03-08-2018.
- GALLEGO, M.F. 2011. Red de evaluación de híbridos de maíz en macroparcelas. 6p. En: <https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-evalcultmaz1011.pdf>. Consultado: 01-08-2018.
- GAYTAN, R.B., M.I. MARTÍNEZ y N.M. PÉREZ. 2009. Rendimiento de grano y forraje en híbridos de maíz y su generación avanzada F₂. En: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_serial&pid=0568-2517&lng=es&nrm=iso. Consultado: 17-10-2015.
- GRASSI, E., L. REYNOSO, B. SZPINIAK, y V. FERREIRA. 2002. Agrupamiento de cruizas top-cross de maíz en base a sus características sileras o graníferas. **XXXI Congreso Argentina de Genética**, *Journal of Basic And Applied Genetics* 15 (Supl.): 117-118. La Plata.
- GRASSI, E., A. BRUN, B. SZPINIAK, y V. FERREIRA. 2005. Evaluación de compuestos de maíz con fines sileros o doble propósito. **XXVIII Congreso Argentino de Producción Animal**, *Revista Argentina de Producción Animal* 25(Supl.1):177-178. Bahía Blanca.
- GRASSI, E., A. BRUN, B. SZPINIAK, y V. FERREIRA. 2006. Estimación de la productividad y variación de líneas endocriadas de maíz para doble propósito. *Revista de la Universidad Nacional de Río Cuarto* 26(1-2):3-14.

- GRASSI, E., H. Di SANTO, A. BRUN, y V. FERREIRA. 2008. Aptitud combinatoria general en líneas endocriadas de maíz con fines forrajeros. **XXXI Congreso Argentino de Producción Animal**. *Revista Argentina de Producción Animal* 28 (Supl.1):439-440.
- GRASSI, E., L. REYNOSO, A. BRUN, A. FERREIRA, E. CASTILLO, y V. FERREIRA. 2009. Líneas endocriadas de maíz: materia seca, aptitud combinatoria y agrupamiento según sus posibilidades de uso. *Revista de la Universidad Nacional de Río Cuarto* 29(1-2):19-36.
- INDEC. 2002. Censo Nacional Agropecuario. En: https://www.indec.gob.ar/cna_index.asp. Consultado: 08-08-2018.
- JUGENHEIMER, R.W. 1988. *Maíz, variedades mejoradas, métodos de cultivo y producción de semillas*. Limusa. México. 841p.
- KUGLER, W., y J.N. CAMARASA. 2016. Evaluación de híbridos de maíz para ensilaje. En: https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_pergamino_evaluacion_hibridos_demaiz_para_ensilaje.pdf. 6p. Consultado: 02-08-2018.
- MONTESANO, A.M. 2013. Evaluación de híbridos de maíz para silaje de planta entera o cosecha de grano. Hoja informativa n° 5. Red de ensayos INTA 2012-2013 para el sur de Córdoba. 5 p. En: https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_maiz_silaje13.pdf. Consultado: 07-08-2018.
- PACCAPELO, H. A, M. L. MOLAS y L. SALUZZI. 1999. Aptitud forrajera de líneas S2 originadas del híbrido *Zea mays* L. x *Zea diploperennis*. I. *Revista Facultad de Agronomía de la UNLPam*. 10: 59-64.
- PAGANO, E. y G.A. MADDONNI. 2007. Intra-specific competition in maize: Early established hierarchies differ in plant growth and biomass partitioning to the ear around silking. *Field Crops Research* 101:306-320.
- PALIWAL, R.L., G. GRANADOS, H.R. LAFITTE y A. VIOLIC. 2001. *El maíz en los trópicos: Mejoramiento y producción*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia. 392p.
- PATERNIANI, M.E.G.Z. 2001. Use of Heterosis in Maize Breeding: History, Methods and Perspectives – A Review. *Crop Breeding and Applied Biotechnology* 1(2):159-178.
- PRECE, N., M. ZANIBONI, A. MACCHIAVELLO, A. PEREYRO, R. ALVAREZ, J.C. CRISTO, N. SUEIRO, R. CENTAURE, y A. OTERO. 2014. Ensayos comparativos de rendimiento (Campaña 2013/14). 9p. En: https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_mt2014_prece_ensayos_comparativos.pdf. Consultado: 01-08-2018.
- QUIROZ MERCADO, J., D.J. PÉREZ LÓPEZ, A.G. HUERTA, M. RUBÍ ARRIAGA, F. GUTIÉRREZ RODRÍGUEZ, J.R.P. FRANCO MARTÍNEZ y J.F. RAMÍREZ DÁVILA. 2017. Respuesta de 10 cultivares de maíz a la densidad de población en tres localidades del centro mexiquense. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 8(7):1521-1535.

- REYNOSO, L. 1996. *Variabilidad genética para macollamiento y rebrote en el género Zea*. MSc. Tesis. Posgrado en Mejoramiento Genético Vegetal. Universidad Nacional de Rosario, Rosario, Argentina. 90p.
- RITCHIE, S.W. y J.J. HANWAY. 1982. *How a corn plant develops*. Iowa State Univ. Special Report 48. Ames, Iowa. USA. 21p.
- RIVAS. 2012. Evaluación de híbridos de maíz normales. EEA INTA H. ASCASUBI. En: https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-evaluacin_ecr_maz_normales_1112_.pdf. Consultado: 25-07-2018.
- SÁNCHEZ-HERNÁNDEZ, M.A, C.U. AGUILAR-MARTÍNEZ, N. VALENZUELA-JIMÉNEZ, C. SÁNCHEZ-HERNÁNDEZ, M.C. JIMÉNEZ-ROJAS, y C. VILLANUEVA-VERDUZCO. 2011. *Densidad y siembra en maíces forrajeros*. *Agronomía Mesoamericana* 22(2):281-295.
- SHULL, G.H. 1909. A pure line method of corn breeding. *Am. Breeders' Assoc. Rep.* 5:51-59.
- SHULL, G.H. 1908. The composition of a field of maize. *Am. Breeders' Assoc. Rep.* 4:296-301.
- STEEL, D. y J. TORRIE. 1988. *Bioestadística: Principios y procedimientos*. 2^{da} ed. Ed. McGraw Hill/Interamericana, México. 622p.
- USET, O.A. 2009. Reservas forrajeras, Informe Técnico N° 63. INTA Montecarlo. 36 p. En: <https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-reservas-forrajeras.pdf>. Consultado el 13-09-2018.

ANEXO I

Autovalores, autovectores y correlaciones del análisis de componentes principales (ACP) para nueve caracteres relacionados con la aptitud silera en híbridos de maíz. Ciclo 2016/17. Río Cuarto, Córdoba, Argentina.

Autovalores			
Lambda	Valor	Proporción	Prop Acum
1	4,40	0,49	0,49
2	1,80	0,20	0,69
3	1,72	0,19	0,88
4	0,70	0,08	0,96
5	0,24	0,03	0,98
6	0,09	0,01	0,99
7	0,04	4,5E-03	1,00
8	0,01	1,3E-03	1,00
9	1,0E-03	1,1E-04	1,00

Autovectores		
Caracteres	e1	e2
N° de tallos/planta R3-R4	0,43	0,02
N° de espigas/planta R3-R4..	0,12	-0,21
Peso verde planta entera R..	0,46	0,11
% Espiga verde sin chala/p..	-0,39	0,25
Peso verde espiga sin chal..	-0,15	0,46
Peso seco planta entera R3..	0,24	0,58
Altura de la planta (cm)	0,42	0,23
Relación de alturas	0,42	-0,09
% Materia seca total R3-R4..	-0,13	0,53

Correlaciones con las variables originales		
Caracteres	CP 1	CP 2
N° de tallos/planta R3-R4	0,90	0,03
N° de espigas/planta R3-R4..	0,25	-0,29
Peso verde planta entera R..	0,95	0,15
% Espiga verde sin chala/p..	-0,81	0,33
Peso verde espiga sin chal..	-0,31	0,61
Peso seco planta entera R3..	0,51	0,77
Altura de la planta (cm)	0,87	0,31
Relación de alturas	0,87	-0,12
% Materia seca total R3-R4..	-0,28	0,71
Correlación cofenética= 0,943		

Autovalores, autovectores y correlaciones del análisis de componentes principales (ACP) para nueve caracteres relacionados con la aptitud silera en densidades de plantas logradas en el cultivo de maíz. Ciclo 2016/17. Río Cuarto, Córdoba, Argentina.

Autovalores			
Lambda	Valor	Proporción	Prop Acum
1	6,07	0,67	0,67
2	1,62	0,18	0,85
3	0,74	0,08	0,94
4	0,57	0,06	1,00
5	0,00	0,00	1,00
6	0,00	0,00	1,00
7	0,00	0,00	1,00
8	0,00	0,00	1,00
9	0,00	0,00	1,00

Autovectores		
Caracteres	e1	e2
N° de tallos/planta R3-R4	0,35	0,39
N° de espigas/planta R3-R4..	0,39	0,01
Peso verde planta entera R..	0,38	0,21
% Espiga verde sin chala/p..	0,22	-0,44
Peso verde espiga sin chal..	0,39	0,12
Peso seco planta entera R3..	0,40	0,09
Altura de la planta (cm)	-0,31	0,41
Relación de alturas	-0,27	0,56
% Materia seca total R3-R4..	0,20	0,33

Correlaciones con las variables originales		
Caracteres	CP 1	CP 2
N° de tallos/planta R3-R4	0,86	0,50
N° de espigas/planta R3-R4..	0,97	0,01
Peso verde planta entera R..	0,94	0,26
% Espiga verde sin chala/p..	0,54	-0,56
Peso verde espiga sin chal..	0,97	0,15
Peso seco planta entera R3..	0,99	0,12
Altura de la planta (cm)	-0,77	0,52
Relación de alturas	-0,66	0,71
% Materia seca total R3-R4..	0,50	0,42
Correlación cofenética= 0,984		

Autovalores, autovectores y correlaciones del análisis de componentes principales (ACP) para diez caracteres de fin de ciclo en híbridos de maíz. Ciclo 2016/17. Río Cuarto, Córdoba, Argentina.

Autovalores			
Lambda	Valor	Proporción	Prop Acum
1	4,40	0,44	0,44
2	2,61	0,26	0,70
3	1,16	0,12	0,82
4	1,01	0,10	0,92
5	0,56	0,06	0,97
6	0,13	0,01	0,99
7	0,06	0,01	0,99
8	0,04	3,7E-03	1,00
9	0,02	2,4E-03	1,00

Autovectores			
Caracteres		e1	e2
Nº de tallos/planta FC		0,44	-0,07
Nº de espigas/planta FC		0,39	-0,02
Peso seco planta entera FC..		0,25	0,23
Diámetro tallo (en mm)		0,44	-4,9E-03
Peso seco espiga sin chala..		-0,06	0,35
Peso de granos por planta		0,30	0,44
Peso de granos por m2		-0,17	0,55
Peso de 1000 granos		-0,31	0,39
Peso Hectolítrico (kg.hl-1..		0,39	0,04
Índice de Cosecha		0,18	0,41

Correlaciones con las variables originales			
Caracteres		CP 1	CP 2
Nº de tallos/planta FC		0,93	-0,12
Nº de espigas/planta FC		0,83	-0,03
Peso seco planta entera FC..		0,52	0,37
Diámetro tallo (en mm)		0,91	-0,01
Peso seco espiga sin chala..		-0,13	0,56
Peso de granos por planta		0,63	0,72
Peso de granos por m2		-0,35	0,89
Peso de 1000 granos		-0,66	0,63
Peso Hectolítrico (kg.hl-1..		0,81	0,07
Índice de Cosecha		0,37	0,66
Correlación cofenética= 0,922			

Autovalores, autovectores y correlaciones del análisis de componentes principales (ACP) para diez caracteres de fin de ciclo en densidades de plantas logradas en el cultivo de maíz. Ciclo 2016/17. Río Cuarto, Córdoba, Argentina.

Autovalores			
Lambda	Valor	Proporción	Prop Acum
1	6,88	0,69	0,69
2	2,16	0,22	0,90
3	0,90	0,09	0,99
4	0,06	0,01	1,00
5	0,00	0,00	1,00
6	0,00	0,00	1,00
7	0,00	0,00	1,00
8	0,00	0,00	1,00
9	0,00	0,00	1,00

Autovectores		
Caracteres	e1	e2
N° de tallos/planta FC	0,36	-0,06
N° de espigas/planta FC	0,38	-0,02
Peso seco planta entera FC..	0,38	0,05
Diámetro tallo (en mm)	0,37	-0,15
Peso seco espiga sin chala..	0,18	0,59
Peso de granos por planta	0,37	0,10
Peso de granos por m2	-0,33	0,33
Peso de 1000 granos	0,38	0,05
Peso Hectolítrico (kg.hl-1..	-0,06	0,65
Índice de Cosecha	0,15	0,29

Correlaciones con las variables originales		
Caracteres	CP 1	CP 2
N° de tallos/planta FC	0,94	-0,08
N° de espigas/planta FC	0,99	-0,03
Peso seco planta entera FC..	0,99	0,08
Diámetro tallo (en mm)	0,97	-0,22
Peso seco espiga sin chala..	0,48	0,86
Peso de granos por planta	0,98	0,15
Peso de granos por m2	-0,86	0,49
Peso de 1000 granos	0,99	0,08
Peso Hectolítrico (kg.hl-1..	-0,15	0,95
Índice de Cosecha	0,40	0,42
Correlación cofenética= 0,984		