

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA

Trabajo Final Presentado para Optar al
Grado de Ingeniero Agrónomo

Modalidad: Proyecto

APTITUD COMBINATORIA EN
MAÍZ PARA DOBLE PROPÓSITO

Alumno: Hernán E. di Santo

DNI: 29.661.563

Director: Ing. Agr. Ezequiel M. Grassi

Co-Director: Ing. Agr. Víctor A. Ferreira

Río Cuarto – Córdoba

Octubre de 2012

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA

CERTIFICADO DE APROBACIÓN

Título del trabajo final: Aptitud combinatoria en maíz para doble propósito.

Autor: Hernán E. di Santo

DNI: 29.661.563

Director: Ing. Agr. Ezequiel M. Grassi

Co-Director: Ing. Agr. Víctor A. Ferreira

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

Ing. Agr. Ezequiel M. Grassi _____

Ing. Agr. Natalia Bonamico _____

Ing. Agr. Edgardo Zorza _____

Fecha de presentación: ____/____/____.

Aprobado por Secretaría Académica: ____/____/____.

Secretario Académico

A mis padres, mi hermano y mi abuela...

A mi abuelo...

AGRADECIMIENTOS

Sería imposible dejar plasmado con palabras, y en un lugar acotado, el profundo agradecimiento a aquellas personas que de una u otra manera forman parte del presente trabajo final. Sin embargo, brindo a ellos mi mejor esfuerzo.

En primer lugar, agradecer a mi familia, quienes sostuvieron de mil maneras mi continuidad en la carrera, apoyando, incentivando y perseverando, con fe en mi persona y a quienes debo todo lo que soy.

A mis amigos y amigas, los que estuvieron y, sobre todo, a los que están, ya que con su compañía, andanzas, mates y enseñanzas el camino compartido es mucho más que placentero.

A Oscar por su ayuda y experiencias y a todos los compañeros con los que tuve (y tengo) el agrado de participar en la asignatura Genética.

Y por último, al excelente grupo que forman la asignatura Genética. A Ernesto y Analía, y especialmente a Beatriz, Víctor y Ezequiel, quienes confiaron en mi todo este tiempo, compartieron sus interminables conocimientos y amistad, permitiéndome lograr lo que vine a buscar a nuestra Universidad.

Nuevamente, a todos ellos, y a los que omití de manera involuntaria,

;;;Muchas gracias!!!

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
Índice general.....	V
Índice de cuadros.....	VI
Índice de figuras.....	VIII
Resumen.....	X
Summary.....	XI
Introducción.....	1
Hipótesis.....	7
Objetivos.....	7
Materiales y métodos.....	8
Resultados y discusión.....	14
Aptitud combinatoria.....	14
Ensayo comparativo de rendimiento.....	30
Conclusiones.....	47
Bibliografía.....	48
Anexo I.....	55
Anexo II.....	61
Anexo III.....	78

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Valores climáticos de los tres ciclos considerados y valores medios de la serie 1974-2003 en Río Cuarto, Córdoba, Argentina.	14
Cuadro 2. Valores medios y desvío estándar para tres caracteres de importancia productiva analizados en ensayos de ACE de líneas endocriadas e híbridos simples de maíz para los tres ciclos de producción (2004/05, 2006/07, 2007/08) en Río Cuarto, Córdoba.....	15
Cuadro 3. Valores medios y desvío estándar para caracteres analizados en ensayos de ACE de líneas endocriadas e híbridos simples de maíz en los tres ciclos de producción (2004/05, 2006/07, 2007/08) en Río Cuarto, Córdoba.....	17
Cuadro 4. Valores medios, proyectados a hectárea, de los caracteres productivos analizados en los EACE de HS y líneas endocriadas de maíz (2004/05, 2006/07, 2007/08). Río Cuarto, Córdoba.....	18
Cuadro 5. Valores de F y significación del análisis de varianza conjunta para caracteres morfofisiológicos en los ensayos de ACE de HS y líneas endocriadas de maíz (2004/05, 2006/07, 2007/08) en Río Cuarto, Córdoba.....	19
Cuadro 6. Valores de F y significación del análisis de varianza conjunta para caracteres en R ₃ -R ₄ en los ensayos de ACE de HS y líneas endocriadas de maíz (2004/05, 2006/07, 2007/08) en Río Cuarto, Córdoba.....	20
Cuadro 7. Valores de F y significación del análisis de varianza conjunta para caracteres en fin de ciclo en los EACE de HS y líneas endocriadas de maíz (2004/05, 2006/07, 2007/08) en Río Cuarto, Córdoba.....	21
Cuadro 8. Valores de aptitud combinatoria general para caracteres morfofisiológicos en cinco líneas endocriadas de maíz progenitoras de los HS evaluados (2004/05, 2006/07, 2007/08) en Río Cuarto, Córdoba.....	22
Cuadro 9. Valores de aptitud combinatoria específica para caracteres morfofisiológicos en 20 híbridos simples y cinco líneas endocriadas progenitoras de maíz (2004/05, 2006/07, 2007/08) en Río Cuarto, Córdoba.....	23

Cuadro 10. Valores de aptitud combinatoria general para caracteres analizados en estado R_3 - R_4 en cinco líneas endocriadas de maíz progenitoras de los HS evaluados (2004/05, 2006/07, 2007/08) en Río Cuarto, Córdoba.....	24
Cuadro 11. Valores de aptitud combinatoria específica para caracteres en R_3 - R_4 en 20 híbridos simples y cinco líneas progenitoras de maíz (2004/05, 2006/07, 2007/08). Río Cuarto, Córdoba.....	25
Cuadro 12. Valores de aptitud combinatoria general para caracteres analizados en fin de ciclo en las cinco líneas endocriadas de maíz progenitoras de los HS evaluados (2004/05, 2006/07, 2007/08) en Río Cuarto, Córdoba.....	26
Cuadro 13. Valores de aptitud combinatoria específica para los caracteres analizados en fin de ciclo en 20 híbridos simples y cinco líneas endocriadas progenitoras de maíz (2004/05, 2006/07, 2007/08) en Río Cuarto, Córdoba.....	27
Cuadro 14. Número de caracteres con valor positivo y significativo de aptitud combinatoria específica para cada HS de maíz (2004/05, 2006/07, 2007/08) en Río Cuarto, Córdoba.....	28
Cuadro 15. Valores medios, desvíos estándar, coeficientes de variación, F y significación para caracteres analizados en ERC de maíz en el ciclo 2008/09 en Río Cuarto, Córdoba.....	31
Cuadro 16. Valores medios, proyectados a hectárea, de los caracteres productivos analizadas en maíz en estado R_3 - R_4 en Río Cuarto, Córdoba, 2008/09.....	34

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. a) Temperaturas medias mensuales y b) precipitaciones ocurridas durante el desarrollo del cultivo de maíz en 2004/05, 2006/07 y 2008/09 y promedio de la serie 1974-2003 en Río Cuarto, Córdoba.....	15
Figura 2. Maíz: valores medios para los caracteres de importancia productiva en los tres ciclos de producción (2004/05, 2006/07, 2007/08) en Río Cuarto, Córdoba.....	16
Figura 3. Valores de precipitaciones y temperaturas medias mensuales ocurridas durante el desarrollo del ECR 2008/09, y valores medios de la serie 1974 - 2009 en Río Cuarto, Córdoba.....	30
Figura 4. Valores medios para días siembra-floración en los materiales de maíz probados en el ECR, durante la campaña 2008/09 en Río Cuarto, Córdoba.....	33
Figura 5. Maíz: peso verde de planta entera y % de materia seca de planta entera en estado R ₃ -R ₄ para los HS probados, y testigos: híbridos simples, híbridos de tres líneas, híbridos dobles, F ₂ y población original, en Río Cuarto, Córdoba, 2008/09.....	35
Figura 6. Maíz: peso verde de espiga y % de materia seca de espiga en estado R ₃ -R ₄ para los HS probados, y testigos: híbridos simples, híbridos de tres líneas, híbridos dobles, F ₂ y población original. Río Cuarto, Córdoba, 2008/09.....	36
Figura 7. Maíz: peso seco de planta entera y peso seco de espiga en estado R ₃ -R ₄ para los HS probados, y testigos: híbridos simples, híbridos de tres líneas, híbridos dobles, F ₂ y población original. Río Cuarto, Córdoba, 2008/09.....	37
Figura 8. Análisis de componentes principales para ocho caracteres medidos en estado R ₃ -R ₄ en maíz en Río Cuarto, Córdoba, 2008/09.....	38
Figura 9. Fenograma para 25 híbridos simples de maíz evaluados mediante ocho caracteres relacionados a aptitud para silo, medidos en estado R ₃ -R ₄ , en Río Cuarto, Córdoba, 2008/09.....	39
Figura 10. Maíz: peso seco de planta entera y peso seco de espiga en fin de ciclo para los HS probados, y testigos: híbridos simples, híbridos de tres líneas, híbridos dobles, F ₂ y población original. Río Cuarto, Córdoba, 2008/09.....	41
Figura 11. Maíz: peso de grano por planta para los HS probados, y testigos: híbrido simples, híbridos de tres líneas, híbridos dobles, F ₂ y población original, en Río Cuarto, Córdoba, 2008/09.....	42

Figura 12. Peso hectolítico y peso de 1000 semillas para los HS probados, y testigos: híbridos simples, híbridos de tres líneas, híbridos dobles, F ₂ y población original, en Río Cuarto, 2008/09.....	42
Figura 13. Maíz: índice de cosecha para los HS probados, y testigos: híbridos simples, híbridos de tres líneas, híbridos dobles, F ₂ y población original, en Río Cuarto, Córdoba 2008/09.....	43
Figura 14. Análisis de componentes principales para seis caracteres relacionados con aptitud para silo en maíz, medidos en estado R ₃ -R ₄ , en Río Cuarto, Córdoba 2008/09..	44
Figura 15. Fenograma para 25 híbridos simples maíz evaluados por seis caracteres medidos en fin de ciclo, en Río Cuarto, Córdoba, 2008/09.....	45

RESUMEN

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. En la Universidad Nacional de Río Cuarto se ejecuta un proyecto de mejoramiento de maíz forrajero a partir de poblaciones locales de maíz. El objetivo de este trabajo fue determinar la aptitud combinatoria específica (ACE) de cinco líneas endocriadas. La ACE de las líneas se analizó a través del comportamiento productivo de sus híbridos simples (HS), empleando 18 caracteres, a partir de un cruzamiento dialélico evaluado en tres campañas agrícolas. El diseño fue en bloques completos al azar con tres repeticiones y los datos se analizaron mediante ANAVA. Los ensayos de ACE mostraron valores positivos y significativos para la mayoría de los caracteres evaluados. Esto permitió identificar y clasificar los híbridos simples según su potencial aptitud de uso. Del total de híbridos simples se eligieron siete, uno por su aptitud para doble propósito, tres por su alta producción de forraje diferido o grano y tres favorables para la producción de forraje para ensilar en estado lechoso-pastoso. Los híbridos simples elegidos se probaron en ensayos comparativos de rendimiento (ECR) con testigos comerciales, evaluando 20 caracteres morfofisiológicos y productivos. Los análisis utilizados fueron ANAVA, análisis de componentes principales y de conglomerados. Los valores medios para los caracteres productivos fueron similares a los observados en ensayos regionales. Se destacaron tres híbridos simples, uno por su aptitud de uso para doble propósito, con elevada producción de materia seca y grano; otro por su aptitud silera y un tercero por su capacidad de producción de grano. Continuar con la evaluación de los HS promisorios en distintos ambientes y condiciones agronómicas se considera necesario para verificar la estabilidad de producción.

Palabras claves: maíz, líneas endocriadas, híbridos simples, aptitud de uso.

SUMMARY

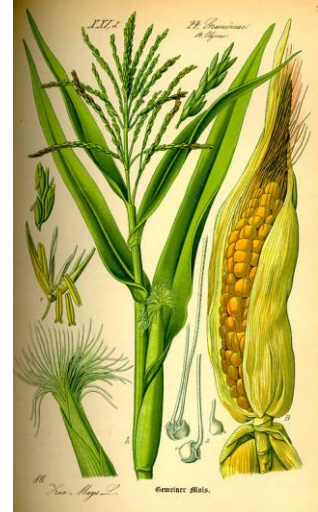
Combining ability in dual purpose maize

Dual purpose maize is useful in mixed farming farms as is adapted to the purposes of grain production and direct or deferred cattle feeding. At the National University of Río Cuarto runs a project of improvement of forage maize from local populations. The objective was to determine specific combining ability of inbred lines and the productive performance of their simple hybrids. The diallel cross was performed and during three campaigns analyzed the specific combining ability of the lines through their hybrids, using 18 characters; A completely randomized block design with 3 replicates were used and the data were analyzed using ANOVA. Specific combining ability trials showed positive and significant for most of the characters evaluated. This allowed to identify and classify simple hybrids according to their potential suitability of use. Of the total of simple hybrids were elected 7, one by its aptitude to dual purpose, 3 for its high production of deferred forage or grain production and 3 favourable for the production of forage to ensile in milk - soft grain stage. Elected simple hybrids were tested in comparative yield trial with checks commercial, evaluating 20 morphophysiological and productive characters. The analysis included ANOVA, principal components and conglomerate. The average values for the productive characters were similar to those observed in regional trials. Three simple hybrids were outstanding, one for aptitude of use for dual purpose, with high dry matter and grain production; another by their aptitude for silage and a third by their grain production capacity. Deemed necessary to continue with the validation of the promissory simple hybrids varying environments and agronomic conditions to verify the stability of production.

Key words: maize, inbred lines, simple hybrids, aptitude of use.

INTRODUCCIÓN

El maíz, *Zea mays* L. *ssp mays* (Iltis y Doebley, 1980), es uno de los cultivos más antiguos. Pertenece a la familia de las Poáceas, tribu Maydeas, y es la única especie cultivada de este género (Doebley e Iltis, 1980). Otras especies del género *Zea*, comúnmente llamadas teosintes y las especies del género *Tripsacum*, conocidas como arrocillo o maicillo, son formas silvestres parientes de *Zea mays*. Son clasificadas como del *Nuevo Mundo* porque su centro de origen está en América (Paliwal *et al.*, 2001).



El maíz es una planta anual con gran desarrollo vegetativo, que normalmente alcanza 2 a 2,5 metros de altura, pudiendo superar los 3 metros o más. Tiene un sistema radicular fasciculado bastante extenso formado por tres tipos de raíces (primarias, secundarias y aéreas o adventicias). El tallo es más o menos cilíndrico, formado por nudos y entrenudos, siendo cortos en la base, alargándose hacia el ápice a medida que se encuentran en posiciones superiores. Las hojas, desarrolladas a partir de yemas foliares, están constituidas por vaina, lígula y lámina, sin aurículas. La inflorescencia masculina es una panoja de coloración amarilla que produce una cantidad muy elevada de granos de polen (de 20 a 25 millones). La inflorescencia femenina, llamada espiga, esta dispuesta en forma lateral y posee un potencial de 800 a 1000 granos. El fruto es un cariopse, formado por tegumento, embrión y endosperma (CEDAF, 1998).

El maíz cultivado es una planta completamente domesticada y el hombre y el maíz han vivido y han evolucionado juntos desde tiempos remotos, con registro pictográfico que datan del año 3000 (a.C.) (Kato *et al.*, 2009). El maíz no crece en forma silvestre y no puede sobrevivir en la naturaleza, siendo completamente dependiente de los cuidados del hombre (Dowswell *et al.*, 1996).

Actualmente, el maíz es el segundo cultivo del mundo por su producción, después del trigo, mientras que el arroz ocupa el tercer lugar. Es el primer cereal en rendimiento de grano por hectárea. El maíz es de gran importancia económica a nivel mundial ya sea como alimento humano, como alimento para el ganado o como fuente de un gran número de productos industriales. La diversidad de ambientes en los que se cultiva es mucho mayor que la de cualquier otro cultivo. Habiéndose originado y evolucionado en la zona tropical como una planta

de excelentes rendimientos, hoy en día se cultiva hasta los 58° de latitud norte en Canadá y Rusia y hasta los 40° de latitud sur en Argentina y Chile (Paliwal *et al.*, 2001).

La superficie sembrada con maíz en Argentina fue de aproximadamente 4,56 millones de hectáreas en la campaña 2010/11, de las cuales alrededor del 90% se cosecharon como grano (para consumo humano o animal) y el resto se destinaron a silaje de maíz o consumo directo o diferido por el ganado. El rinde promedio nacional se acerca a los 6.100 kg/ha. La provincia de mayor producción de grano de maíz en la Argentina es Córdoba, con el 38% de la producción nacional, logrando esta producción con 1,14 millones de hectáreas; le continúan en importancia la provincia de Buenos Aires (28%) y Santa Fe (14%). El departamento de Río Cuarto participó en la campaña 2010/11 con 110.000 hectáreas implantadas (SIIA, 2012).

La superficie cultivada con forrajeras anuales en la provincia de Córdoba, según la última Encuesta Nacional Agropecuaria, fue de 1.061.204 hectáreas, correspondiendo 473.563 hectáreas a especies invernales, mayoritariamente avena y centeno y 587.641 hectáreas a estivales. Dentro de estas, 215.458 hectáreas (36,6%) estuvieron ocupadas por maíz con destino forrajero (INDEC, 2004).

Los establecimientos regionales de producción mixta requieren disponer con un cultivo que se adapte a los propósitos de cosecha de grano y alimento directo o diferido para el ganado. La máxima producción de forraje de calidad en los sistemas ganaderos en general y en los sistemas lecheros en particular, es uno de los objetivos prioritarios a tener en cuenta para lograr elevadas cargas y máximas producciones individuales, lo que define la productividad del sistema (Méndez, 2007).

La provincia de Córdoba, en su región centro sur, cuenta con un predominio de sistemas similares a los mencionados anteriormente con explotaciones agrícolas y ganaderas combinadas pero con una tendencia al aumento de la superficie agrícola. En la región centro-sur de la provincia de Córdoba, la oferta forrajera anual se caracteriza por ser muy variable debido al efecto de las condiciones climáticas del año y de las variaciones ambientales zonales, pero quizás lo más destacado sean las variaciones estacionales, con una gran concentración de forraje en primavera-verano representando más del 75% de la oferta forrajera anual (Pagliaricci y Pereyra, 2006). La importancia de contar con un cultivo doble propósito (cosecha de grano y cosecha de forraje) radica en que dichas actividades son complementarias.

El maíz está ampliamente difundido por sus diferentes aptitudes de uso. Se emplea para grano o forraje, pasto verde, consumo de planta entera cuando se prevé mala cosecha de grano, corte en grano lechoso-pastoso para ensilar y para pastoreo en pie con la espiga madura o del rastrojo. Como recurso alimenticio, el silaje de maíz es un alimento voluminoso de aceptable valor nutritivo, permite aumentar la carga animal, corregir desbalances nutricionales y lograr independencia de las condiciones climáticas (Di Nucci *et al.*, 2007). Los maíces doble propósito, útiles tanto para cosecha de grano como forraje verde, serían los adecuados en los sistemas mixtos de nuestra región, 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).

Tradicionalmente se consideraba que el mejor híbrido para grano también lo era para silaje, concepto actualmente relativizado, ya que un elevado rendimiento de grano no siempre está asociado a un elevado rendimiento de forraje (Di Nucci *et al.*, 2003). El criterio para la elección del híbrido de maíz que se destinará a silaje deberá incluir la habilidad para mantener una elevada producción de biomasa, proporción de grano y calidad nutricional ante condiciones climáticas limitantes (Di Nucci *et al.*, 2009).

La hibridación varietal por medio de la polinización controlada o de la polinización abierta fue el origen para el desarrollo de muchas variedades de maíz. El uso intencional de la hibridación para el desarrollo de híbridos data de 1880, sembrando dos variedades en surcos adyacentes, funcionando una como progenitor masculino y la otra como progenitor femenino. La investigación innovativa llevada a cabo por Shull (1908) sobre el método de mejoramiento de maíz basado en las líneas puras dio las bases para una exitosa investigación y desarrollo de los híbridos (Paliwal *et al.*, 2001). Shull fue el primero que sugirió el método de mejora del maíz con líneas puras, obtenidas por autofecundación prolongada y la utilización en la siembra de los híbridos F₁ entre las líneas seleccionadas por su mejor aptitud combinatoria. Este investigador afirmó que las líneas puras tenían una ventaja sobre las variedades de polinización abierta porque eran homocigóticas y no sólo se reproducían con gran precisión sino que producían híbridos del mismo genotipo un año tras otro (Allard, 1978).

Cuando son factibles, las variedades híbridas aprovechan mejor la heterosis conseguida en el cruzamiento de dos líneas endocriadas de diferente origen que cualquiera de los métodos de mejora utilizados comúnmente. Los mayores éxitos con las variedades híbridas se han conseguido en maíz. La estructura morfológica de las inflorescencias estaminadas y pistiladas

del maíz y el que éstas estén distanciadas dentro de la misma planta hacen que esta especie sea excepcionalmente adecuada para controlar la autofecundación o los cruzamientos y por tanto para la producción de líneas endocriadas y de semilla híbrida (Allard, 1978).

La hibridación en maíz se considera como un método que tiene como objetivo principal el aprovechamiento de la generación F_1 proveniente del cruzamiento entre dos poblaciones, las cuales pueden ser líneas endogámicas, variedades de polinización libre, variedades sintéticas o las poblaciones F_1 mismas en el caso de las cruza dobles (Quemé de León *et al.*, 1991). Por lo tanto, un híbrido exitoso es la primera generación (F_1) de un cruzamiento entre dos genotipos claramente diferentes. Normalmente, se producen numerosos tipos de híbridos en los programas de mejoramiento para combinar diferentes caracteres de los distintos genotipos. El híbrido, en el caso de maíz, debe mostrar un razonable alto grado de heterosis para que el cultivo y su producción sean económicamente viables (Paliwal *et al.*, 2001). Se conoce como heterosis al fenómeno en el que la F_1 , resultante del cruzamiento entre dos genotipos, es superior en crecimiento, tamaño, rendimiento, vigor; y puede ser considerado como el fenómeno inverso a la degradación que acompaña a la consanguinidad o depresión por endogamia (Allard, 1978; Gutierrez *et al.*, 2002; De La Cruz-Lázaro *et al.*, 2010).

Los prerrequisitos para el desarrollo de cualquier tipo de híbridos son contar con buenos progenitores derivados de fuentes de germoplasma superior con caracteres agronómicos deseables y alta capacidad combinatoria general y específica. Sprague y Tatum (1942) definieron los términos aptitud combinatoria general (ACG) y aptitud combinatoria específica (ACE) en relación al comportamiento relativo de las líneas al ser cruzadas, usando el vocablo ACG para designar el comportamiento promedio de una línea en combinaciones híbridas, y ACE para designar la desviación de cada combinación con respecto a la ACG de los progenitores (Hallauer y Miranda Filho, 1988; Quemé de León *et al.*, 1991).

La aptitud combinatoria es la capacidad de un genotipo (línea consanguínea, individuo o clon) o de una población, de dar descendencia híbrida caracterizada por la alta expresión de un carácter. La AC mide la capacidad para producir heterosis de ciertos caracteres y se calcula evaluando el comportamiento del genotipo o población en todos los cruzamientos posibles. Si el genotipo produce buenos híbridos en todos los cruzamiento en que participa se dice que tiene buena aptitud combinatoria general (ACG). Si sólo es con determinados genotipos se dice que tiene buena aptitud combinatoria específica (ACE). La aptitud combinatoria es hereditaria (transgresiva) (Ramírez, 2006).

Conocer la aptitud combinatoria de los progenitores mejora la eficiencia de un programa de mejoramiento. Esto permite seleccionar progenitores con buen comportamiento en una serie de cruzamientos, e identificar combinaciones específicas con un comportamiento superior a lo esperado (Gutiérrez *et al.*, 2004 y Castañón-Nájera *et al.*, 2005).

La evaluación de la ACG y ACE es eficiente en la clasificación de progenitores e identifica fuentes de germoplasma útiles en programas de mejoramiento genético (De la Cruz-Lázaro *et al.*, 2010). Los cruzamientos dialélicos consisten en cruzar una serie de genotipos en todas las combinaciones posibles (Allard, 1978). A pesar de que es un método que presenta mucha exactitud, resulta imposible de llevar a la práctica cuando el número de líneas es elevado (Ramírez, 2006). El cruzamiento dialélico puede ser utilizado para la mayoría de las especies cosechables y el alcance de su uso depende de la dificultad en los cruzamientos y los suministros de semillas resultantes, es decir la facilidad de producir semilla.

Según Hallauer y Miranda Filho (1988), los apareamientos dialélicos han sido usados en forma más amplia en maíz que en otras especies. Pueden ser fácilmente utilizados si son correctamente analizados e interpretados. El principal problema parece surgir de las interpretaciones e inferencias que se pueden hacer acerca de las estimaciones obtenidas de dos en dos para un número n de parentales. El esquema de cruzamientos dialélicos y su análisis se ha desarrollado para padres que van desde líneas a variedades de base genética general.

Desde que comenzó el uso comercial de los híbridos simples, en lugar de los dobles, se hizo necesario adoptar procedimientos de evaluación que, para tener una máxima eficiencia, debían poner mayor énfasis en los efectos no aditivos (ACE) sobre la base del promedio del comportamiento híbrido de los padres (Russel, 1973; Hallauer y Miranda Filho, 1988).

En un cruzamiento dialélico completo, se incluyen todas las posibles cruzas y los padres. Las cruzas totales incluyendo las recíprocas será $n(n-1)$ y el total de genotipos esta dado por n^2 , siendo n igual al número de líneas progenitoras.

Una vez que se han seleccionado las mejores líneas endocriadas basándose en su buena *aptitud combinatoria general* medida por los cruzamientos “top crosses” con un probador adecuado de amplia base genética, es necesario identificar los cruzamientos simples, de tres vías o dobles que producirán los mayores rendimientos (Sprague y Tatum, 1942; Allard, 1978).

En la Asignatura Genética de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la Universidad Nacional de Río Cuarto se estimó conveniente obtener materiales con diferentes aptitudes de uso como aporte a la economía regional. De esta manera, los productores podrían disponer de materiales adaptados a diferentes sistemas de producción y a menores costos. Para que tales materiales se adecuen a los sistemas mixtos regionales contribuyendo a la estabilidad frente a las grandes variaciones ambientales, se debería combinar la producción de grano con caracteres de gramíneas forrajeras, tales como alta cantidad de materia seca total, tolerancia a sequía, macollamiento, rebrote y plasticidad (Reynoso, 1996).

En este marco, se comenzó con un programa de selección de líneas endocriadas de maíz y a través de evaluaciones de aptitud combinatoria general se identificaron líneas superiores, las cuales se utilizaron para formar y evaluar compuestos e híbridos.

A partir de un proyecto destinado al mejoramiento de maíz para uso forrajero iniciado con poblaciones locales, en la Universidad Nacional de Río Cuarto se efectuaron 6 ciclos de selección recurrentes de medios hermanos (Lonnquist, 1964), obteniendo luego las líneas S_1 y S_2 . En base a una prueba top cross se evaluó la ACG (Grassi *et al.*, 2006a) y se eligieron cinco líneas para la formación de híbridos simples y estudiar su comportamiento agronómico (Grassi *et al.*, 2006b). A su vez, se estimó el grado de determinación genética y los coeficientes de variación genética de las líneas S_1 y S_2 (Grassi *et al.*, 2006a).

En el presente trabajo se estudió el comportamiento de las combinaciones de las líneas endocriadas elegidas en base al “top cross” y se procedió al inicio de la evaluación agronómica de los híbridos elegidos.

Hipótesis

A partir de líneas endocriadas de maíz se obtienen híbridos simples con potencial productivo adecuado para ser utilizados como cultivo de doble propósito.

Objetivos

- a) Determinar aptitud combinatoria específica de líneas endocriadas de maíz a través de los híbridos simples obtenidos a partir de un cruzamiento dialélico completo.
- b) Identificar híbridos simples que presenten adecuado comportamiento para uso como doble propósito.
- c) Evaluar los híbridos simples elegidos junto con materiales de uso comercial en ensayos comparativos de rendimiento.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ensayos y materiales

La evaluación de la aptitud combinatoria específica y la identificación de híbridos simples que presenten adecuado comportamiento para uso como doble propósito (ensayos de ACE), correspondientes a los objetivos a y b, se realizó durante tres campañas agrícolas: 2004/05, 2006/07 y 2007/08. El desarrollo del presente trabajo comprende el último ciclo (2007/08), aunque para el análisis de los resultados y la posterior elección de híbridos destacados se utilizaron los tres ciclos.

Materiales vegetales

En las campañas agrícolas 2004/05, 2006/07, 2007/08, los materiales utilizados fueron cinco líneas endocriadas de maíz elegidas en base a una prueba “top cross” y la determinación de la ACG de líneas S_1 y S_2 (Grassi, *et al.*, 2006a; Grassi, 2009) y los 20 híbridos simples (HS) obtenidos en el cruzamiento dialélico completo de dichas líneas.

Con el objetivo de validar regionalmente los valores obtenidos se incluyeron en el ensayo los siguientes materiales como testigos: Población C_6 -UNRC, descendencia F_2 del híbrido doble DK 4F37 (Monsanto), híbrido doble Prozea 41 (Produce), híbrido de tres líneas M369 (Morgan) e híbrido simple DK682 (Monsanto).

Luego de realizar la identificación de los híbridos simples de mejor comportamiento, en la campaña 2008/09 se evaluaron en un ensayo comparativo de rendimiento (ECR) contrastando los HS elegidos con materiales de uso comercial y la población que les dio origen (objetivo c). Los materiales utilizados fueron los siguientes:

Materiales experimentales

- Ocho híbridos simples seleccionados a través de aptitud combinatoria específica a partir de un total de 20 HS.

Materiales testigos

- Población C_6 -UNRC.

- Híbrido simple DK682 (Semillero Monsanto).
- Híbrido simple DK 190 MGRR2 (Monsanto).
- Híbrido simple LT 622 MG (La Tijereta).
- Híbrido simple LT 625 MG (La Tijereta).
- Híbrido simple DK 670 MGRR2 (Monsanto).
- Híbrido simple Santa Fe (Albert semillas).
- Híbrido doble Prozea 41 (Produce).
- Híbrido doble 4x4 (Ayerza semillas).
- Híbrido de tres líneas Silomax (Albert semillas).
- Híbrido de tres líneas M369 (Morgan).
- Híbrido de tres líneas Everett (Ayerza semillas).
- Descendencia F₂ del híbrido simple DK 190 MGRR2 (Monsanto).
- Descendencia F₂ del híbrido doble DK 4F37 (Monsanto).

Los ensayos se realizaron 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, ubicado a 443 msnm en la localidad de Las Higueras, sobre Ruta Nacional 36, km 601, Departamento Río Cuarto, provincia de Córdoba, Republica Argentina.

El suelo es un Haplustol típico con un contenido promedio de materia orgánica de 1,6 % (Cantero *et al.*, 1986). El área cuenta con una temperatura media anual de 16,5 °C, una temperatura máxima media anual de 22,8 °C y mínima media anual de 10,2 °C. El periodo libre de heladas es de 240 días, desde mediados de septiembre a mediados de mayo. El régimen de precipitaciones es monzónico irregular; aproximadamente el 80% de las precipitaciones se concentran en el semestre más cálido (octubre a marzo). El valor medio anual de las mismas es de 800 mm (Agrometeorología Agrícola UNRC, 2011).

Diseño experimental

El diseño experimental de los ensayos fue en bloques completos al azar, con tres repeticiones. Cada parcela consistió en dos surcos a 0,70 metros de separación y una longitud de 3 metros (4,2 m²). Se sembró a razón de cinco semillas por metro lineal, con doble golpe, para

(con un raleo posterior) garantizar una densidad de cosecha de aproximadamente 71.000 plantas.ha⁻¹. La unidad experimental varió de acuerdo al carácter evaluado.

Los ensayos se sembraron el día 19 de octubre de 2004, 10 de noviembre de 2006, 7 de noviembre de 2007 para los ensayos de ACE y el día 14 de noviembre de 2008 para el ECR. En todos los casos, el suelo recibió un laboreo consistente en una labor con arado de reja, y una labor de rastra doble acción y de dientes. Para el control de malezas se utilizaron los herbicidas preemergentes Atrazina (50%) y S-Metolacloro (96%) a razón de 0,75 kg.ha⁻¹ y 480 cc.ha⁻¹ de ingrediente activo, respectivamente.

Caracteres evaluados

En estado vegetativo:

- ✓ % de emergencia (sólo en ECR 2008/2009).
- ✓ Días a floración masculina (sólo en ECR 2008/2009).
- ✓ Altura total (m) de la planta.
- ✓ Altura de inserción (m) de la primera espiga desarrollada (sólo en ECR 2008/2009).

En estado R3-R4 (Ritchie y Hanway, 1982):

- ✓ Número de tallos por planta.
- ✓ Número de espigas por planta.
- ✓ Número de espigas por tallo (sólo en ensayos de ACE).
- ✓ Peso verde (g) de planta entera.
- ✓ Peso verde (g) de espigas sin chala por planta.
- ✓ % de espiga verde sin chala por planta (sólo en ensayos de ACE).
- ✓ % de espiga seca sin chala por planta (sólo en ensayos de ACE).
- ✓ % de materia seca de espiga sin chala por planta.
- ✓ Peso seco (g) de planta entera.
- ✓ Peso seco (g) de espigas sin chala por planta.
- ✓ % de materia seca total.

Al final del ciclo del cultivo:

- ✓ Peso seco (g) de planta entera.

- ✓ Peso seco (g) de espigas sin chala por planta.
- ✓ Número de tallos por planta (sólo en ECR 2008/2009).
- ✓ Número de espigas por planta (sólo en ECR 2008/2009).
- ✓ Número de granos por planta (sólo en ensayos de ACE).
- ✓ Peso (g) de granos por planta.
- ✓ Peso (g) de 1000 granos.
- ✓ Peso hectolítrico (sólo en ECR 2008/2009).
- ✓ Índice de cosecha.

Metodología

Procedimiento para la recolección de datos:

Se realizó, en estado V₂-V₃, el raleo manual de las plántulas emergidas en estado, determinando simultáneamente el % de emergencia y posteriormente la determinación de los caracteres vegetativos.

En estado R₃-R₄ (momento de cosecha para uso como silaje), se midió la altura total de planta y la altura de inserción de la primer espiga desarrollada (promedio de 3 plantas/parcela). Luego se cortaron manualmente 3 plantas de cada parcela. Se pesó cada planta entera; luego se separaron las espigas, las cuales se pesaron con y sin chala. Con estos datos se pudo determinar el % de espiga. También se contabilizó el número de tallos y espigas de cada planta.

Al mismo momento, se eligió una planta representativa de cada parcela, la cuál 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 así determinar el % 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 este momento el número de espigas y de tallos por planta. Con estos datos se determinó el % de espiga e índice de cosecha.

Cada espiga se cosechó manualmente, registrando el peso de los granos de cada planta; una alícuota de 250 granos fueron pesados en una balanza electrónica de precisión para determinar el peso de 1000 semillas.

Criterios utilizados para la determinación de los caracteres estudiados en los ensayos

- % de emergencia: cociente entre plantas emergidas y semillas sembradas.
- Días a floración masculina: días desde la siembra hasta la aparición de la panoja en el 50 % de las plantas de cada parcela.
- 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 desarrollada: distancia desde el nivel del suelo hasta el nudo de inserción de la primera espiga desarrollada.
- % de materia seca total por planta al momento del corte (R3-R4): (peso seco (g) total por planta / peso verde (g) total por planta) x 100.
- Índice de cosecha: relación entre el peso de grano y el total de biomasa aérea producida.

Modelos y análisis estadístico

Aptitud combinatoria

Los valores obtenidos en los tres ensayos de ACE se analizaron mediante un análisis dialélico conjunto (Griffins, 1956) utilizando el siguiente modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + g_i + g_j + s_{ij} + a_k + ga_{ik} + ga_{jk} + sa_{ijk} + r_l + \varepsilon_{ijk}$$

donde, μ = media general del ensayo; g_i = efectos de la aptitud combinatoria general asociada al progenitor i; g_j = efectos de la aptitud combinatoria general asociada al progenitor j; s_{ij} = efectos de la aptitud combinatoria específica entre los progenitores i y j; a_k = efecto del ambiente k; ga_{ik} y ga_{jk} = efectos de la interacción entre la ACG de los progenitores i y j y el ambiente k; sa_{ijk} = interacción de la aptitud combinatoria específica entre los progenitores i y j y el ambiente k ; r_l = efecto de la repetición l; ε_{ijk} = error experimental. Se aclara que en este modelo Y_{ijk} y ε_{ijk} son la media experimental y el error aleatorio medio asociados a los tratamientos de orden ij, respectivamente (Cruz, 2006).

Este modelo corresponde al método experimental 1 propuesto por Griffins (1956) que incluye los parentales, híbridos F_1 y recíprocos, aleatorizados en los bloques respectivos.

El análisis estadístico se llevó a cabo utilizando el aplicativo computacional en genética y estadística GENES (Cruz, 2006). La significación de los efectos genéticos de ACG y ACE de las variables medidas se evaluó con una prueba de t, a través de su error estándar. El error estándar

de una media de tratamiento se calculó a partir de la raíz cuadrada del cociente entre el cuadrado medio del error del residuo y el número de repeticiones (Steel y Torrie, 1988).

Ensayo Comparativo de Rendimiento

Para realizar el contraste de los HS seleccionados se utilizaron los modelos que se especifican a continuación.

Los caracteres % de emergencia y días siembra a floración se analizaron de acuerdo al siguiente modelo:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

donde, μ = media general del ensayo; α_i = efecto del genotipo i ; β_j = efecto de la repetición j ; ε_{ij} = error experimental asociado a ij .

El resto de los caracteres, que incluyeron un submuestreo en la toma de datos, se analizaron según al siguiente modelo:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \varepsilon_{ij} + \gamma_{ij}$$

donde, μ = media general del ensayo; α_i = efecto del genotipo i ; β_j = efecto de la repetición j ; ε_{ij} = error experimental asociado a ij ; γ_{ijk} = error de muestreo asociado a ij .

Se verificó para la totalidad de las variables el cumplimiento de los supuestos básicos del ANAVA. La normalidad y la homocedasticidad de los residuos se probaron a través de la prueba de Shapiro Wilks y Levene, respectivamente (Balzarini, 2008).

Los datos se analizaron mediante ANAVA (Steel y Torrie, 1988), con la prueba de comparación de medias DGC (Di Rienzo *et al.*, 2002). Además se aplicaron técnicas multivariadas: un análisis de agrupamiento considerando a los genotipos como criterio de clasificación, el análisis de componentes principales (biplot) y un análisis de conglomerados, utilizando la distancia euclídea promedio. Para estos análisis estadísticos se utilizó el software Infostat (Di Rienzo *et al.*, 2011).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Aptitud combinatoria

Los valores de los registros climáticos correspondientes a precipitaciones y temperaturas registradas durante la realización de los ensayos de ACE se presentan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Valores climáticos de los tres ciclos considerados y valores medios de la serie 1974-2003 en Río Cuarto, Córdoba, Argentina. Fuente: Agrometeorología Agrícola, FAV, UNRC.

	Ciclo	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	Media
Temperatura media (°C)	2004/05	14,3	16,9	19,4	21,6	22,4	21,4	19,2	14,5	18,7
	2006/07	14,8	19,1	20,1	22,8	21,9	21	19,3	16,6	19,5
	2007/08	14,4	17,6	19,9	22	22,8	21,8	19,1	15,9	19,2
	1974/03	13,7	17,2	19,3	22,1	22,8	22,0	20,2	16,5	19,2
Precipitaciones (mm)	2004/05	0	93	48	132	270	162	82	56	787
	2006/07	6	71	166	160	169	155	93	11	813
	2007/08	66	104	44	139	214	96	145	22	808
	1974/03	36,4	72,5	119,8	128,9	128,7	89,1	97,6	54,9	672,9

Las temperaturas en los meses considerados para los tres periodos superaron el promedio de la serie analizada; únicamente la temperatura mínima promedio de enero de 2007 fue inferior a la media histórica. Los cultivos se desarrollaron bajo condiciones hídricas adecuadas, donde las precipitaciones de los tres ciclos superaron al promedio histórico correspondiente. Las campañas 2004/05 y 2006/07 se iniciaron con menor recarga hídrica en el perfil del suelo debido a un atraso en el inicio de las lluvias primaverales. Durante el periodo crítico del cultivo, las precipitaciones fueron abundantes por lo que el cultivo no tuvo periodos de deficiencia de humedad edáfica. Los valores de temperatura y precipitaciones promedio y en los tres años de ensayo se muestran en la Figura 1.

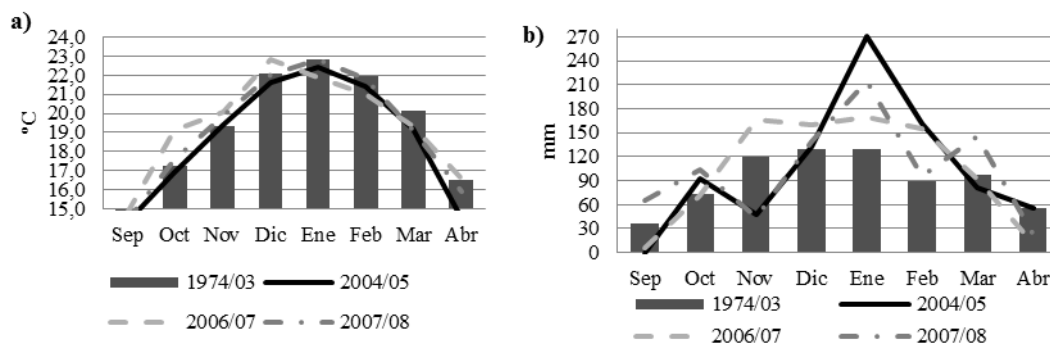


Figura 1. a) Temperaturas medias mensuales y b) precipitaciones ocurridas durante el desarrollo del cultivo de maíz en 2004/05, 2006/07 y 2008/09 y promedio de la serie 1974-2003 en Río Cuarto, Córdoba.

La validez regional de los ensayos de ACE fue comprobada incluyendo cinco testigos empleados en la zona que no fueron considerados en el análisis de aptitud combinatoria. A continuación se presentan los valores medios obtenidos en los ensayos de ACE para tres caracteres de importancia productiva (Cuadro 2).

Cuadro 2. Valores medios y desvío estándar para tres caracteres de importancia productiva analizados en ensayos de ACE de líneas endocriadas e híbridos simples de maíz para los tres ciclos de producción (2004/05, 2006/07, 2007/08) en Río Cuarto, Córdoba.

Caracteres	PSTLP		PSTFC		PG	
	Media	D.E.	Media	D.E.	Media	D.E.
Ensayo general	238,70	99,63	341,58	164,7	143,61	59,44
Líneas endocriadas	181,39	71,24	249,21	124,90	87,26	38,71
Híbridos simples	252,98	88,04	366,32	149,18	156,11	43,76
Testigos	249,34	94,13	301,81	91,75	135,88	37,30

REF: PSTLP = peso seco (g) de planta entera en R₃-R₄; PSTFC = peso seco (g) de planta entera en fin de ciclo; PG = peso (g) de granos por planta.

La comparación de los tres años de ensayos para los tres caracteres productivos, peso seco de planta entera en R3-R4, peso seco de planta entera en fin de ciclo y peso de grano se presenta en la Figura 2. Los valores medios de los HS experimentales fueron similares a los valores de los testigos utilizados y son similares a los encontrados por De Marchi y Biasutti (1999) en las cercanías de la ciudad de Córdoba, y por Centeno y Cortés (2008) en San Francisco, Córdoba, quienes incluyeron algunos de estos testigos en sus ensayos, por lo que se considera que los valores obtenidos son adecuados para la zona centro sur del país.

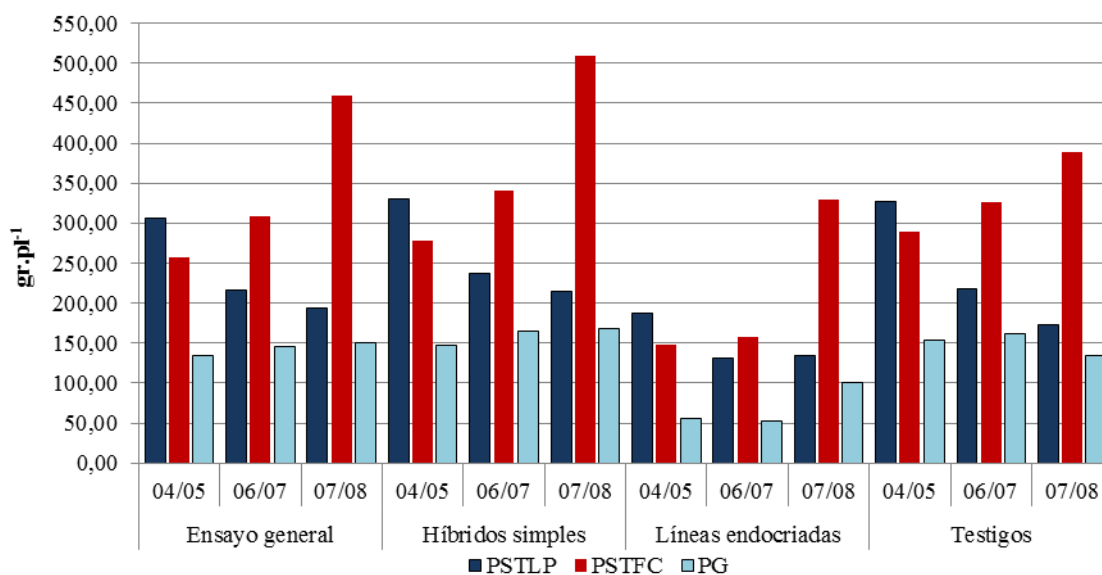


Figura 2. Maíz: valores medios para los caracteres de importancia productiva en los tres ciclos de producción (2004/05, 2006/07, 2007/08) en Río Cuarto, Córdoba.

REF: PSTLP = peso seco (g) de planta entera en R₃-R₄; PSTFC = peso seco (g) de planta entera en fin de ciclo; PG = peso (g) de granos por planta.

Los valores medios y desvíos para los caracteres considerados en los tres años de ensayo se resumen en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Valores medios y desvío estándar para los caracteres analizados en ensayos de ACE de líneas endocriadas e híbridos simples de maíz en los tres ciclos de producción (2004/05, 2006/07, 2007/08) en Río Cuarto, Córdoba.

Caracteres	2004/05	2006/07	2007/08	Valor medio
AP	210,00 ± 23,75	112,80 ± 26,38	206,31 ± 23,40	176,37 ± 51,27
TP	1,47 ± 0,38	1,10 ± 0,20	2,06 ± 0,68	1,54 ± 0,61
EP	1,51 ± 0,44	1,48 ± 0,43	2,46 ± 0,86	1,81 ± 0,76
ET	1,06 ± 0,24	1,36 ± 0,32	1,30 ± 0,37	1,24 ± 0,34
PVTLP	762,27 ± 242,15	803,22 ± 234,65	1093,65 ± 359,70	886,38 ± 319,63
PVELP	257,50 ± 84,48	170,74 ± 56,80	225,82 ± 91,72	218,02 ± 86,56
%EVLP	35,20 ± 7,52	21,28 ± 5,63	20,68 ± 3,68	25,72 ± 8,90
%ESLP	51,20 ± 10,40	29,28 ± 8,72	34,44 ± 8,61	38,31 ± 13,19
%MSELP	66,01 ± 9,15	37,13 ± 10,45	32,09 ± 8,74	45,08 ± 17,70
PSTLP	302,17 ± 123,38	215,54 ± 64,83	198,28 ± 62,76	238,67 ± 98,97
PSELP	157,75 ± 76,79	68,45 ± 31,92	72,42 ± 30,11	99,54 ± 65,49
%MSLP	43,44 ± 7,16	27,02 ± 6,48	18,25 ± 2,57	29,57 ± 11,94
PSTFC	251,48 ± 72,84	304,60 ± 99,09	472,62 ± 216,36	342,90 ± 171,42
PSEFC	156,81 ± 51,32	175,68 ± 64,23	197,33 ± 93,62	176,61 ± 73,51
NG	551,19 ± 184,29	640,35 ± 250,07	598,68 ± 267,65	596,74 ± 238,49
PG	129,59 ± 46,92	142,71 ± 56,25	154,73 ± 73,32	142,34 ± 60,45
P1000	234,47 ± 31,52	229,99 ± 30,14	258,74 ± 31,79	241,07 ± 33,50
IC	0,54 ± 0,21	0,45 ± 0,11	0,32 ± 0,08	0,43 ± 0,17

REF: AP = altura de planta (cm); TP = número de tallos por planta; EP = número de espigas por planta; ET = número de espigas por tallo; PVTLP = peso verde (g) de planta entera en R₃-R₄; PVELP = peso verde (g) de espigas sin chala por planta en R₃-R₄; %EVLP = % de espiga verde por planta en R₃-R₄; %ESLP = % de espiga seca por planta en R₃-R₄; %MSELP = % de materia seca de espigas sin chala en R₃-R₄; PSTLP = peso seco (g) de planta entera en R₃-R₄; PSELP = peso seco (g) de espigas sin chala/planta en R₃-R₄; %MSLP = % de materia seca total en R₃-R₄; PSTFC = peso seco (g) de planta entera en fin de ciclo; PSEFC = peso seco (g) de espigas sin chala por planta en fin de ciclo; NG = número de granos por planta; PG = peso (g) de granos por planta; P1000 = peso (g) de 1000 granos; IC = índice de cosecha.

Algunos de los caracteres de producción medidos en R₃-R₄ y fin de ciclo se proyectaron a hectárea con el objetivo de dimensionar los valores obtenidos (Cuadro 4).

Cuadro 4. Valores medios, proyectados a hectárea, de los caracteres productivos analizados en los ensayos de ACE de HS y líneas endocriadas de maíz (2004/05, 2006/07, 2007/08). Río Cuarto, Córdoba.

Caracteres	Kg.ha ⁻¹
PVTLP	62.900
PVELP	15.479
PSTLP	19.945
PSELP	7.067
PSTFC	24.345
PG	10.106

REF: PVTLP = peso verde (g) de planta entera en R₃-R₄; PVELP = peso verde (g) de espigas sin chala por planta en R₃-R₄; PSTLP = peso seco (g) de planta entera en R₃-R₄; PSELP = peso seco (g) de espigas sin chala/planta en R₃-R₄; PSTFC = peso seco (g) de planta entera en fin de ciclo; PG = peso (g) de granos.

Los valores de materia seca total en estado lechoso-pastoso (PSTLP) fueron similares y en algunos casos superiores a los encontrados por Arias *et al.* (2003), Centeno *et al.* (2009, 2010), Di Nucci *et al.* (2009) y De León *et al.* (2011) empleando distintos híbridos comerciales.

Los valores de materia seca total (PSTFC) observada a fin de ciclo se corresponden con los valores observados en ensayos de maíz para uso como pastura diferida para la alimentación de ganado bovino (Maresca *et al.*, 2006 y Castaldo *et al.*, 2009). El peso de grano promedio (PG) fue superior a los ensayos realizados por Ventimiglia y Torrens Baudrix (2012) en 9 de Julio (Bs. As.) en un suelo con 2,5% de materia orgánica y 200 kg.ha⁻¹ de urea y de Cirilo (2004) en Pergamino, y análogos a los rendimientos registrados por Ferraris (2004) en Wheelwright (Bs. As.) sobre un suelo con 3% de materia orgánica y 180 kg.ha⁻¹ de urea. En estos trabajos se evidencia la correspondencia con el promedio de PG de los testigos antes mencionados, cuyo valor medio proyectado fue de 9.600 kg.ha⁻¹.

Los valores de F y su significación de los análisis de varianza conjuntos de los caracteres medidos en los 25 híbridos simples producto del cruzamiento dialélico de las 5 líneas endocriadas se presentan en los Cuadros 5, 6 y 7.

Cuadro 5. Valores de F y significación del análisis de varianza conjunta para caracteres morfofisiológicos en los ensayos de ACE de HS y líneas endocriadas de maíz (2004/05, 2006/07, 2007/08) en Río Cuarto, Córdoba.

Fuente de Variación	AP	TP	EP	ET
Híbrido	12,04 ns	2,20 ns	2,68 ns	2,10 ns
ACG	8,04 **	3,48 ns	7,96 **	6,87 *
ACE	32,48 ***	2,42 *	2,20 ns	2,53 *
ER	0,56 ns	1,21 ns	0,61 ns	0,51 ns
HS x Año	1,06 ns	0,76 ns	0,13 ns	0,38 ns
A.C.G. x Año	2,54 **	0,82 ns	0,17 ns	0,23 ns
A.C.E. x Año	0,67 ns	0,88 ns	0,08 ns	0,43 ns
E.R. x Año	0,85 ns	0,62 ns	0,15 ns	0,40 ns

REF: AP = altura de planta (cm); TP = número de tallos por planta; EP = número de espigas por planta; ET = número de espigas por tallo; ACG = aptitud combinatoria general; ACE = aptitud combinatoria específica directa; ER = ACE efecto recíproco; *, **, *** = significativo para $p < 0,05$, $p < 0,01$ y $p < 0,001$, respectivamente; ns = no significativo.

La aptitud combinatoria general (ACG) fue altamente significativa para los caracteres altura de planta y espigas por planta y significativa para espigas por tallo en estado R₃-R₄. La aptitud combinatoria específica (ACE) fue muy altamente significativa en altura de planta; los caracteres tallos por planta y espigas por tallo presentaron ACE significativa. La ACE recíproca fue no significativa en los cuatro caracteres (Cuadro 5). No se observaron interacciones con el año, excepto para altura de planta donde la ACG presentó interacción altamente significativa.

Cuadro 6. Valores de F y significación del análisis de varianza conjunta para caracteres en R₃-R₄ en los ensayos de ACE de HS y líneas endocriadas de maíz (2004/05, 2006/07, 2007/08) en Río Cuarto, Córdoba.

Fuente de Variación	PVTLP	PVELP	%EVLP	%ESLP	%MSELP	PSTLP	PSELP	%MSLP
Híbrido	4,04ns	4,68ns	4,69ns	7,12ns	4,20ns	3,14ns	2,87ns	2,24ns
ACG	3,56ns	4,34*	7,67**	9,62**	3,33ns	1,20ns	1,85ns	2,74ns
ACE	8,85***	11,30***	2,61*	11,34***	7,64***	11,06***	6,23***	2,51*
E.R.	0,38ns	0,31ns	3,48**	1,17ns	1,97ns	0,46ns	0,49ns	1,31ns
HS x Año	0,57ns	0,55ns	0,44ns	0,49ns	0,76ns	1,12ns	1,34ns	1,29ns
ACG x Año	0,52ns	0,38ns	0,99ns	0,83ns	1,77ns	0,85ns	0,88ns	3,22**
ACE x Año	0,52ns	0,47ns	0,45ns	0,41ns	0,54ns	0,66ns	1,25ns	0,88ns
ER x Año	0,65ns	0,69ns	0,21ns	0,43ns	0,56ns	1,69*	1,62*	0,93ns

REF: PVTLP = peso verde (g) de planta entera en R₃-R₄; PVELP = peso verde (g) de espigas sin chala por planta en R₃-R₄; %EVLP = % de espiga verde por planta en R₃-R₄; %ESLP = % de espiga seca por planta en R₃-R₄; %MSELP = % de materia seca de espigas sin chala en R₃-R₄; PSTLP = peso seco (g) de planta entera en R₃-R₄; PSELP = peso seco (g) de espigas sin chala/planta en R₃-R₄; %MSLP = % de materia seca total en R₃-R₄; ACG = aptitud combinatoria general; ACE = aptitud combinatoria específica directa; ER = ACE efecto recíproco; *, **, *** = significativo para p < 0,05, p < 0,01 y p < 0,001, respectivamente; ns = no significativo.

Los efectos de ACG fueron altamente significativos para peso verde de espigas, % de espiga verde y % de espiga seca en estado R₃-R₄. Los efectos de ACE fueron significativos para los ocho caracteres (muy altamente significativos en peso verde de planta entera, peso verde de espigas, % de espiga seca, % de materia seca de espiga, peso seco de planta entera y peso seco de espigas en estado R₃-R₄). El ER presentó significación únicamente en % de espiga verde en estado R₃-R₄.

Se evidenció interacción ACG x Año altamente significativa en % de materia seca total e interacción de ER x Año significativa en los caracteres peso seco de planta entera y peso seco de espigas.

Cuadro 7. Valores de F y significación del análisis de varianza conjunta para caracteres en fin de ciclo en los EACE de HS y líneas endocriadas de maíz (2004/05, 2006/07, 2007/08) en Río Cuarto, Córdoba.

Fuente de Variación	PSTFC	PSEFC	NG	PG	P1000	IC
Híbrido	3,70 ns	5,62 ns	3,16 ns	5,27 ns	4,97 ns	3,43 ns
ACG	2,74 ns	1,59 ns	0,23 ns	0,88 ns	16,83 ***	2,86 ns
ACE	6,63 ***	11,01 ***	5,65 ***	9,36 ***	5,67 ***	4,93 **
ER	1,22 ns	1,37 ns	1,15 ns	1,56 ns	0,44 ns	1,02 ns
HS x Año	0,74 ns	0,62 ns	1,11 ns	0,77 ns	0,62 ns	0,42 ns
ACG. x Año	0,96 ns	0,70 ns	1,24 ns	0,68 ns	0,53 ns	0,33 ns
ACE. x Año	0,71 ns	0,65 ns	1,29 ns	0,91 ns	0,62 ns	0,56 ns
ER x Año	0,69 ns	0,56 ns	0,88 ns	0,68 ns	0,65 ns	0,32 ns

REF: PSTFC = peso seco (g) de planta entera en fin de ciclo; PSEFC = peso seco (g) de espigas sin chala por planta en fin de ciclo; NG = número de granos por planta; PG = peso (g) de granos por planta; P1000 = peso (g) de 1000 granos; IC = índice de cosecha; ACG = aptitud combinatoria general; ACE = aptitud combinatoria específica directa; ER = A.C.E. efecto recíproco; *, **, *** = significativo para $p < 0,05$, $p < 0,01$ y $p < 0,001$, respectivamente; ns = no significativo.

Los caracteres de fin de ciclo (Cuadro 7) tuvieron efectos de ACG fueron muy altamente significativos en el peso de 1000 semillas, mientras que los efectos de ACE fueron muy altamente significativos en todos ellos, salvo para índice de cosecha que se mostraron altamente significativos. Los efectos de ACE recíproca y las interacciones de aptitud combinatoria y año fueron no significativos en todos los casos.

Los valores de aptitud combinatoria específica del producto del dialélico completo para cada carácter estudiado se presentan gráficamente en el Anexo I.

Caracteres morfofisiológicos

A continuación se presenta los valores de ACG (Cuadro 8) de los caracteres morfofisiológicos evaluados previos al corte en R₃-R₄.

Cuadro 8. Valores de aptitud combinatoria general para caracteres morfofisiológicos en cinco líneas endocriadas de maíz progenitoras de los HS evaluados (2004/05, 2006/07, 2007/08) en Río Cuarto, Córdoba.

Línea	AP	TP	EP	ET
3	9,778	-0,036	-0,059	-0,009
4	-11,889	0,135	0,289	0,094
20	5,296	-0,117	-0,245	-0,088
26	-3,925	0,083	-0,012	-0,49
28	0,741	-0,065	0,026	0,053

REF: AP = altura de planta (cm); TP = número de tallos por planta; EP = número de espigas por planta; ET = número de espigas por tallo;

Las líneas 3 y 20 contribuyen en el caracter altura de planta al presentar mayor efecto de ACG. Las líneas 4 y 28 presentaron mayores valores positivos de ACG para los tres caracteres morfofisiológicos restantes. La línea 4 tuvo la mayor ACG para tallos por planta y espigas por planta. De la Cruz-Lázaro *et al.* (2010) hallaron valores similares y superiores en ensayos de poblaciones de maíz tropical.

Los valores de ACE de los HS se presentan en el Cuadro 9.

Cuadro 9. Valores de aptitud combinatoria especifica para caracteres morfofisiológicos en 20 híbridos simples y cinco líneas endocriadas progenitoras de maíz (2004/05, 2006/07, 2007/08) en Río Cuarto, Córdoba.

	AP	TP	EP	ET
3x3@	-24,44**	-0,06	-0,18	0,09
3x4	5,37	-0,01	-0,01	-0,17*
3x20	9,2*	0,04	0,06	-0,002
3x26	9,17*	0,04	0,22	0,02
3x28	0,7	-0,01	-0,01	0,06
4x3⁽¹⁾	1,11	0,01	-0,01	-0,17*
4x4@	-36,11**	-0,09	0,16	0,46**
4x20	15,78**	0,02	-0,1	-0,06
4x26	5,09	0,06	-0,17	-0,11
4x28	9,87*	0,02	0,11	-0,13
20x3⁽¹⁾	8,37*	0,02	0,04	-0,06
20x4⁽¹⁾	15,41**	0,05	-0,16	-0,14
20x20@	-46,96**	-0,09	-0,22	-0,01
20x26	13,18**	0,01	0,24	0,06
20x28	8,8*	0,02	0,01	0,01
26x3⁽¹⁾	13,89**	0,03	0,03	0,07
26x4⁽¹⁾	7,41 ^a	0,05	-0,28	-0,15 ^a
26x20⁽¹⁾	7,99 ^a	0,03	0,11	0,18 ^a
26x26@	-32,96**	-0,12	-0,2	0,06
26x28	5,52	0,01	-0,09	-0,04
28x3⁽¹⁾	0,89	0,01	0,12	0,11
28x4⁽¹⁾	8,85*	0,02	0,31 ^a	-0,06
28x20⁽¹⁾	7,04 ^a	0,04	-0,05	0
28x26⁽¹⁾	3,48	0,013	-0,09	0
28x28@	-24,89**	-0,05	0,06	0,01

REF: AP = altura de planta (cm); TP = número de tallos por planta; EP = número de espigas por planta; ET = número de espigas por tallo. Significación a través de una prueba t: a = significativo al 10 %; * = significativo al 5 %; ** = significativo al 1 %. ⁽¹⁾ híbrido simple analizado a través de su efecto recíproco.

Trece híbridos simples presentaron efectos significativos para altura de planta, donde se destacan 4x20, 20x4, 20x26 y 26x3 como los de mayor ACE para este carácter. Los híbridos 3x4, 4x3, 26x4 y 26x20 acompañan ese efecto con la relación espiga/tallo y 28x4 con número de espigas por planta, respectivamente. No existen valores significativos de efecto de ACE para tallos por planta.

Caracteres evaluados en estado R₃-R₄ (grano lechoso-pastoso)

Los valores de aptitud combinatoria general de cinco líneas endocriadas de maíz se presentan en el Cuadro 10.

Cuadro 10. Valores de aptitud combinatoria general para caracteres analizados en estado R₃-R₄ en cinco líneas endocriadas de maíz progenitoras de los HS evaluados (2004/05, 2006/07, 2007/08) en Río Cuarto, Córdoba.

Línea	PVTLP	PVELP	%EVLP	%ESLP	%MSELP	PSTLP	PSELP	%MSLP
3	36,938	13,989	0,004	0,015	1,503	10,562	6,917	0,221
4	10,386	10,014	0,01	-0,012	-3,14	-4,302	-4,849	-0,191
20	52,911	-12,179	-0,033	-0,04	-1,583	8,758	-5,002	-2,33
26	-63,747	3,784	0,027	0,04	2,795	-8,826	6,624	2,3
28	-36,488	-15,608	-0,008	-0,002	0,425	-6,192	-3,691	0

REF: PVTLP = peso verde (g) de planta entera en R₃-R₄; PVELP = peso verde (g) de espigas sin chala por planta en R₃-R₄; %EVLP = % de espiga verde por planta en R₃-R₄; %ESLP = % de espiga seca por planta en R₃-R₄; %MSELP = % de materia seca de espigas sin chala en R₃-R₄; PSTLP = peso seco (g) de planta entera en R₃-R₄; PSELP = peso seco (g) de espigas sin chala/planta en R₃-R₄; %MSLP = % de materia seca total en R₃-R₄.

La línea 3 presentó valores altos de ACG en la mayoría de los caracteres (Cuadro 10). La línea 20 se destaca en el peso verde y seco de planta entera, siendo sus otros efectos de ACG negativos. La línea 26 presenta valores elevados de % de materia seca, ya sea planta entera y espigas así como también en su peso seco de espigas. El carácter peso verde de planta entera presentó la mayor cantidad de valores positivos de ACG en las líneas 3, 4 y 20. Esto se debe, probablemente, a la orientación silera-doble propósito que se tuvo en cuenta en el proceso de elección de las líneas endocriadas (Grassi *et al.*, 2009).

El Cuadro 11 resume los valores de ACE de los híbridos analizados para los caracteres antes descritos. En total, 10 HS muestran un efecto de ACE significativa en al menos un carácter. Se destaca el HS 3x26 por tener la mayor cantidad de caracteres con valores significativos de ACE positivos; éste y el HS 28x4 son los híbridos de mayor efecto de ACE para peso verde de espiga. El HS 26x3 sobresalió en los caracteres peso seco de planta entera y peso seco de espigas, mientras que el HS 20x4 se destaca en porcentaje de materia seca de espiga y ambos pesos secos.

Cuadro 11. Valores de aptitud combinatoria específica para caracteres en R₃-R₄ en 20 híbridos simples y cinco líneas progenitoras de maíz (2004/05, 2006/07, 2007/08). Río Cuarto, Córdoba.

	PVTLP	PVELP	%EVLP	%ESLP	%MSELP	PSTLP	PSELP	%MSLP
3x3@	-262,89**	-84,14**	-0,02	-0,06 ^a	-2,87	-70,42*	-44,08**	-1,52
3x4	96,67	14,5	-0,01	-0,01	0,31	0,02	-4,77	0,07
3x20	120,07	27,2	0,01	0,04	2,77	30,15	18,03	-0,64
3x26	92,93	53,08**	0,03*	0,04	2,78	52,23 ^a	36,89**	3,01 ^a
3x28	-46,77	-10,62	-0,003	-0,01	-2,98	-11,98	-6,06	-0,93
4x3⁽¹⁾	69,56	8,09	0	0,01	1,04	-14,55	-5,827	0,093
4x4@	-279,86**	-87,05**	-0,03*	-0,09**	-9,36**	-74,21*	-42,64**	-3,28*
4x20	53,8	24,37	0,02	0,02	0,52	22,8	11,26	1,55
4x26	7,33	10,68	0,01	0,06 ^a	5,36*	13,89	14,57	1,5
4x28	122,05	37,5 ^a	0,01	0,02	3,18	37,5	21,58	0,17
20x3⁽¹⁾	158,81*	24,7	-0,01	0,02	1,79	17,01	8,07	-0,52
20x4⁽¹⁾	31,73	21,56	0,03*	0,05 ^a	6,51*	46,62 ^a	29,09*	2,62
20x20@	-412,02**	-112,81**	-0,02	-0,09**	-7,87**	-118,33*	-54,78**	-1,55
20x26	139,86 ^a	32,23	-0,004	0,01	1,14	36,64	12,21	-0,37
20x28	98,29	29,03	0,001	0,02	3,44	28,73	13,28	1,02
26x3⁽¹⁾	108,06	36,76 ^a	-0,01	0,03	1,45	79,67*	51,11**	0,02
26x4⁽¹⁾	88,13	27,55	0,005	0,05 ^a	2,76	17,02	12,98	0,03
26x20⁽¹⁾	121,05	28,6	-0,004	0,03	-0,86	18,18	8,47	-1,11
26x26@	-269**	-97,07**	-0,04**	-0,12**	-8,82**	-111,94*	-68,55**	-4,38**
26x28	28,87	1,08	0,01	0,01	-0,47	9,19	4,88	0,24
28x3⁽¹⁾	-13,27	1,86	0,007	0,01	-1,23	-7,96	-0,99	0,84
28x4⁽¹⁾	183,01*	53,21*	0,015	0,02	3,12	28,17	16,46	0,41
28x20⁽¹⁾	89,42	39,29*	0,021	0,04	3,3	17,21	13,11	0,88
28x26⁽¹⁾	-10,41	-3,31	0,02	0,007	-0,99	-19,01	-11,1	1,88
28x28@	-202,44**	-56,99**	-0,02	-0,05	-3,17	-63,43*	-33,68**	-0,49

REF: PVTLP = peso verde (g) de planta entera en R₃-R₄; PVELP = peso verde (g) de espigas sin chala por planta en R₃-R₄; %EVLP = % de espiga verde por planta en R₃-R₄; %ESLP = % de espiga seca por planta en R₃-R₄; %MSELP = % de materia seca de espigas sin chala en R₃-R₄; PSTLP = peso seco (g) de planta entera en R₃-R₄; PSELP = peso seco (g) de espigas sin chala/planta en R₃-R₄; %MSLP = % de materia seca total en R₃-R₄. Significación a través de una prueba t: a = significativo al 10 %; * = significativo al 5 %; ** = significativo al 1 %. ⁽¹⁾ híbrido simple analizado a través de su efecto recíproco.

Se observa que el híbrido 28x4, que involucra como progenitor femenino una línea con ACG negativa (línea 28), presentó un alto valor de ACE para peso verde de planta entera. Este efecto fue descrito en maíces tropicales y subtropicales donde progenitores con efectos bajos o negativos de ACG produjeron cruza con alto valores en los caracteres respectivos (Guillen-de la Cruz *et al.*, 2009; De la cruz-Lázaro *et al.*, 2010).

Caracteres evaluados en fin de ciclo del cultivo

Los valores de ACG para los caracteres evaluados en el fin de ciclo del cultivo se presentan en el Cuadro 12.

Cuadro 12. Valores de aptitud combinatoria general para caracteres analizados en fin de ciclo en las cinco líneas endocriadas de maíz progenitoras de los HS evaluados (2004/05, 2006/07, 2007/08) en Río Cuarto, Córdoba.

Línea	PSTFC	PSEFC	NG	PG	P1000	IC
3	14,038	3,759	19,613	1,782	-3,42	-0,001
4	24,46	12,503	-19,188	5,316	16,843	0,006
20	17,346	-1,856	2,267	1,825	-4,981	-0,03
26	-38,477	-2,65	0,602	-0,51	5,704	0,031
28	-17,366	-11,756	-3,294	-8,412	-14,146	-0,006

REF: PSTFC = peso seco (g) de planta entera en fin de ciclo; PSEFC = peso seco (g) de espigas sin chala por planta en fin de ciclo; NG = número de granos por planta; PG = peso (g) de granos por planta; P1000 = peso (g) de 1000 granos; IC = índice de cosecha.

La línea 4 presentó la mayor cantidad de caracteres con los máximos valores de ACG positivos. La línea 3 mostró buena ACG para peso seco de planta entera y número de granos. La línea 20 también se destacó en peso seco de planta entera.

Los efectos de la ACE para los caracteres de fin de ciclo se muestran en el Cuadro 13.

Cuadro 13. Valores de aptitud combinatoria específica para los caracteres analizados en fin de ciclo en 20 híbridos simples y cinco líneas endocriadas progenitoras de maíz (2004/05, 2006/07, 2007/08) en Río Cuarto, Córdoba.

	PSTFC	PSEFC	NG	PG	P1000	IC
3x3@	-75,35 ^a	-51,42**	-149,35**	-46,28**	-23,79**	-0,06 ^a
3x4	34,75	21,06	32,54	15,65	10,33	-0,01
3x20	16,83	11,34	59,86	12,71	7,71	0,04
3x26	19,15	15,63	36,26	13,52	0,77	0,03
3x28	4,61	3,39	20,69	4,4	4,99	-0,003
4x3⁽¹⁾	46,68	37,84*	79,33	29,77*	12,97 ^a	0,01
4x4@	-170,67**	-103,5**	-276,5	-87,63**	-39,76**	-0,12**
4x20	65,63 ^a	24,17	89,71 ^a	23,65 ^a	9,25	0,06 ^a
4x26	-3,12	18,02	11,18	11,19	13,95 ^a	0,03
4x28	73,42 ^a	40,26*	143,08*	37,15**	6,23	0,04
20x3⁽¹⁾	0,98	-0,7	13,8	2,52	4,83	0,03
20x4⁽¹⁾	58,52	22,33	96,26 ^a	21,25	0,68	0
20x20@	-180,59**	-109,67**	-403,64**	-94,9	-26,23**	-0,23**
20x26	72,94 ^a	47,47**	156,9**	40,9**	6,9	0,11**
20x28	25,2	26,69	97,17 ^a	17,64	2,37	0,02
26x3⁽¹⁾	24,73	-1,8	-37,39	-2,14	4,32	-0,01
26x4⁽¹⁾	19,42	21,72	30,71	19,69	13,86 ^a	0,06 ^a
26x20⁽¹⁾	4,38	14,86	27,49	8,88	5,56	0,16**
26x26@	-107,35**	-85,44**	-194,03**	-69,79**	-29,75**	-0,17**
26x28	18,39	4,32	-10,32	4,18	8,13	0,01
28x3⁽¹⁾	3,57	3,84	21,9	9,85	10,84	0,007
28x4⁽¹⁾	133,24**	56,39 ^a	199,54**	48,51**	5,23	0,03
28x20⁽¹⁾	0,46	23,45	61,18	8,85	-0,08	0,04
28x26⁽¹⁾	-21,87	-20,87	-67,27	-16,3	-0,79	-0,01
28x28@	-121,61**	-74,65**	-250,62**	-63,37**	-21,73**	-0,06

REF: PSTFC = peso seco (g) de planta entera en fin de ciclo; PSEFC = peso seco (g) de espigas sin chala por planta en fin de ciclo; NG = número de granos por planta; PG = peso (g) de granos por planta; P1000 = peso (g) de 1000 granos; IC = índice de cosecha. Significación a través de una prueba t: a = significativo al 10 %; * = significativo al 5 %; ** = significativo al 1 %. ⁽¹⁾ híbrido simple analizado a través de su efecto recíproco.

Nueve híbridos simples presentaron valores positivos y significativos de ACE. El híbrido 28x4 sobresalió por tener los mayores valores de ACE para peso seco de planta entera y espigas, y número y peso de granos; 20x26 se destacó en el mayor número de caracteres positivos incluyendo peso seco de planta entera y espiga, número y peso de granos e índice de cosecha.

Los HS 4x20 y 4x28 revelan valores aceptables para peso seco de planta entera, aunque el segundo destaca en peso seco de espigas, número y peso de granos.

Con la finalidad de cuantificar la importancia de cada híbrido simple en relación a sus efectos de aptitud combinatoria específica se posicionaron de acuerdo a la cantidad de caracteres en donde dicho efecto de ACE fue positivo y significativo. De esta manera se identificaron ocho híbridos simples que reúnen las características buscadas, tanto para uso como forraje para ensilar en estado lechoso-pastoso, como para pastoreo diferido o producción de grano en fin de ciclo (Cuadro 14).

Cuadro 14. Número de caracteres con valor positivo y significativo de aptitud combinatoria específica para cada HS de maíz (2004/05, 2006/07, 2007/08) en Río Cuarto, Córdoba.

Híbrido	N° de caracteres según su significación				N° de caracteres según el estado fenológico		
	0,01	0,05	0,1	Total	MF	LP	FC
28x4	4	2	2	8	2	2	4
20x26	5		2	7	1	1	5
20x4	1	4	2	7	1	5	1
3x26	2	3	1	6	1	5	
4x28	2	2	2	6	1	1	4
4x20	1		4	5	1		4
26x3	3		1	4	1	3	
4x3		2	1	3	1		2
4x26		1	2	3	0	2	1
26x4			4	4	1	1	2
26x20	1	1	1	3	2		1
20x3		2		2	1	1	
28x20		1	1	2	1	1	
20x28		1	1	2	1		1
3x20		1		1	1		
3x4				0			
3x28				0			
26x28				0			
28x3				0			
28x26				0			

REF: MF= caracteres morfofisiológicos; LP= caracteres medidos en estado R₃-R₄; FC= caracteres medidos a fin de ciclo.

Los híbridos simples que se ubicaron en las primeras posiciones son los híbridos destinados al ensayo comparativo de rendimiento con testigos comerciales. Se destaca el híbrido 28x4 como posible genotipo para uso doble propósito; los híbridos 20x26, 4x28, 4x20 y 4x3 poseen una tendencia a la producción de forraje diferido o grano; y los híbridos 20x4, 3x26 y 26x3 se muestran favorables para la producción de forraje para ensilar en estado R₃-R₄. El HS 26x3, incluido en el listado anterior, debió eliminarse del programa de mejoramiento debido a la escasa semilla existente y a la gran dificultad de producción de semilla viable que muestra el mismo. Esto es debido a que la línea 26, involucrada en este híbrido como progenitor femenino, posee grandes inconvenientes a nivel de fertilidad y sanidad. Por esta razón, no se pudo incluir en el ensayo comparativo de rendimiento posterior.

Por último, se decidió incluir en el ensayo comparativo de rendimiento el HS 28x26 debido a que fue la cruce que evidenció el mayor número de caracteres con valores de ACE negativos. Esta decisión esta motivada a fin de corroborar el efecto de la aptitud combinatoria negativa.

En la parte siguiente del presente trabajo, se presenta el ensayo comparativo de rendimiento realizado con los híbridos simples elegidos y testigos a fin de contrastar su validez.

Ensayo Comparativo de Rendimiento

Las condiciones climáticas en que se desarrolló el ensayo comparativo de rendimiento se presentan en la Figura 3.

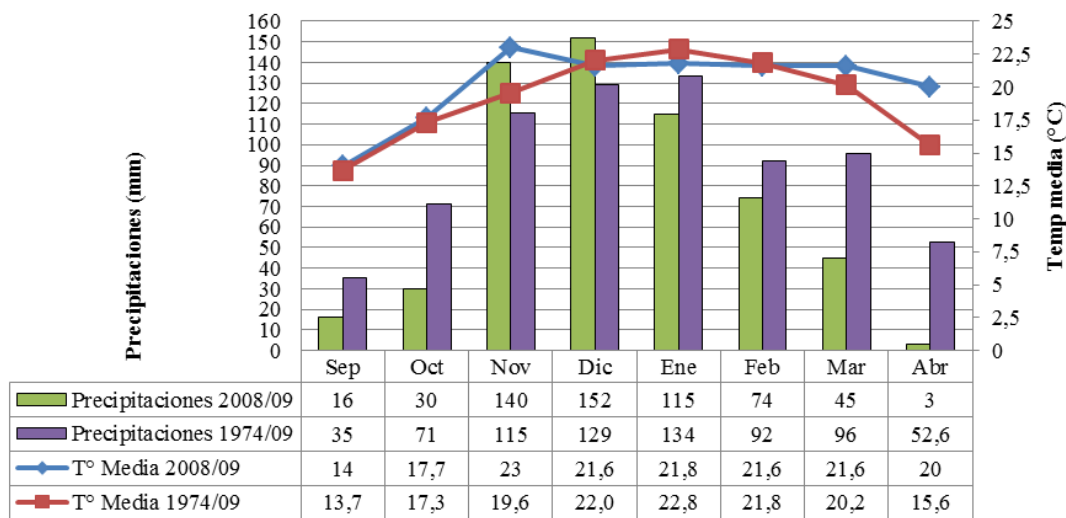


Figura 3. Valores de precipitaciones y temperaturas medias mensuales ocurridas durante el desarrollo del ECR 2008/09, y valores medios de la serie 1974 - 2009 en Río Cuarto, Córdoba.

Fuente: Agrometeorología Agrícola, FAV, UN de Río Cuarto.

Las precipitaciones de los meses de septiembre y octubre fueron escasas, por lo que la fecha de siembra se atrasó respecto a la fecha recomendada generalmente para este cultivo (Cirilo, 2004). Luego de este déficit, las precipitaciones fueron mayores y mejor distribuidas, superando la media histórica en los meses de noviembre y diciembre, por lo que el cultivo no manifestó síntomas de estrés hídrico durante su etapa de floración-inicio de llenado de granos. Las temperaturas medias mensuales se correspondieron normalmente a las temperaturas observadas en la serie, salvo el mes de noviembre que fue más cálido, contribuyendo, junto con las precipitaciones abundantes, a una correcta implantación del cultivo.

Los valores medios, desvíos estándar y coeficientes de variación de los caracteres evaluados en el ensayo comparativo de rendimiento (ECR) de los híbridos simples elegidos se presentan en el Cuadro 15.

Cuadro 15. Valores medios, desvíos estándar, coeficientes de variación (CV), F y significación para caracteres analizados en ERC de maíz en el ciclo 2008/09 en Río Cuarto, Córdoba.

Carácter	Media	Desvío estándar	CV	F
%E	70,88	17,27	24,36	6,53 ***
DSF	77,27	3,22	4,17	3,6 ***
AP	227,32	28,66	12,61	1,12 ns
A1°ESP	119,81	18,81	15,7	3,52 ***
EP	1,8	0,55	30,43	1,46 ns
TP	1,33	0,58	43,41	1,02 ns
PVTLP	884,35	336,78	38,08	3,7 ***
PVELP	153,23	72,11	47,06	3,29 ***
PSTLP	204,55	77,64	37,96	2,8 **
%MSLP	23,72	4,87	20,56	1,88 *
PSELP	39,44	28,43	72,08	1,33 ns
%MSELP	24,44	10,48	42,86	1,36 ns
EPFC	1,36	0,52	38,37	0,99 ns
TPFC	1,25	0,55	43,82	1,32 ns
PSTFC	364,11	156,18	42,89	6,14 ***
PSEFC	132,92	55,63	41,85	2,21 *
PG	106,18	50,48	47,54	2,65 **
PH	75,53	4,8	6,35	5,21 ***
P1000	274,5	59,12	21,54	12,01 ***
IC	0,32	0,15	46,26	5,86 ***

REF: %E = % de emergencia; DSF = días desde siembra a floración masculina; AP = altura de planta (cm); A1°ESP = altura de inserción (cm) de la 1° espiga desarrollada; EP = número de espigas por planta; TP = número de tallos por planta; PVTLP = peso verde (g) de planta entera en R₃-R₄; PVELP = peso verde (g) de espigas sin chala por planta en R₃-R₄; PSTLP = peso seco (g) de planta entera en R₃-R₄; %MSLP = % de materia seca total en R₃-R₄; PSELP = peso seco (g) de espigas sin chala/planta en R₃-R₄; %MSELP = % de materia seca de espiga en R₃-R₄; EPFC = número de espigas por planta en fin de ciclo; TPFC = número de tallos por planta en fin de ciclo; PSTFC = peso seco (g) de planta entera en fin de ciclo; PSEFC = peso seco (g) de espigas sin chala por planta en fin de ciclo; PG = peso (g) de granos por planta; PH = peso hectolítico (kg/hl); P1000 = peso (g) de 1000 granos; IC = índice de cosecha. *, **, ***= significativo para p<0.05, p<0,01 y p<0,001, respectivamente; ns = no significativo.

Los resultados de los análisis de varianza y las pruebas de diferencias de medias (DGC) correspondientes se presentan en el Anexo II.

Caracteres morfofisiológicos

El promedio general del ensayo para el carácter % de germinación fue de $70,88 \pm 17,27$ %, con diferencias muy altamente significativas ($p < 0,0001$) entre los materiales. Cuatro testigos resultaron superiores; los HS probados tuvieron una germinación media superior entre 60,6 y 81,7 %.

El intervalo siembra-floración masculina (DSF) presentó diferencias estadísticas altamente significativas ($p = 0,0002$) con un promedio de $77,27 \pm 3,22$ días. Este valor es semejante al encontrado por Grassi *et al.* (2006a) para las líneas S₂ originales y corresponde también al encontrado por Di Nucci *et al.* (2003, 2009) en híbridos con aptitud silera sembrados en fecha similar al presente ensayo. La importancia de tener en cuenta la longitud del ciclo radica en que este es un factor a considerar en el manejo del cultivo. Un ejemplo de ello es la elección de la fecha de siembra que determinará cambios en los regímenes fototermales e hídricos a los que las plantas quedarán expuestas durante su ciclo, así como otros aspectos que tengan que ver con la sanidad del mismo (Otegui y López Pereyra, 2006).

Alessandro (2001) observó que la mayor duración del período entre siembra y floración, especialmente femenina, provocaba una menor partición de la materia seca hacia la espiga y, por lo tanto, una mayor acumulación en los componentes vegetativos. Esto resulta razonable, ya que en esta etapa del ciclo de maíz se produce el crecimiento vegetativo, por lo tanto los genotipos que más tardaron en florecer destinaron más cantidad de fotoasimilados a la producción de hojas y tallos (Andrade, 1996).

La Figura 4 muestra el ciclo de cada material probado, donde cinco HS igualaron o superaron la media general del ensayo (77,27 días), mientras que dos HS evidencian menor longitud en su ciclo vegetativo. Esta diferencia entre los HS es estadísticamente significativa.

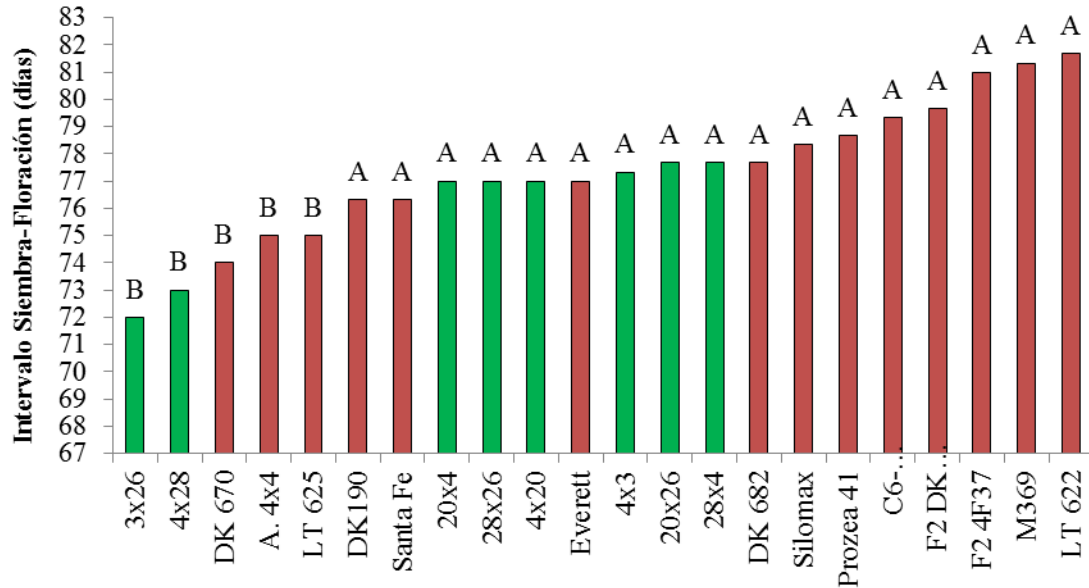


Figura 4. Valores medios para días siembra-floración en los materiales de maíz probados en el ECR, durante la campaña 2008/09 en Río Cuarto, Córdoba.

La altura final de la planta no presentó diferencias estadísticas significativas entre los materiales analizados. La media general del ensayo para este carácter fue de $227,32 \pm 28,66$ cm con valores entre 125 cm y 300 cm de altura. Estos valores son superiores a los encontrados por Jouli y Vargas López (2003) y similares a los obtenidos por Centeno *et al.* (2009), en sus ensayos comparativos de rendimiento de maíces para silaje.

El carácter altura de inserción de la primer espiga arrojó una media de $118,81 \pm 18,8$ con diferencias altamente significativas ($p=0,0003$) entre los híbridos. Los HS probados muestran una tendencia a forma la primera espiga en una posición más alta que la mayoría de los testigos graníferos. Esto se debe principalmente a que el mejoramiento realizado sobre estos últimos tiende a disminuir la altura ya que proporciona una estrategia frente al quebrado y vuelco de las plantas. La altura de inserción de la primer espiga y la altura total de la planta son caracteres relacionados con el comportamiento frente a posibles problemas de vuelco y con la producción de materia seca. En cuanto a la relación entre ambas alturas, los valores más bajos tienden a reducir las pérdidas de grano o materia seca total por vuelco (Brun, 2005).

Estado R₃-R₄ (grano lechoso-pastoso)

Los caracteres que comprenden la producción de forraje para ensilar se midieron en estado de grano lechoso-pastoso (R₃-R₄, según Ritchie y Hanway, 1982). Los caracteres peso verde de planta entera, peso verde de espigas sin chala y peso seco de planta entera fueron los que presentaron diferencias estadísticamente significativas entre los materiales.

Respecto al número de tallos por planta, los HS probados presentan un valor superior que la mayoría de los materiales testigos pero sin diferencia estadística. En cuanto al número de espigas por planta, no se encontraron diferencias entre los híbridos; de todas maneras se destacan el híbrido de tres líneas silero M369 y el HS probado 4x28 con una media de 2,22 espigas/planta, lo que puede estar aportando una mayor calidad al silaje.

Con la finalidad de permitir una comparación con otros trabajos experimentales en el Cuadro 16 se presentan los valores medios proyectados a hectárea de los caracteres considerados en estado R₃-R₄.

Cuadro 16. Valores medios, proyectados a hectárea (71.000 pl.ha⁻¹), de los caracteres productivos analizadas en maíz en estado R₃-R₄ en Río Cuarto, Córdoba, 2008/09.

Carácter	Kg.ha⁻¹
PVTLP	62.789
PVELP	10.879
PSTLP	14.523
PSELP	2.800

REF: PVTLP = peso verde (g) de planta entera en R₃-R₄; PVELP = peso verde (g) de espigas sin chala por planta en R₃-R₄; PSTLP = peso seco (g) de planta entera en R₃-R₄; PSELP = peso seco (g) de espigas sin chala/planta en R₃-R₄.

El valor de peso verde de planta entera proyectado a hectárea es superior a los obtenidos por Di Nucci (2004) y por Jouli y Vargas López (2003), con medias generales de 54.501 kg.ha⁻¹ y 41.696 kg.ha⁻¹, respectivamente. Se destacan cuatro HS probados sin diferencias con el testigo Morgan M369 (H3L silero).

Considerando el valor absoluto, seis HS probados superaron el valor medio general del ensayo para el carácter peso verde de planta entera (Figura 5). Cuatro híbridos probados superaron a los HS y HD testigos, tres de ellos fueron superiores a los H3L testigos y todos superaron a las F2 y la población original.

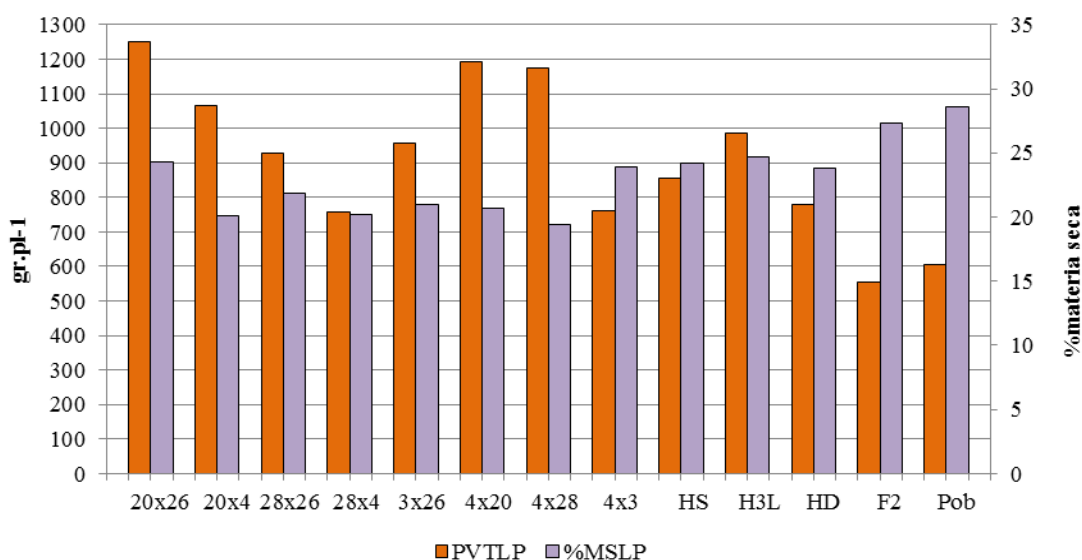


Figura 5. Maíz: peso verde de planta entera (PVTLP) y % de materia seca de planta entera (%MSLP) en estado R₃-R₄ para los HS probados, y testigos: híbridos simples (HS), híbridos de tres líneas (H3L), híbridos dobles (HD), F₂ y población original (Pob), en Río Cuarto, Córdoba, 2008/09.

El peso verde de espiga por planta mostró diferencias estadísticamente significativas ($p=0,0005$) entre los genotipos utilizados. El valor proyectado a hectárea fue inferior a los valores obtenidos por Di Nucci (2004) y por Jouli y Vargas López (2003).

El carácter peso verde de espiga también presentó diferencias entre los genotipos pero no entre los HS probados entre si; únicamente una F2 utilizada fue inferior al resto de los materiales (Figura 6).

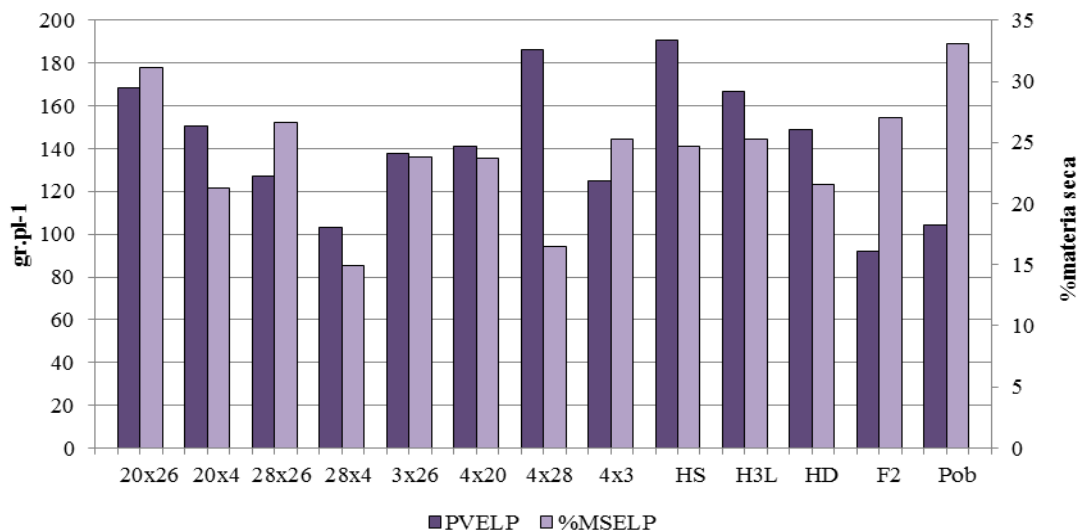


Figura 6. Maíz: peso verde de espiga (PVELP) y % de materia seca de espiga (%MSELP) en estado R₃-R₄ para los HS probados, y testigos: híbridos simples (HS), híbridos de tres líneas (H3L), híbridos dobles (HD), F₂ y población original (Pob). Río Cuarto, Córdoba, 2008/09.

Como se observa en las dos figuras anteriores, los materiales fueron cosechados con valor medio de porcentaje de materia seca similar, tanto de planta entera como de espiga (25,81% y 24,61%, respectivamente). El porcentaje de materia seca de planta entera presentó diferencias estadísticamente significativas ($p=0,041$), donde dos HS probados presentaron mayor porcentaje de materia seca. Esta diferencia podría llegar a estar marcando una leve diferencia entre los ciclos de los HS probados, ya que existen materiales que, al mismo momento del corte, presentaron un menor contenido de humedad.

Experiencias similares donde se evaluaron híbridos de maíz o compuestos con fines sileros, coinciden con los porcentajes mencionados, sin grandes diferencias entre los distintos materiales (Arias *et al.*, 2003; Grassi *et al.*, 2005; Grassi *et al.*, 2006b). Schroeder *et al.* (2002) en sus experiencias observaron el mismo comportamiento en los porcentajes de materia seca (planta entera y espiga) dentro un mismo ciclo productivo, encontrando una gran variación de los valores entre distintos años o ambientes.

El peso seco de planta entera proyectado se mostró similar al obtenido por Di Nucci *et al.* (2004, 2005, 2007), y superiores a los obtenidos por Grassi *et al.* (2006a). Es de destacar que

este caracter presentó diferencias significativas entre los híbridos, donde se evidencia un HS probado de buen comportamiento (20x26) en cuanto a su PVTLP, junto con el híbrido silero M369. El HS 4x20 supera en valor los demás testigos pero sin diferencias significativas (Figura 7).

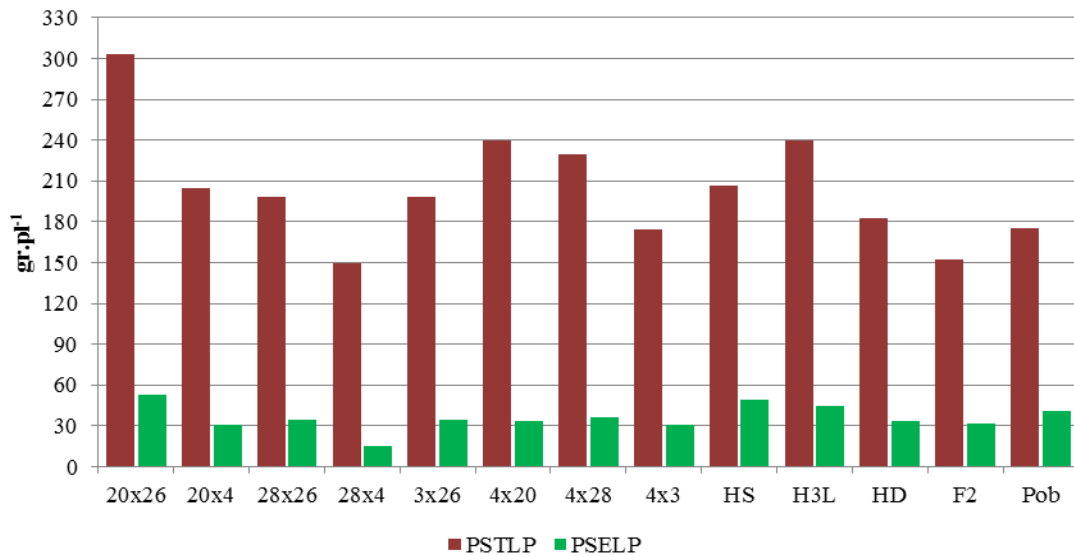


Figura 7. Maíz: peso seco de planta entera (PSTLP) y peso seco de espiga (PSELP) en estado R₃-R₄ para los HS probados, y testigos: híbridos simples (HS), híbridos de tres líneas (H3L), híbridos dobles (HD), F₂ y población original (Pob). Río Cuarto, Córdoba, 2008/09.

El análisis de componentes principales (ACP) para los HS y los ocho caracteres relacionados con la producción de forraje para ensilar (estado R₃-R₄), se presenta en la Figura 8. Los autovalores, autovectores y correlaciones con las variables originales se exhiben en el Anexo III.

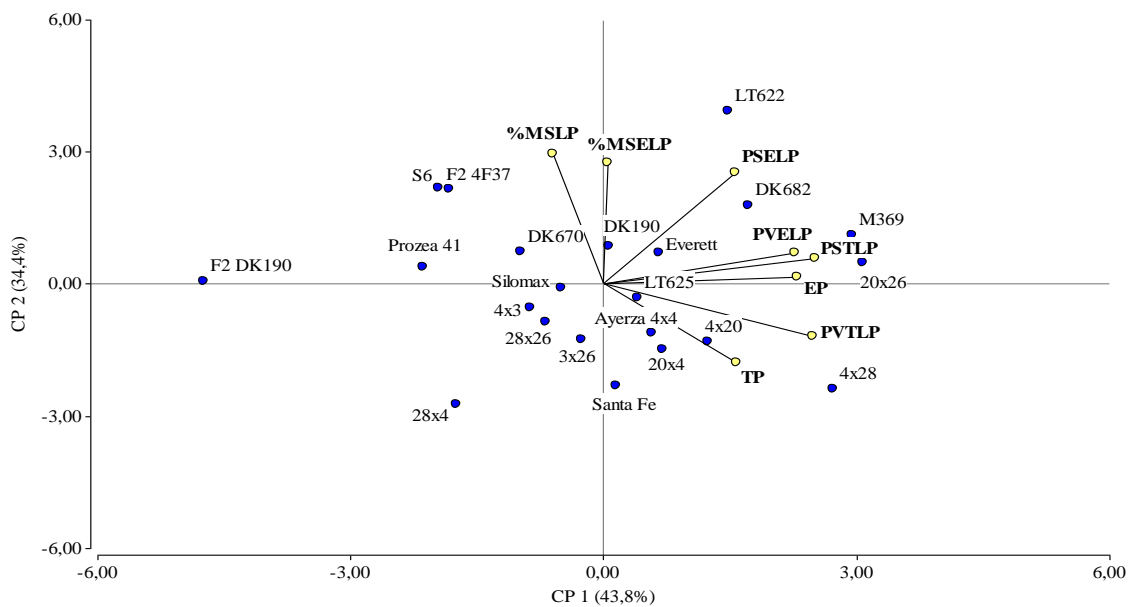


Figura 8. Análisis de componentes principales para ocho caracteres medidos en estado R₃-R₄ en maíz en Rio Cuarto, Córdoba, 2008/09.

REF: EP = número de espigas por planta; TP = número de tallos por planta; PVTLP = peso verde (g) de planta entera en R₃-R₄; PVELP = peso verde (g) de espigas sin chala por planta en R₃-R₄; PSTLP = peso seco (g) de planta entera en R₃-R₄; %MSLP = % de materia seca total en R₃-R₄; PSELP = peso seco (g) de espigas sin chala/planta en R₃-R₄; %MSELP = % de materia seca de espiga en R₃-R₄.

El 78 % de la variación existente puede explicarse a través de las componentes principales 1 y 2. La componente principal 1 (CP1) se asoció positivamente con número de espigas por planta, número de tallos por planta, peso verde de planta entera, peso verde de espigas sin chala por planta y el peso seco de espigas sin chala por planta y negativamente con el % de materia seca de planta entera. Esta componente explica el 44 % de la variación.

La componente principal 2 (CP2) se asoció positivamente con % de materia seca de planta entera, peso seco de espigas y % de materia seca de espigas, explicando esta componente aproximadamente el 34 % de la variación; fue negativo para tallos por planta y peso verde de planta entera.

Los caracteres evaluados permitieron diferenciar a los HS según su comportamiento en relación a su productividad en estado R₃-R₄. Se observa en la figura 8, que los híbridos M369, 20x26 y 4x28 están asociados a los caracteres peso verde de espigas, peso verde de planta entera, peso seco de planta entera, espigas por planta y tallos por planta, siendo los dos materiales de mejor comportamiento en la mayoría de los caracteres de importancia para la selección de

genotipos con aptitud silera. Los híbridos DK682 y LT622, ambos graníferos, se encuentran mejor asociados con peso seco de espiga por planta. La población C6-UNRC, las F2, cuatro HS probados y algunos híbridos graníferos se encuentran asociados negativamente a la mayoría de los caracteres analizados.

El análisis de agrupamiento de los HS según los caracteres medidos en estadio R₃-R₄ se muestra a través de su fenograma en la Figura 9; el corte arbitrario fue propuesto al 70 %.

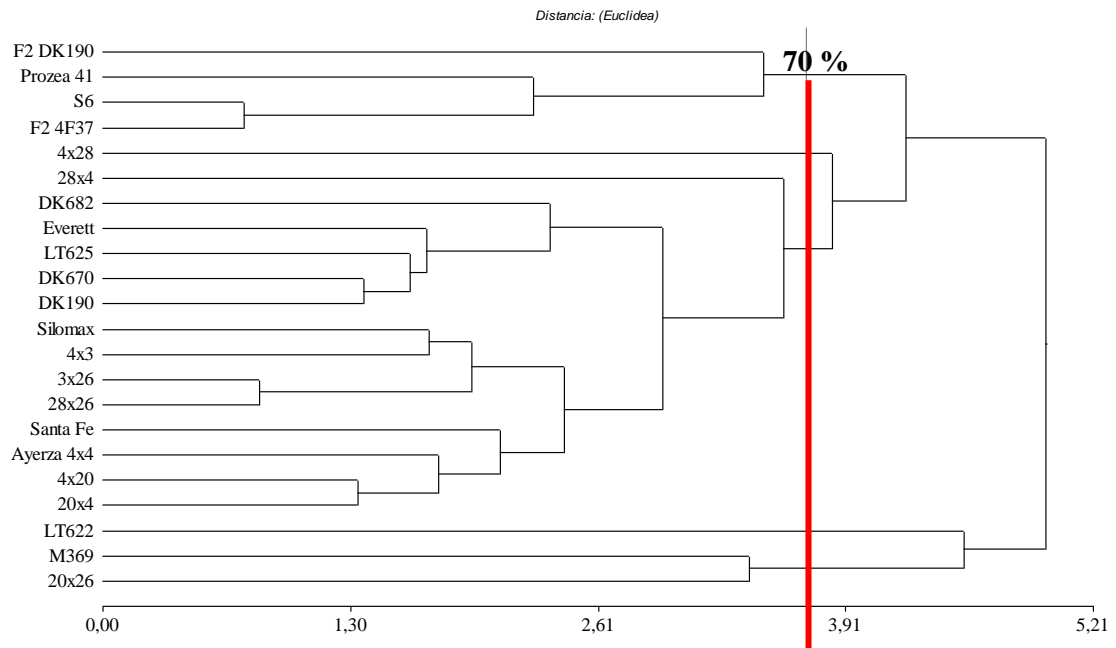


Figura 9. Fenograma para 25 híbridos simples de maíz evaluados mediante ocho caracteres relacionados a aptitud para silo, medidos en estado R₃-R₄, en Rio Cuarto, Córdoba, 2008/09.

La correlación cofenética fue del 72,6%. Se distinguieron cinco grupos. El análisis permitió diferenciar al HS 20x26 agrupado junto con M369, destacándose en las variables productivas en estado R₃-R₄. El HS 4x28 se aisló por su peso verde de planta entera y el testigo LT622 por su peso seco de espiga y contenido de materia seca de espiga. Por último, un grupo conteniendo las F2, población original y un HD que tuvieron los valores más bajos en la mayoría de los caracteres y otro grupo conteniendo los demás materiales.

Fin de ciclo del cultivo

El maíz diferido constituye una alternativa de uso frecuente para la alimentación del ganado bovino. Consiste en un sistema de reserva que traslada en el tiempo, fuera del ciclo del cultivo, el aprovechamiento del mismo. Generalmente, el aprovechamiento coincide con los meses de otoño e invierno (Castaldo *et al.*, 2009)

La producción de materia seca es una de las características más importantes de un maíz forrajero, ya que el volumen producido por unidad de tiempo y superficie lo diferencia de otros forrajes destinados para el ganado. Esta producción, una vez concluido el ciclo del cultivo, representa una reserva forrajera para el invierno, donde además de la fibra aportada por la planta, el grano aporta una gran proporción de nutrientes digeribles (Maresca *et al.*, 2006).

Las espigas por plantas y los tallos por plantas a fin del ciclo del cultivo no presentaron diferencias estadísticamente significativas entre los materiales. Los valores medios del ensayo fueron de 1,36 espigas por planta y 1,25 tallos por planta. Se evidencia una disminución del número de espigas a lo largo del ciclo del cultivo, que puede deberse al aborto de espigas producido entre R₃-R₄ y el fin del ciclo del cultivo considerando la capacidad adicional de ajuste de algunos genotipos basada en la pérdida de la segunda espiga (Andrade *et al.*, 1996).

Las diferencias entre los híbridos para peso seco de planta entera fueron muy altamente significativas ($p < 0,0001$), con una media del ensayo de $364,11 \pm 156,18 \text{ gr.pl}^{-1}$, encontrando algunos valores máximo superiores a los 1100 gr.pl^{-1} . Se destacó el H3L M369, siguiendo en importancia dos HS probados (4x20 y 4x28) junto con un H3L comercial (Silomax). El resto de los materiales presentaron valores inferiores sin diferencias entre ellos (Figura 10).

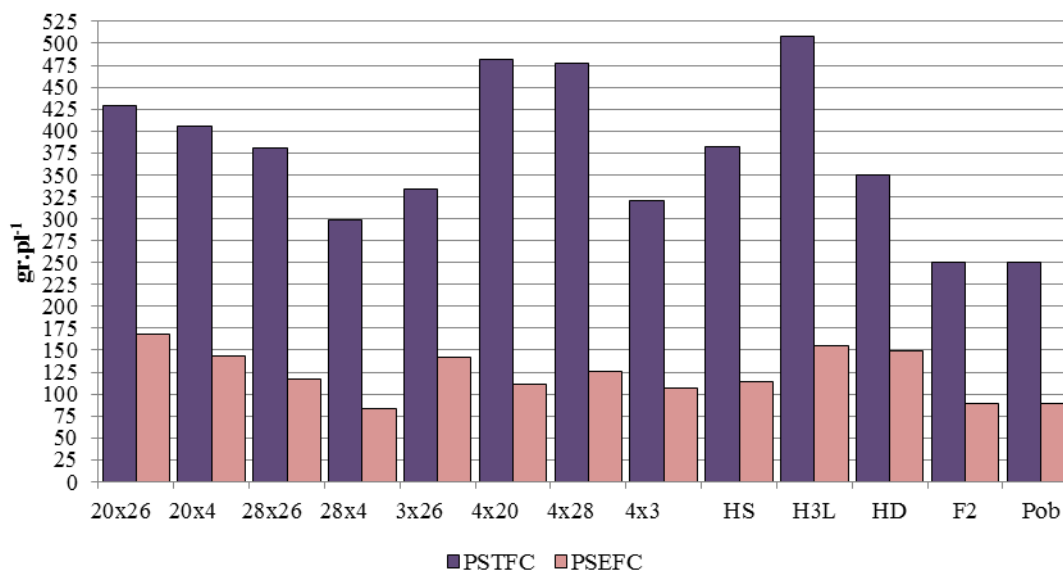


Figura 10. Maíz: peso seco de planta entera (PSTFC) y peso seco de espiga (PSEFC) en fin de ciclo para los HS probados, y testigos: híbridos simples (HS), híbridos de tres líneas (H3L), híbridos dobles (HD), F₂ y población original (Pob). Río Cuarto, Córdoba, 2008/09.

El peso seco de planta entera medio del ensayo proyectado a hectárea equivale a valores entre los 18000 y 25800 kg.ha⁻¹ de materia seca. En todos los casos, este valor es superior a los mencionados por Maresca *et al.* (2006) en la cuenca del Salado y por Castaldo *et al.* (2009) para las zonas de centro-oeste de Santa Fe, Villa Mercedes, San Luis y Ayacucho en Buenos Aires.

El carácter peso seco de espiga en fin de ciclo también presentó diferencias estadísticamente significativas ($p=0,0142$), donde cuatro HS probados se destacan junto con diez testigos de distinto origen.

El peso de grano presentó diferencias estadísticas altamente significativas ($P= 0,0036$). El valor medio del ensayo para este carácter proyectado a hectárea fue de aproximadamente 7500 kg. Este valor es superior al estimado por la Bolsa de Cereales de Córdoba (2010) para el departamento Río Cuarto en la campaña 2008/09 y muy superior al encontrado por Grassi *et al.* (2006a) en las líneas originales. Di Nucci *et al.* (2005, 2007, 2008) presentó valores de rendimiento en grano similares para el oeste de Entre Ríos. El ECR evidenció a tres HS probados en posiciones superiores de rendimiento, sin diferencias con la mayoría de los materiales comerciales (Figura 11).

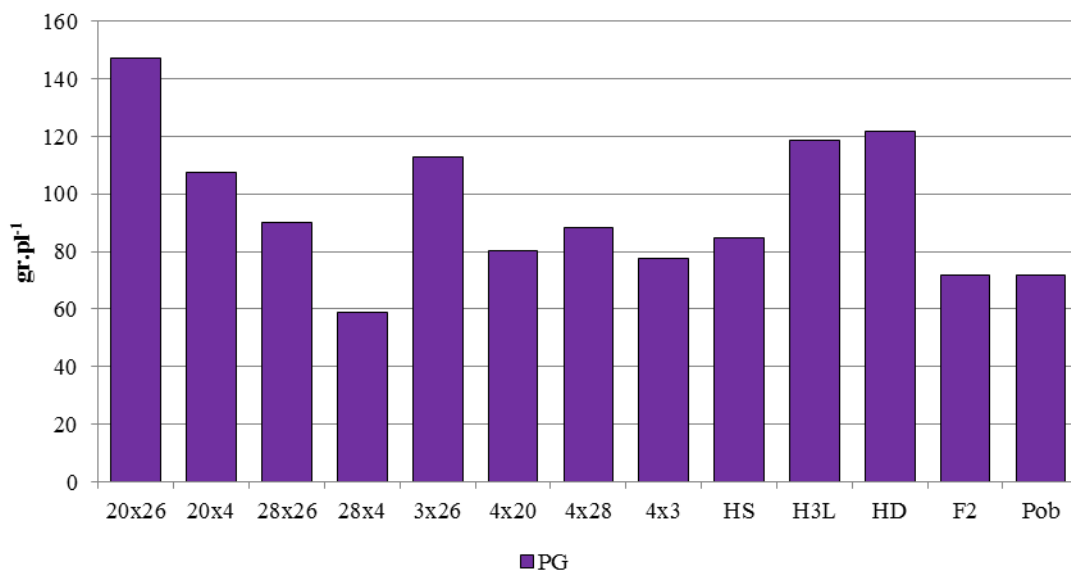


Figura 11. Maíz: peso de grano por planta (PG) para los HS probados, y testigos: híbridos simples (HS), híbridos de tres líneas (H3L), híbridos dobles (HD), F₂ y población original (Pob), en Río Cuarto, Córdoba, 2008/09.

El peso hectolítrico y el peso de 1000 semillas mostraron diferencias altamente significativas ($p < 0,0001$) para los materiales en estudio (Figura 12).

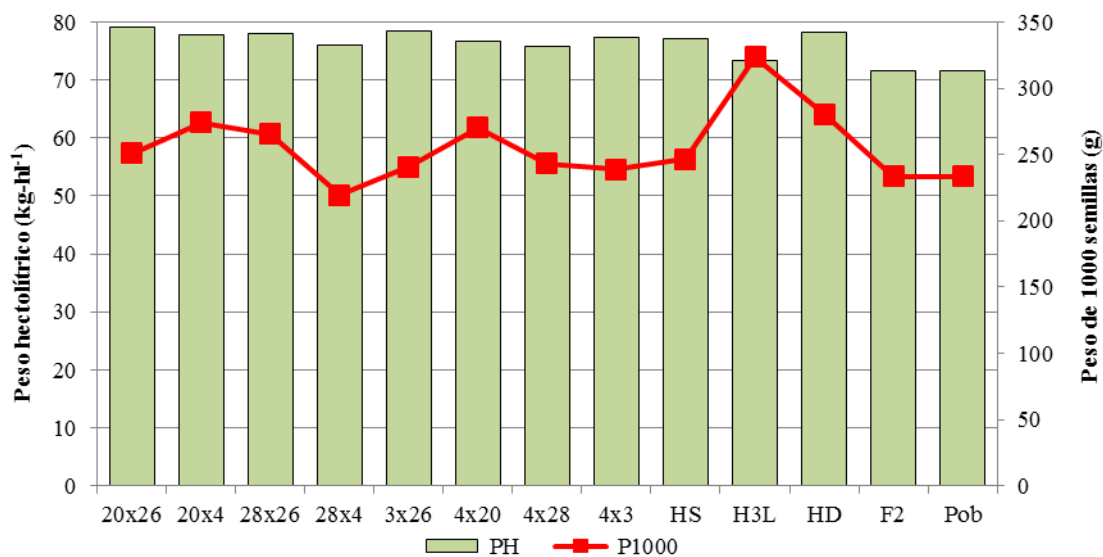


Figura 12. Peso hectolítrico (PH) y peso de 1000 semillas (P1000) para los HS probados, y testigos: híbridos simples (HS), híbridos de tres líneas (H3L), híbridos dobles (HD), F₂ y población original (Pob), en Río Cuarto, 2008/09.

La prueba de comparación de medias para el carácter peso hectolítrico agrupó a casi todos los materiales salvo un H3L comercial y la F₂ de un HS comercial por debajo del resto de los materiales. En cambio, para peso de 1000 semillas, dos H3L y dos HS comerciales se posicionaron por encima del resto de los materiales. Los HS probados no presentaron diferencias entre si o con los testigos para los dos caracteres.

El índice de cosecha (IC) se calcula como la fracción de la biomasa total alojada en los granos (Andrade, 1996). Las diferencias para este carácter fueron muy altamente significativas ($P < 0,0001$) entre los híbridos evaluados. Cinco HS probados evidenciaron un IC por debajo del 30% (Figura 13). El principal proceso fisiológico que justifica las diferencias en IC entre los distintos híbridos parece ser la competencia por los materiales asimilados por los distintos órganos. El índice de cosecha es también altamente sensible a factores ambientales como la temperatura y a las condiciones que reducen la cantidad de materiales asimilados por la planta cuando se inicia el proceso reproductivo (alrededor de 10 días antes y después de la anthesis) (Lafitte, 2001). Por otro lado, cuando se atrasa la fecha de siembra la acumulación de peso en los granos y su número resultan disminuidos y la abundante biomasa alojada en las estructuras vegetativas hasta la floración es escasamente removilizable hacia los granos (Andrade, 1996). Además, las precipitaciones durante el periodo de llenado de grano del cultivo fueron escasas, provocando un estrés hídrico que afectó dicha removilización.

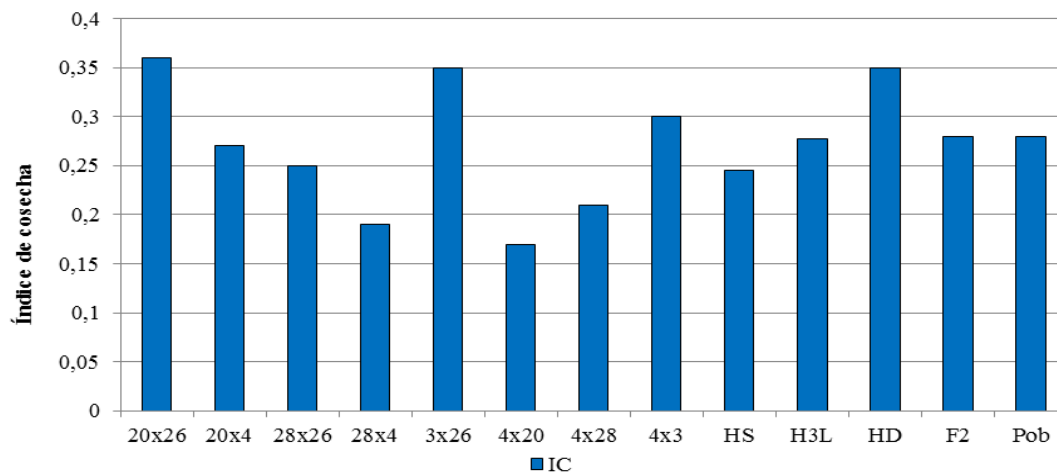


Figura 13. Maíz: índice de cosecha (IC) para los HS probados, y testigos: híbridos simples (HS), híbridos de tres líneas (H3L), híbridos dobles (HD), F₂ y población original (Pob), en Río Cuarto, Córdoba 2008/09.

El análisis de componentes principales para seis caracteres evaluados en el fin de ciclo del cultivo se presenta en la Figura 14. Los autovalores, autovectores y correlaciones con las variables originales se exhiben en el Anexo III.

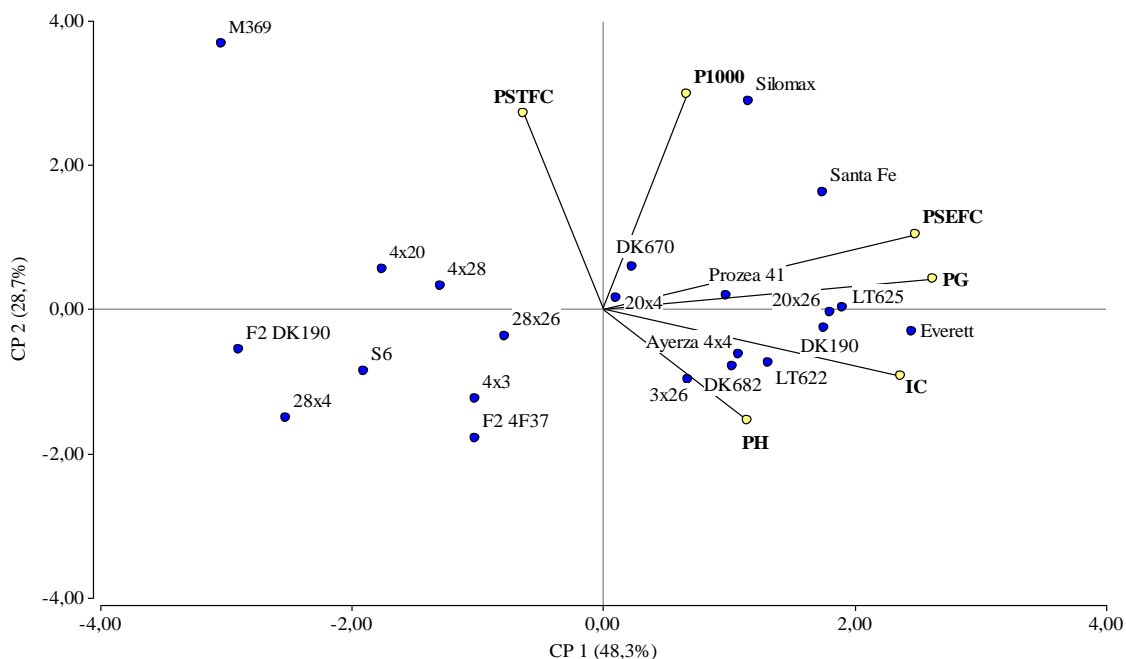


Figura 14. Análisis de componentes principales para seis caracteres relacionados con aptitud para silo en maíz, medidos en estado R₃-R₄, en Rio Cuarto, Córdoba 2008/09.

REF: PSTFC = peso seco (g) de planta entera en fin de ciclo; PSEFC = peso seco (g) de espigas sin chala por planta en fin de ciclo; PG = peso (g) de granos por planta; PH = peso hectolítico (kg/hl); P1000 = peso (g) de 1000 granos; IC = índice de cosecha.

Según el ACP, el 77 % de la variación existente puede explicarse a través de las componentes principales 1 y 2. La componente principal 1 (CP1) se asoció positivamente con el peso seco de espigas, el peso de granos, el peso hectolítico y el índice de cosecha y negativamente con el peso seco total. Esta componente explica el 48 % de la variación.

La componente principal 2 (CP2) se asoció positivamente con peso seco de planta entera, peso de 1000 semillas y peso seco de espigas, explicando esta componente aproximadamente el 29 % de la variación.

Los caracteres evaluados permitieron identificar a tres HS probados (20x26, 3x26 y 20x4) con valor positivo para la CP1 con buen comportamiento en relación a su productividad, asociándose a los caracteres peso de grano, peso hectolítico, peso seco de espigas e índice de cosecha, junto con algunos HS testigos. El resto de los HS probados, poseen una asociación

negativa con respecto a esos caracteres. Con respecto al peso seco total por planta los HS probados 4x20 y 4x28 muestran una asociación positiva, lo que podría indicar una buena aptitud a forraje diferido, pero sin un importante contenido de grano.

El análisis de agrupamiento para los HS evaluador por los caracteres de fin de ciclo se muestra a través del fenograma de la Figura 15; el corte arbitrario fue propuesto al 50 %.

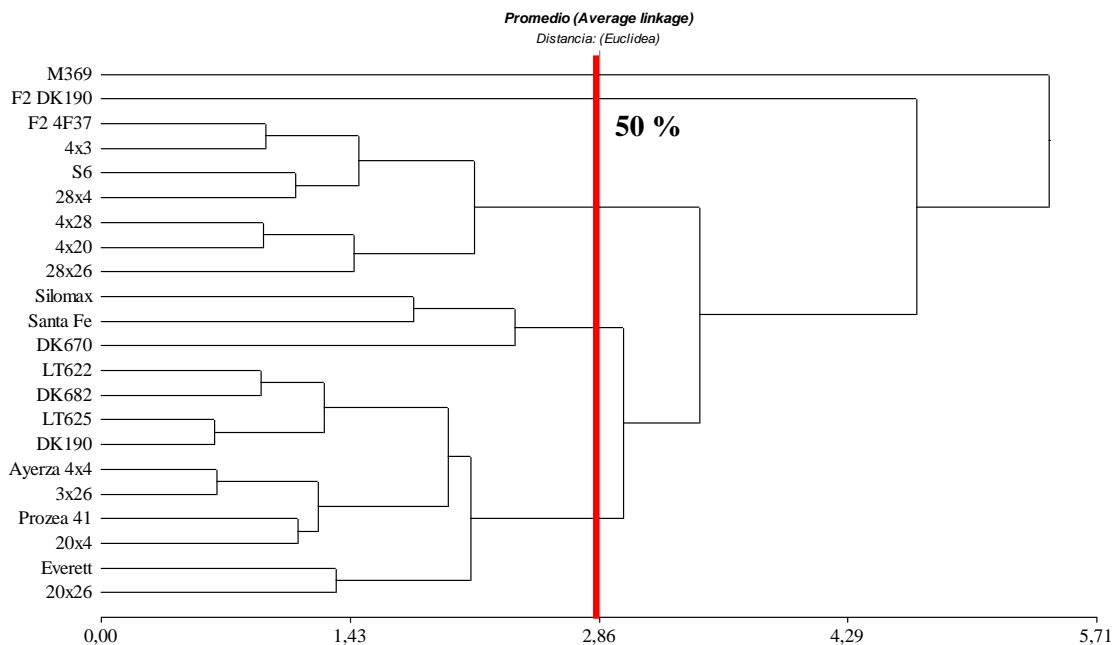


Figura 15. Fenograma para 25 híbridos simples maíz evaluados por seis caracteres medidos en fin de ciclo, en Rio Cuarto, Córdoba, 2008/09.

La correlación cofenética fue del 83,7%. Se distinguieron cuatro grupos. El análisis permitió diferenciar al H3L M369 en un grupo, al ser un híbrido netamente silero. La F₂ DK190 se separó en otro grupo debido a su bajo contenido de biomasa y grano. Un tercer grupo contiene 5 HS probados asociados negativamente a la mayoría de los caracteres y por último un cuarto grupo en donde se destacan 3 HS probados por su producción de grano y biomasa junto con la mayoría de los HD e HS testigos.

El ensayo comparativo de rendimiento permitió identificar y clasificar a los híbridos simples probados de acuerdo a su comportamiento frente a testigos con diversas finalidades de uso. Se destacaron tres HS probados con diferentes aptitudes de utilización. Como era de

esperar, el control negativo (HS 28x26), seleccionado en base a sus valores negativos de ACE, presentó valores bajos en la totalidad de los caracteres probados.

El híbrido simple 20x26 se destacó por sus aptitudes como cultivo doble propósito. Presentó un apropiado comportamiento en caracteres de silo (peso verde y seco de planta entera, peso seco y verde de espiga y número de tallos y espigas). A fin de ciclo mostró un elevado rendimiento de grano. Por otro lado, el híbrido simple 4x28 expresó su capacidad para producción de forraje para ensilar en estado R₃-R₄, destacándose en peso verde y seco de planta entera y peso verde de espiga. Estas características hacen que dicho híbrido sea viable también para obtención de forraje diferido, mostrado por su buen comportamiento en producción de biomasa a fin de ciclo. El híbrido simple 3x26 se clasificó como granífero por su comportamiento en los caracteres de rendimiento de grano a fin de ciclo.

Por último, el híbrido 4x20 y su recíproco 20x4, ambos poseen una cierta capacidad de producción de materia verde en estado lechoso-pastoso, producción de materia seca a fin de ciclo y producción de granos, por lo que se considera que pueden destacarse en ambientes climáticamente más favorables o en determinadas situaciones agronómicas (riego y adecuada fertilización y protección), por lo que requieren continuar con su evaluación.

CONCLUSIONES

Los ensayos realizados para cumplir con los objetivos planteados se desarrollaron correctamente pudiendo corroborar que el comportamiento de los materiales es similar al de testigos utilizados en experiencias zonales o nacionales.

A través de ensayos de ensayos de ACE (tres años) se logró determinar la aptitud combinatoria específica de 20 híbridos simples de maíz originados a partir de un cruzamiento dialélico entre cinco líneas endocriadas, pudiendo identificar materiales con diferentes aptitudes de uso.

Se seleccionó el HS 28x4 por su ACE ya que presentó valores promisorios como cultivo doble propósito. Los HS 20x26, 4x28, 4x20 y 4x3 mostraron un comportamiento similar, pero con tendencia a la producción de forraje diferido y grano. Por último, estos ensayos mostraron que los HS 20x4 y 3x26 son materiales favorables para la producción de forraje en estado R₃-R₄.

El ensayo comparativo de rendimiento posicionó a algunos de los híbridos al nivel de testigos comerciales usados en la pampa húmeda-subhúmeda, de acuerdo a diferentes finalidades de uso. De este modo, el HS 20x26 se destacó por su aptitud doble propósito con elevados niveles de producción de materia seca en estado R₃-R₄ y producción de grano a fin de ciclo. También se identificaron los HS 4x28 y 3x26 por sus aptitudes sileras y graníferas, respectivamente.

Se considera conveniente realizar mayor número de experiencias, variando tanto los ambientes como las condiciones agronómicas que afectan al cultivo (fechas de siembra, arreglo espacial, densidad de siembra, fertilización, etc.) para continuar la validación agronómica de los híbridos simples probados.

BIBLIOGRAFÍA

- ALESSANDRO, M. S. 2001 *Variabilidad y parámetros genéticos en caracteres morfofisiológicos de maíz para silaje relacionados con las estrategias de acumulación de materia seca*. MSc. Tesis. Posgrado en Mejoramiento Genético Vegetal. Universidad Nacional de Rosario, Rosario, Argentina.
- ALLARD, R.W. 1978 *Principios de la mejora genética de las plantas*. 3^{er} ed. Ed. Omega. Barcelona, España. 498p.
- ANDRADE, F., A. CIRILO, S. UHART y M. ORTEGUI 1996 *Ecofisiología del cultivo de maíz*. Ed. La Barrosa y Dekalb Press. Balcarce, Bs. As. 292p.
- ARIAS, S., A.J. FREDDI, O. SÁNCHEZ y M. ARZADÚN 2003 Rendimiento de materia seca y composición morfológica de híbridos de sorgo y maíz para silaje de planta entera. **XXVI Congr. Arg. Prod. Animal**, RAPA 23 SUPL.1:221-222. Mendoza.
- BALZARINI, M.G., L. GONZALEZ, M. TABLADA, F. CASANOVES, J.A. DI RIENZO, C.W. ROBLEDO 2008 *Infostat. Manual del Usuario*. Ed. Brujas, Córdoba. 336p.
- BOLSA DE CEREALES DE CÓRDOBA Y CÁMARA DE CEREALES Y AFINES DE CÓRDOBA TRIBUNAL ARBITRAL. 2010. Informe especial producción de maíz 2009/2010. Sistema de Información Agroeconómica. Córdoba.
- BRUN, A. 2005 *Evaluación de dos compuestos de maíz local con fines forrajeros*. Tesis de grado. Fac. de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto, Argentina. 53 p.
- 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, Universidad Nacional de Río Cuarto. 80p.
- CASTALDO, A., A. PARIANI, N. BULNES y H. ILLUMINATI 2009 Evaluación de un cultivo de maizal en estado diferido. *Ciencia Veterinaria*. Vol. II. 1:37-41.
- CASTAÑÓN-NÁJERA, G., L. LATOURNERIE-MORENO y M. MENDOZA-ELOS 2005 Macro de SAS-IML para analizar los diseños II y IV de Griffins. *Universidad y Ciencia*. 21:27-35.

- CEDAF. 1998. Cultivo de Maíz. Guía Técnica N° 33. Centro para el Desarrollo Agropecuario y Forestal Inc. 1^{ra} edición. Santo Domingo, Republica Dominicana. 51p.
- CENTENO, A. y E. CORTÉS 2008 Evaluación de híbridos de maíz para silo. Campaña 2007-08. Hoja de información técnica. UEE-INTA San Francisco-IPEM N° 222. 3p.
- CENTENO, A., E. CORTÉS 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. 3p.
- CENTENO, A., E. CORTÉS y M.B. CIACCI 2010. Evaluación de híbridos de maíz para silo. Campaña 2009-10. Hoja de Información Técnica. UEE San Francisco. INTA. En: http://www.produccion-Animal.com.ar/produccion_y_manejo_reservas/reservas_silos/148-informe_maices_sileros_09-10.pdf (acceso julio 2012).
- CIRILO, A. G. 2004 Fecha de siembra y rendimiento en maíz. *IDIAXXI*. 6:122-127.
- CRUZ, C.D. 2006 *Programa Genes: Biometria*. Editora UFV. Viçosa (MG), Brasil. 382p.
- DE LA CRUZ-LÁZARO, E., G. CASTAÑÓN-NAJERA, N. BRITO-MANZANO, A. GÓMEZ-VÁSQUEZ, V. ROBLEDO-TORRES y A. LOZANO DEL RÍO 2010 Heterosis y aptitud combinatoria de poblaciones de maíz tropical. *Revista Internacional de Botánica Experimental PHYTON* 79:11-17.
- DE LEÓN, M., R.A. GIMÉNEZ y M.S. RUOLO 2011 Caracterización y variabilidad de distintos genotipos de maíz para ensilaje. EEA INTA Manfredi. En: www.inta.gov.ar/documentos/caracterizacion-y-variabilidad-de-distintos-genotipos-de-maiz-para-ensilaje/ (acceso julio 2012).
- DE MARCHI, V. y C. A. BIASUTTI 1999 Incidencia de la introgresión de germoplasma exótico en una población adaptada de maíz (*Zea mays* L.). *Agriscientia*, Vol XVI: 37-42.
- DI NUCCI DE BENENDO, E., M.V. FIRPO y M. del H. MARTÍNEZ 2009 Aptitud silera de híbridos de maíz (Campaña 2008/09). Boletín Técnico, INTA EEA Paraná. <http://inta.gov.ar/parana/info/documentos/aptitud-silera-de-hibridos-de-maiz-campana-2008-09/>. (acceso julio 2012).
- DI NUCCI, E., M. G. DÍAZ y G. GAGGIOTTI 2007 Producción de forraje y calidad de silaje de híbridos de maíz en el oeste de Entre Ríos (Campaña 2006/07). Boletín Técnico, INTA

- EEA Paraná. http://www.inta.gov.ar/PARANA/info/documentos/produccion_vegetal/maiz/evaluacion_manejo/10214_070830_prod.htm. (acceso febrero 2008).
- DI NUCCI, E., M.G. DÍAZ y A. PASINATO 2003 Maíz para silaje en Entre Ríos (Campaña 2002/03). Boletín Técnico, INTA EEA Paraná. En: www.inta.gov.ar/parana/info/documentos/produccion_vegetal/maiz/evaluacion_manejo/maiz_silaje_0203.htm. (acceso septiembre 2008)
- DI NUCCI, E., M.G. DÍAZ y A. PASINATO 2004 Producción y calidad de silaje de híbridos de maíz-Campaña 2003/04. Boletín Técnico, INTA EEA Paraná. En: http://inta.gov.ar/parana/info/documentos/produccion_vegetal/maiz/evaluacion_manejo/silaje_03_04.htm. (acceso julio 2012).
- DI NUCCI, E., M.G. DÍAZ y A. PASINATO 2005 Producción de forraje y calidad de silaje de híbridos de maíz (Campaña 2004/05). Boletín Técnico, INTA EEA Paraná. http://inta.gov.ar/parana/info/documentos/produccion_vegetal/forrajes/otros_documentos/20410_051202_prod.htm. (acceso junio 2012).
- DI NUCCI, E., O. VALENTINUZ, M. V. FIRPO y M. del H. MARTÍNEZ 2008 Producción de forraje de híbridos de maíz destinados a silaje en el oeste de Entre Ríos (Campaña 2007/08). Actualización Técnica Cosecha Gruesa. Serie extensión n° 49:36-41.
- DI RIENZO, J.A., A. W. GUZMÁN y F. CASANOVES 2002 A Multiple Comparisons Method based on the Distribution of the Root Node Distance of a Binary Tree. *Journal of Agricultural, Biological, and Environment Statistics*, 7(2): 1-14. En: BALZARINI, M.G., L. GONZALEZ, M. TABLADA, F. CASANOVES, J.A. DI RIENZO, C.W. ROBLEDO 2008 *Infostat. Manual del Usuario*. Ed. Brujas, Córdoba. 336p.
- DI RIENZO J.A., F. CASANOVES, M. G. BALZARINI, L. GONZALES, M. TABLADA, C. W. ROBLEDO 2011 InfoStat versión 2011. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. <http://www.infostat.com.ar>
- DOEBLEY, J. y H. ILTIS 1980 Taxonomy of *Zea* (Gramineae). I. A subgeneric classification with key to taxa. *American Journal of Botany* 67(6):982-993.
- DOWSWELL, C.D., R. PALIWAL y R. CANTRELL 1996 *Maize in the third world*. Boulder, CO, USA, Westview Press. 268p.

- FERRARIS, G. 2004 Ensayo comparativo de híbridos comerciales de maíz en el área de Colón-Wheelwright. Campaña 2003/04. Proyecto Regional Agrícola. INTA Pergamino. En: <http://www.elsitioagricola.com/articulos/ferraris/EnsayocomparativodehibridoscomercialesdeMaizenelareadeColon-Wheelwright.asp> (acceso junio 2012).
- GRASSI, E., A. BRUN, B. SZPINIAK y V. FERREIRA 2005 Evaluación de compuestos de maíz con fines sileros o doble propósito. **XXIX Congr. Arg. Prod. Animal, RAPA 25 SUPL. 1:177-178.** Bahía Blanca, Buenos Aires.
- Grassi E. 2009 *Caracterización genética de maíz local con fines forrajeros.* Tesis Maestría en Ciencias Agropecuarias. Facultad de Agronomía y Veterinaria. Universidad Nacional de Río Cuarto. Río Cuarto, Córdoba.
- GRASSI, E., A. BRUN, H. DI SANTO, B. SZPINIAK y V. FERREIRA 2006b Comparación de híbridos simples con fines forrajeros. **XXIX Congr. Arg. Prod. Animal, RAPA 26 SUPL. 1:159-160.** Mar del Plata, Buenos Aires.
- GRASSI, E., B. SZPINIAK y V. FERREIRA 2006a Estimación de la productividad y variación de líneas endocriadas de maíz para doble propósito. *Rev. Univ. Nac. Río Cuarto* 26(1-2):3-13.
- 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 posibilidades de uso. *Revista Universidad Nacional de Río Cuarto* 29(1-2):19-36.
- GRIFFINS, B. 1956 Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Australian Journal of Biological Sciences* 9: 463-493.
- GUILLEN-DE LA CRUZ, E., E. DE LA CRUZ-LÁZARO, G. CASTAÑÓN-NÁJERA, R. OSORIO-OSORIO, N. P. BRITO-MANZANO, A. LOZANO-DEL RÍO y U. LÓPEZ-NOVEROLA 2009 Aptitud combinatoria general y específica de germoplasma tropical de maíz. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 10: 101-107.
- GUTIERREZ DEL RÍO, E., A. ESPINOZA BANDA, A. PALOMO GIL, J. LOZANO GARCÍA y O. ANTUNA 2004 Aptitud combinatoria de híbridos de maíz para la comarca Lagunera. *Revista Fitotecnica Mexicana* 27(1):7-11.

- GUTIÉRREZ DEL RÍO, E., A. PALOMO GIL, A. ESPINOZA BANDA y E. DE LA CRUZ-LÁZARO 2002 Aptitud combinatoria y heterosis para rendimiento de líneas de maíz en la cámara lagunera. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 25, 03:271-277.
- HALLAUER, A.R. y J.B. MIRANDA FILHO 1988 *Quantitative genetics in maize breeding*. 2nd ed. Iowa State University Press, Ames. Iowa. U.S.A. 468p.
- INDEC. 2004. Instituto Nacional de Estadística y Censos. *Encuesta Nacional Agropecuaria*. Buenos Aires.
- ILTIS H. y J. DOEBLEY 1980 Taxonomy of *Zea* (Gramineae). II. Subspecific categories in the *Zea mays* complex and a generic synopsis. *American Journal of Botany* 67(6):994-1004.
- JOULI R.R. y J. VARGAS LÓPEZ 2003 Maíz y sorgo para silaje. Ensayos comparativos de rendimiento y calidad de forraje. 208- 215p En: <http://www.inta.gov.ar/anguil/info/boletines/bol77/cap19> (acceso junio 2012).
- KATO, T.A., C. MAPES, L.M. MERA, J.A. SERRATOS y R.A. BYE 2009 *Origen y diversificación del maíz: una revisión analítica*. Universidad Nacional Autónoma de México, CONABIO. 116 pp. México.
- LAFITTE, H.R. 2001 Fisiología del maíz tropical. En: PALIWAL, E., 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. p:29-36.
- LONNQUIST, J. 1964 A modification of the ear-to-row procedure for the improvement of maize populations. *Crop Science* 4:227-228.
- MARESCA, S., D. ECHEVERRI y J.L. QUIROZ 2006 Ensayo comparativo de sorgo y maíz diferido para vacas de cría. EEA INTA Cuenca del Salado; EEA INTA Balcarce. En: <http://www.inta.gob.ar/documentos/ensayo-comparativo-de-sorgo-y-maiz-diferido-para-vacas-de-cria.pdf> (acceso abril de 2012).
- MENDEZ, J. 2007. Evaluación de híbridos de maíz para silaje. Determinación de rendimiento de materia seca y de las características nutritivas. Campaña 2006/2007. *Maíz. Para Mejorar la producción* 35 – INTA EEA Oliveros 35:78-81.

- OTEGUI M.E. y M. LÓPEZ PEREYRA 2006 Fecha de siembra. En: SATORRE, E., R.L. BENECH ARNOLD, G.A. SLAFER, E.B. DE LA FUENTE, D.J. MIRALLES, M.E. OTEGUI y R. SAVIN (comps.) *Producción de Granos. Bases funcionales para su manejo*. Ed. Facultad de Agronomía. Buenos Aires. p:257-275.
- PAGLIARICCI, H. y T. PEREYRA 2006 Producción y distribución de forraje de alfalfa (*Medicago sativa*L.) intersebrada con cereales forrajeros de invierno. *Archivos Latinoamericanos de Produccion Animal* 14, 4:115-119.
- PALIWAL, E., 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.
- QUEMÉ DE LEÓN, J., L. LARIOS BOBADILLA, C., PEREZ RODAS y N. SOTO LEÓN 1991 Aptitud combinatoria y predicción de híbridos de maíz (*Zea mays* L.) de grano amarillo a partir de cruza dialélicas, evaluadas en dos localidades de la zona baja de Guatemala, 1989. *Agronomía Mesoamericana* 2:24-30.
- RAMÍREZ, L. 2006 Mejora de las plantas alógamas. Depto. de Producción Agraria. Universidad Pública de Navarra. Pamplona. España. 34p.
- 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.
- RITCHIE, S.W. y J.J. HANWAY 1982 *How a corn plant develops*. Iowa State Univ. Special Report 48. Ames, Iowa. USA. 21p.
- RUSSELL, A.W. 1973. Desarrollo y evaluación de líneas endocriadas de maíz. Fundación Cargill, Publicación N° 2, Bs. As.
- SCHROEDER, G.F., J.C. ELIZALDE y A. ELIZALDE 2002 Producción de materia seca, valor nutritivo y costos de silajes de maíz confeccionados en el CREA Rosario durante el período 1997-2001. **XXV Congr. Arg. Prod. Animal, RAPA 22 SUPL.** 1:117. Buenos Aires.
- SIIA 2012 Sistema Integrado de Información Agropecuaria. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. Argentina.

SPRAGUE, G.F. y L.A. TATUM 1942 General vs. specific combining ability in single crosses of corn. *Journal of American Society Agronomy* 34:923-932.

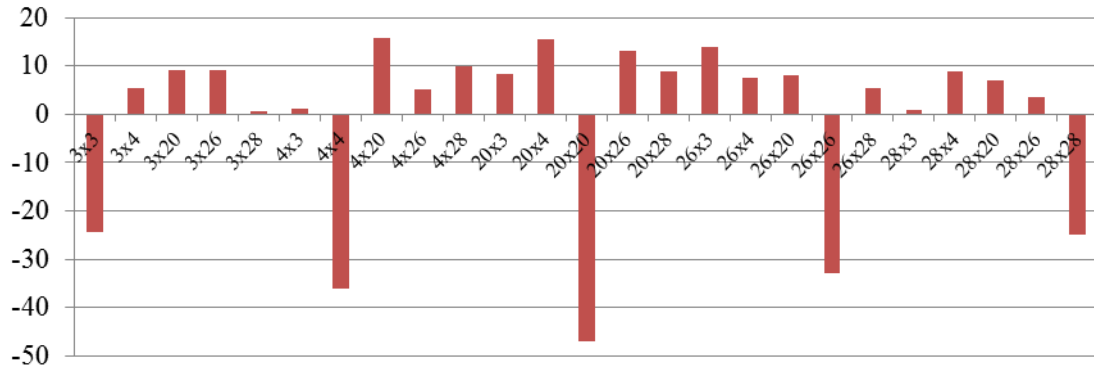
STEEL, D. y J. TORRIE 1988 *Bioestadística: Principios y procedimientos*. 2nd ed. Ed. McGraw-Hill/Interamericana, México. 622p.

VENTIMIGLIA, L. y L. TORRENS BAUDRIX 2012 Ensayo híbridos de maíz 2011/12 (9 de Julio Bs. As.). EEA Pergamino. AER 9 de Julio. INTA Pergamino. En: http://inta.gob.ar/documentos/ensayo-hibridos-de-maiz-2011-12-9-de-julio-bs.as1/atmultidownload/file?name=Ensayo_Hibridos_maiz_2011_12_9Julio.pdf (acceso julio 2012).

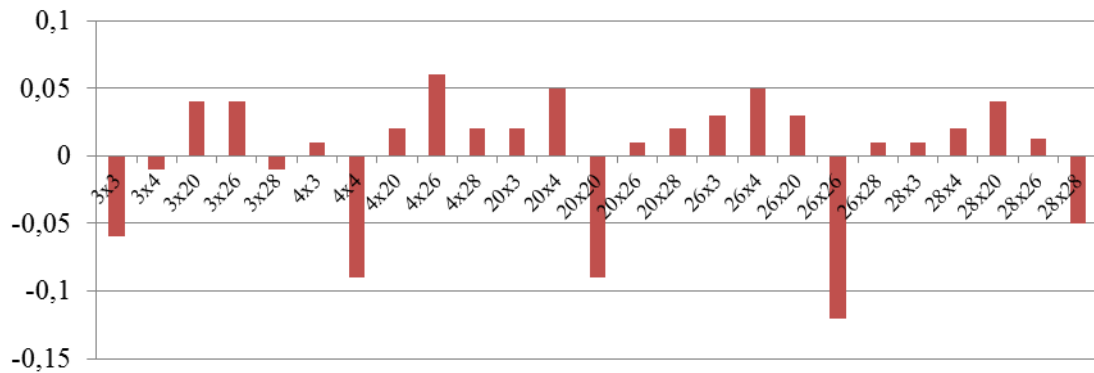
ANEXO I

Aptitud combinatoria específica de 20 híbridos simples de maíz y cinco líneas endocriadas progenitoras evaluadas por 18 caracteres en Río Cuarto, Córdoba, durante los ciclos agrícolas 2004/05, 2006/07 y 2007/08.

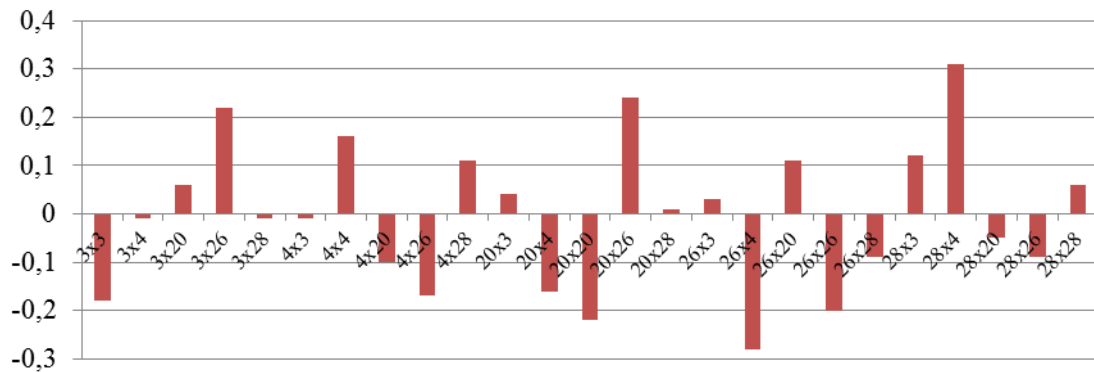
Altura de planta (cm)



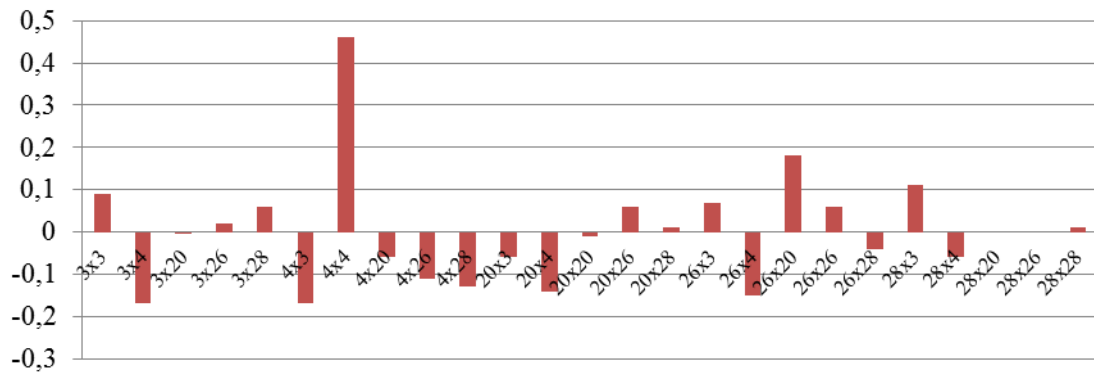
Tallos por planta



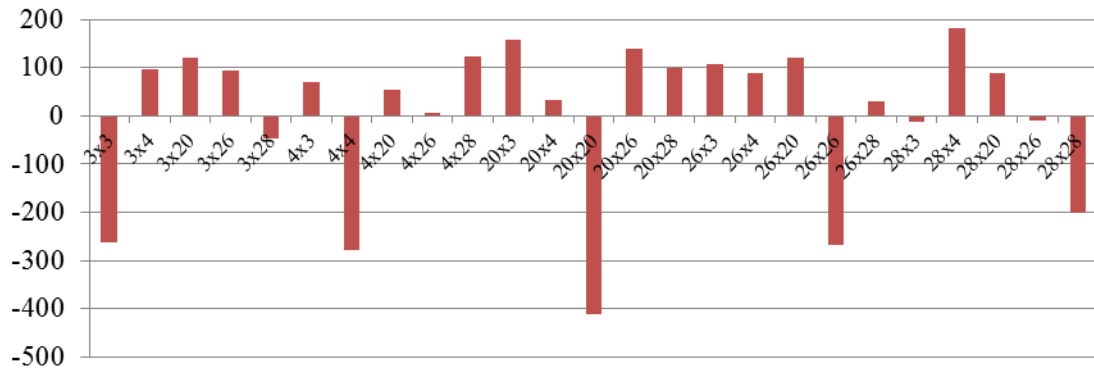
Espigas por planta



Espigas por tallo



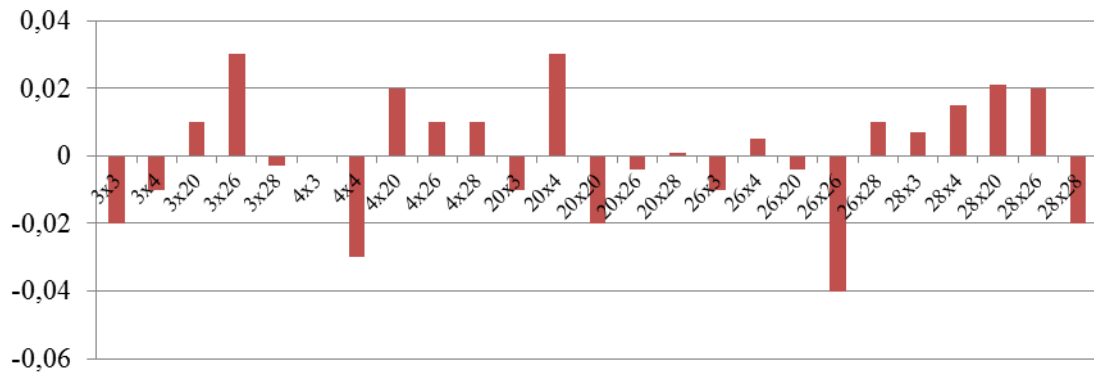
Peso verde total de planta entera (gr) en R₃-R₄



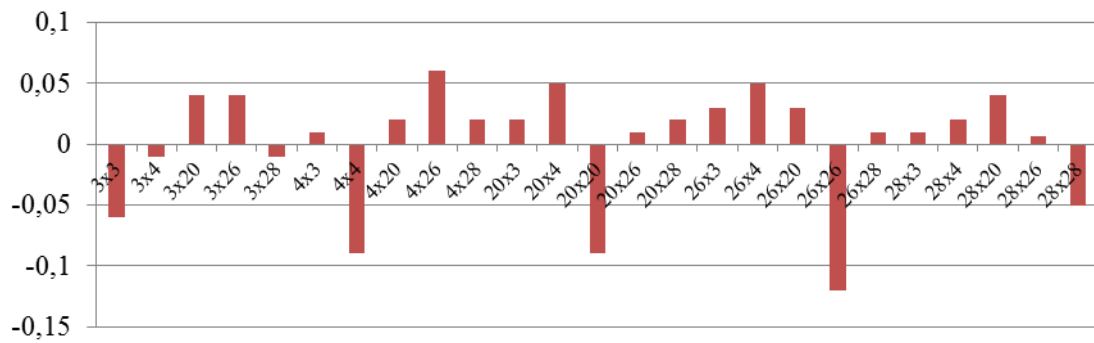
Peso verde de espiga (gr) en R₃-R₄



% de espiga verde en R₃-R₄



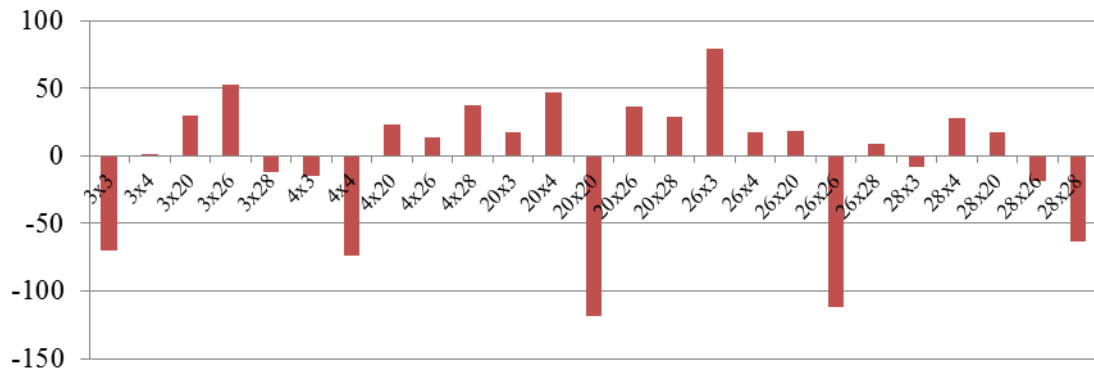
% de espiga seca en R₃-R₄



% de materia seca de espiga en R₃-R₄



Peso seco de planta entera (gr) en R₃-R₄



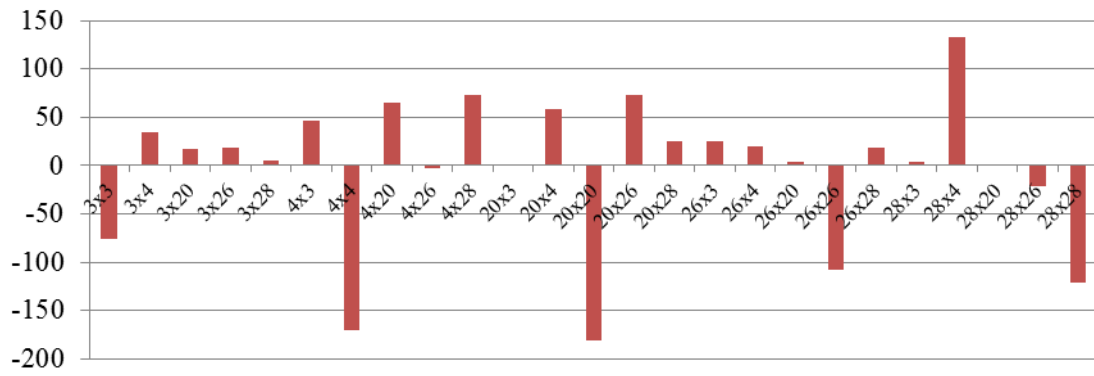
Peso seco de espigas (gr) en R₃-R₄



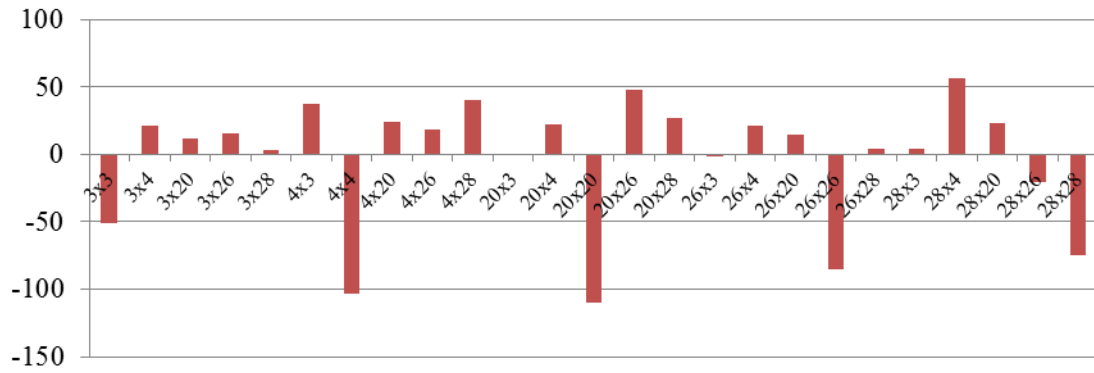
% de materia seca de planta entera en R₃-R₄



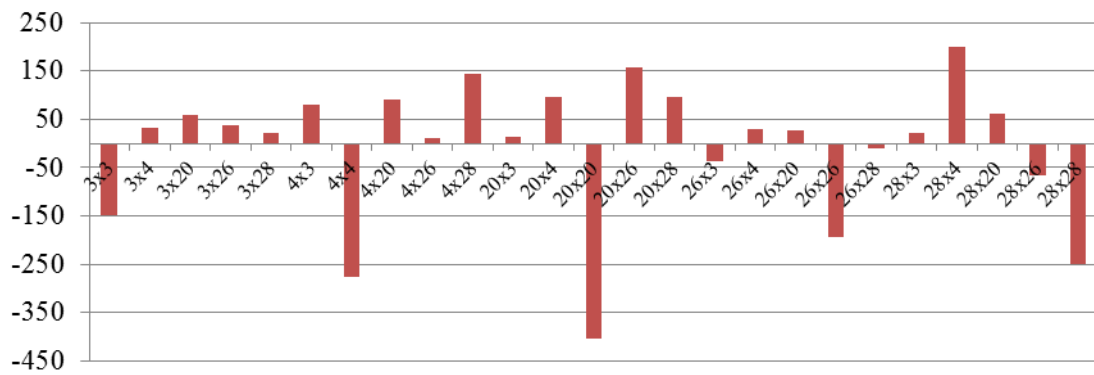
Peso seco de planta entera (gr) en fin de ciclo



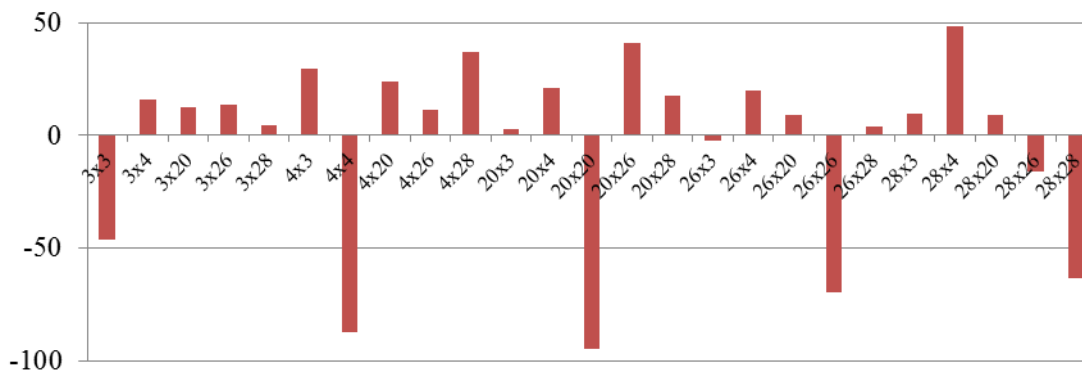
Peso seco de espigas (gr) en fin de ciclo



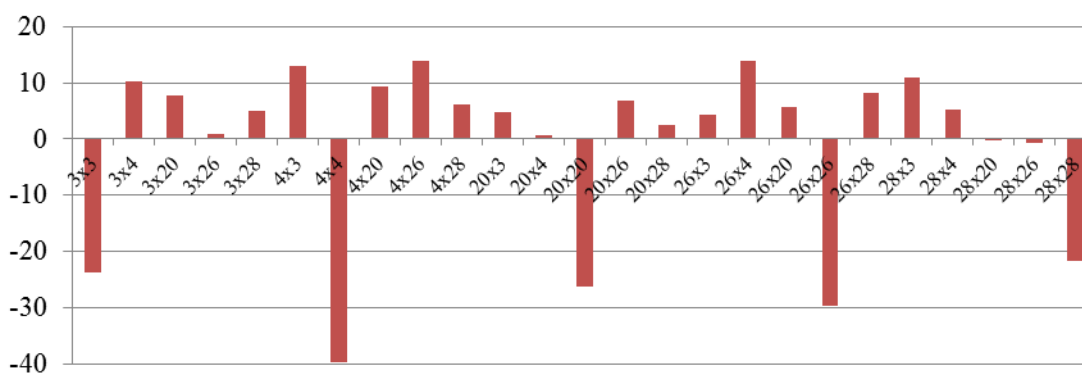
Número de granos por planta



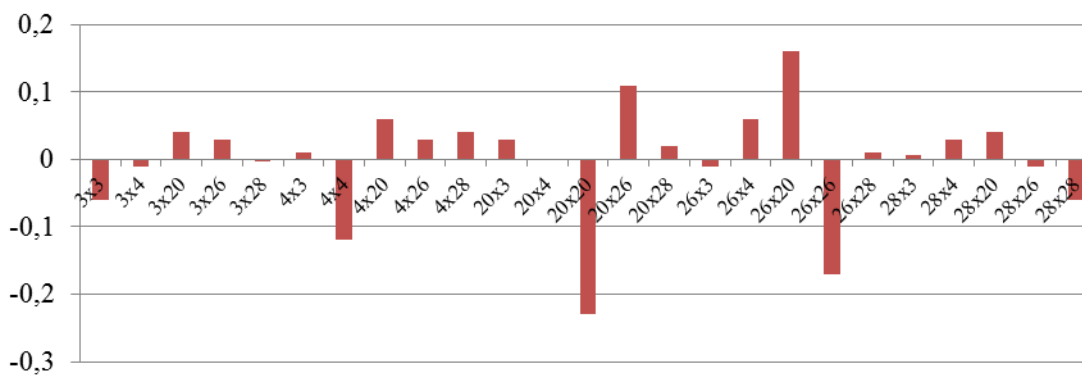
Peso de granos (gr) por planta



Peso de 1000 semillas (gr)



Índice de cosecha



ANEXO II

Análisis de la varianza y pruebas de diferencias de medias (DGC) para los caracteres evaluados en los híbridos probados y testigos de maíz en un ensayo comparativo de rendimiento en Río Cuarto, Córdoba los ciclos agrícolas 2004/05, 2006/07 y 2007/08.

1. Porcentaje de emergencia:

R ²	R ² Aj	CV
0,77	0,64	14,57

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	14899,55	23	647,81	6,07	<0,0001
Genotipo	14623,35	21	696,35	6,53	<0,0001
Bloque	276,2	2	138,1	1,29	0,2846
Error	4478,94	42	106,64		
Total	19378,49	65			

Test: DGC Alfa=0,05 PCALT=18,6675

Error: 106,6415 gl: 42

Genotipo	Medias	
DK190	92,22	A
LT625	91,67	A
DK670	90,00	A
LT622	88,33	A
4x3	81,67	B
20x4	80,56	B
F2 DK190	79,44	B
Silomax	78,33	B
28x4	75,00	B
3x26	75,00	B
20x26	70,00	B
C6-UNRC	68,89	B
Ayerza 4x4	68,33	B
4x20	67,78	B
Everett	67,22	B
28x26	66,67	B
Santa Fe	65,55	B
Prozea 41	61,67	B
4x28	60,55	B
DK682	52,22	C
F2 DK 4F37	51,67	C
M369	26,67	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

2. Días siembra floración

R ²	R ² Aj	CV
0,67	0,49	2,96

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	454,64	23	19,77	3,77	0,0001
Material	397,09	21	18,91	3,6	0,0002
Bloque	57,55	2	28,77	5,48	0,0077
Error	220,45	42	5,25		
Total	675,09	65			

Test: DGC Alfa=0,05 PCALT= 4,1415

Error: 5,2489 gl: 42

Material	Medias	
LT622	81,67	A
M369	81,33	A
F2 DK 4F37	81,00	A
F2 DK190	79,67	A
C6-UNRC	79,33	A
Prozea 41	78,67	A
Silomax	78,33	A
20x26	77,67	A
28x4	77,67	A
DK682	77,67	A
4x3	77,33	A
28x26	77,00	A
20x4	77,00	A
Everett	77,00	A
4x20	77,00	A
DK190	76,33	A
Santa Fe	76,33	A
Ayerza 4x4	75,00	B
LT625	75,00	B
DK670	74,00	B
4x28	73,00	B
3x26	72,00	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

3. Altura de planta

R ²	R ² Aj	CV
0,81	0,72	6,71

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo.	131096,95	65	2016,88	8,68	<0,0001	
Bloque	37594,45	2	18797,23	80,9	<0,0001	
Genotipo	33566,29	21	1598,39	1,12	0,3664	(Bloque*Genotipo)
Bloque*Genotipo	59936,21	42	1427,05	6,14	<0,0001	
Error	30672	132	232,36			
Total	161768,95	197				

4. Espigas por planta

R ²	R ² Aj	CV
0,43	0,14	28,15

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo.	25,32	65	0,39	1,51	0,0234	
Bloque	1,12	2	0,56	2,18	0,1175	
Genotipo	10,21	21	0,49	1,46	0,1464	(Bloque*Genotipo)
Bloque*Genotipo	13,99	42	0,33	1,29	0,1383	
Error	34	132	0,26			
Total	59,32	197				

5. Altura de inserción de primer espiga

R ²	R ² Aj	CV
0,78	0,67	9,03

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo.	54227,37	65	834,27	7,13	<0,0001	
Bloque	5204,43	2	2602,22	22,25	<0,0001	
Genotipo	31252,04	21	1488,19	3,52	0,0003	(Bloque*Genotipo)
Bloque*Genotipo	17770,9	42	423,12	3,62	<0,0001	
Error	15439,33	132	116,96			
Total	69666,71	197				

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=20,7275

Error: 423,1166 gl: 42		
Genotipo	Medias	
28x26	136,67	A
3x26	136,11	A
C6-UNRC	133,89	A
4x28	133,89	A
20x26	132,78	A
4x3	132,22	A
M369	130,56	A
Silomax	126,67	A
4x20	126,67	A
20x4	124,44	A
Ayerza 4x4	121,11	A
28x4	120,00	A
Santa Fe	116,11	B
LT625	115,00	B
LT622	114,44	B
F2 DK 4F37	111,33	B
DK670	111,11	B
Everett	110,56	B
Prozea 41	108,89	B
DK190	105,00	B
DK682	97,22	B
F2 DK190	91,11	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

6. Tallos por planta

R ²	R ² Aj	CV
0,49	0,25	37,69

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo.	32,67	65	0,5	1,99	0,0004	
Bloque	1,73	2	0,86	3,42	0,0356	
Genotipo	10,44	21	0,5	1,02	0,4633	(Bloque*Genotipo)
Bloque*Genotipo	20,49	42	0,49	1,93	0,0026	
Error	33,33	132	0,25			
Total	66	197				

7. Peso verde de planta entera en R₃-R₄

R ²	R ² Aj	CV
0,72	0,58	24,62

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo.	16086867	65	247490,26	5,22	<0,0001	
Bloque	4082888,12	2	2041444,06	43,06	<0,0001	
Genotipo	7788456,73	21	370878,89	3,7	0,0002	(Bloque*Genotipo)
Bloque*Genotipo	4215522,1	42	100369,57	2,12	0,0007	
Error	6257604	132	47406,09			
Total	22344471	197				

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=319,2405

Error: 100369,5738 gl: 42

Genotipo	Medias	
20x26	1252,22	A
4x20	1193,44	A
4x28	1175,22	A
M369	1172,11	A
20x4	1065,22	A
Santa Fe	984,67	B
3x26	957,89	B
28x26	929,44	B
Ayerza 4x4	904,11	B
LT625	902,00	B
Everett	892,56	B
Silomax	892,44	B
DK682	885,22	B
LT622	802,44	B
DK190	781,67	B
DK670	772,33	B
4x3	760,11	B
28x4	758,89	B
Prozea 41	657,67	B
F2 DK 4F37	623,44	B
C6-UNRC	605,56	B
F2 DK190	487,00	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

8. Peso verde de espigas sin chala por planta en R₃-R₄.

R² R² Aj CV
0,6 0,4 36,42

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo.	613222,11	65	9434,19	3,03	<0,0001	
Bloque	157478,3	2	78739,15	25,28	<0,0001	
Genotipo	283416,33	21	13496,02	3,29	0,0005	(Bloque*Genotipo)
Bloque*Genotipo	172327,47	42	4103,04	1,32	0,1221	
Error	411184,67	132	3115,04			
Total	1024406,77	197				

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=64,5460

Error: 4103,0351 gl: 42

Genotipo	Medias	
DK682	230,78	A
LT622	199,44	A
LT625	195	A
DK190	192,44	A
4x28	186,56	A
Everett	180,89	A
M369	180	A
Ayerza 4x4	172,11	A
20x26	168,56	A
DK670	164	A
Santa Fe	163,33	A
20x4	150,33	A
4x20	141,22	A
Silomax	139,11	A
3x26	138	A
28x26	126,89	A
Prozea 41	126,11	A
4x3	125,11	A
F2 DK 4F37	118,56	A
C6-UNRC	104,33	A
28x4	102,89	A
F2 DK190	65,33	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

9. Peso seco de planta entera en R₃-R₄.

R ²	R ² Aj	CV
0,65	0,48	27,4

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo.	772828,42	65	11889,67	3,78	<0,0001	
Bloque	144359,27	2	72179,64	22,97	<0,0001	
Genotipo	366466,2	21	17450,77	2,8	0,0022	(Bloque*Genotipo)
Bloque*Genotipo	262002,95	42	6238,17	1,99	0,0018	
Error	414702,67	132	3141,69			
Total	1187531,09	197				

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=79,5876

Error: 6238,1655 gl: 42

Genotipo	Medias	
M369	323,78	A
20x26	303,22	A
4x20	239,44	B
LT622	235,22	B
4x28	229,22	B
DK682	228,44	B
20x4	204,44	B
Everett	198,89	B
LT625	198,78	B
3x26	198,44	B
28x26	197,89	B
Silomax	196,89	B
Santa Fe	196,67	B
Ayerza 4x4	195,78	B
DK190	191,78	B
DK670	187,44	B
F2 DK 4F37	176,44	B
C6-UNRC	175,44	B
4x3	174,56	B
Prozea 41	169,67	B
28x4	149,33	B
F2 DK190	128,22	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

10. Porcentaje de materia seca total en R₃-R₄.

R ²	R ² Aj	CV
0,74	0,62	12,74

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo.	3476,42	65	53,48	5,86	<0,0001	
Bloque	104,91	2	52,45	5,75	0,004	
Genotipo	1632,01	21	77,71	1,88	0,041	(Bloque*Genotipo)
Bloque*Genotipo	1739,5	42	41,42	4,54	<0,0001	
Error	1204,97	132	9,13			
Total	4681,39	197				

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=4,8908

Error: 41,4168 gl: 42

Genotipo	Medias	
LT622	28,94	A
C6-UNRC	28,61	A
F2 DK 4F37	28,02	A
M369	27,19	A
F2 DK190	26,67	A
DK682	25,62	A
Prozea 41	25,43	A
DK190	24,51	A
DK670	24,35	A
20x26	24,27	A
4x3	23,89	A
Everett	23,64	A
Silomax	23,17	A
Ayerza 4x4	22,17	B
LT625	21,86	B
28x26	21,84	B
3x26	20,98	B
4x20	20,67	B
28x4	20,24	B
Santa Fe	20,11	B
20x4	20,10	B
4x28	19,45	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

11. Peso seco de espigas sin chala/planta en R₃-R₄.

R ²	R ² Aj	CV
0,61	0,42	55,03

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo.	97057,56	65	1493,19	3,17	<0,0001	
Bloque	10107,31	2	5053,66	10,73	<0,0001	
Genotipo	34802,22	21	1657,25	1,33	0,2087	(Bloque*Genotipo)
Bloque*Genotipo	52148,02	42	1241,62	2,64	<0,0001	
Error	62195,33	132	471,18			
Total	159252,89	197				

12. Porcentaje de materia seca de espiga en R₃-R₄.

R ²	R ² Aj	CV
0,66	0,49	30,61

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo.	14238,15	65	219,05	3,91	<0,0001	
Bloque	154,16	2	77,08	1,38	0,2559	
Genotipo	5711,92	21	272	1,36	0,192	(Bloque*Genotipo)
Bloque*Genotipo	8372,08	42	199,34	3,56	<0,0001	
Error	7388,88	132	55,98			
Total	21627,03	197				

13. Peso seco de planta entera en fin de ciclo.

R² R² Aj CV
 0,56 0,35 34,68

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo.	2700488,22	65	41545,97	2,61	<0,0001	
Bloque	268949,83	2	134474,91	8,43	0,0004	
Genotipo	1834424,44	21	87353,54	6,14	<0,0001	(Bloque*Genotipo)
Bloque*Genotipo	597113,95	42	14217	0,89	0,6584	
Error	2104487,33	132	15943,09			
Total	4804975,56	197				

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=120,1492

Error: 14216,9988 gl: 42

Genotipo	Medias	
M369	672,22	A
Silomax	486,67	B
4x20	481,22	B
4x28	476,89	B
20x26	428,89	C
20x4	405,89	C
28x26	380,56	C
Everett	364,33	C
Prozea 41	357,89	C
C6-UNRC	348,89	C
Santa Fe	342,22	C
Ayerza 4x4	341,00	C
3x26	333,22	C
LT625	325,67	C
4x3	320,33	C
DK190	300,56	C
28x4	299,11	C
DK670	292,11	C
DK682	291,89	C
F2 DK 4F37	261,22	C
LT622	260,44	C
F2 DK190	239,22	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

14. Peso seco de espigas sin chala por planta en fin de ciclo.

R² R² Aj CV
0,67 0,51 29,27

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo.	409872,71	65	6305,73	4,17	<0,0001	
Bloque	85671,16	2	42835,58	28,3	<0,0001	
Genotipo	170187,99	21	8104,19	2,21	0,0142	(Bloque*Genotipo)
Bloque*Genotipo	154013,56	42	3666,99	2,42	0,0001	
Error	199827,17	132	1513,84			
Total	609699,88	197				

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=51,5407

Error: 3666,9896 gl: 42

Genotipo	Medias	
Everett	183,56	A
Silomax	171,11	A
20x26	168,78	A
LT625	165,00	A
Santa Fe	164,33	A
DK190	160,11	A
Prozea 41	151,78	A
Ayerza 4x4	145,56	A
20x4	143,44	A
3x26	142,22	A
DK682	136,11	A
LT622	135,78	A
DK670	130,22	A
4x28	125,22	A
28x26	116,89	B
4x20	110,67	B
M369	108,89	B
4x3	106,33	B
F2 DK 4F37	103,67	B
C6-UNRC	96,22	B
28x4	82,67	B
F2 DK190	75,61	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes(p<= 0,05)

15. Número de tallos por planta en fin de ciclo.

R ²	R ² Aj	CV
0,47	0,21	39,06

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo.	27,54	65	0,42	1,78	0,0026	
Bloque	0,01	2	0,01	0,02	0,979	
Genotipo	9,1	21	0,43	0,99	0,497	(Bloque*Genotipo)
Bloque*Genotipo	18,43	42	0,44	1,85	0,0046	
Error	31,33	132	0,24			
Total	58,87	197				

16. Número de espigas por planta en fin de ciclo.

R ²	R ² Aj	CV
0,46	0,2	34,3

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo.	24,87	65	0,38	1,76	0,0032	
Bloque	1,95	2	0,97	4,49	0,013	
Genotipo	9,1	21	0,43	1,32	0,2201	(Bloque*Genotipo)
Bloque*Genotipo	13,83	42	0,33	1,52	0,0396	
Error	28,67	132	0,22			
Total	53,54	197				

17. Peso de grano por planta.

R ²	R ² Aj	CV
0,71	0,56	31,52

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo.	354152,79	65	5448,5	4,86	<0,0001	
Bloque	70264,45	2	35132,23	31,36	<0,0001	
Genotipo	161740,79	21	7701,94	2,65	0,0036	(Bloque*Genotipo)
Bloque*Genotipo	122147,55	42	2908,27	2,6	<0,0001	
Error	147880,67	132	1120,31			
Total	502033,45	197				

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=51,7037

Error: 2908,2749 gl: 42

Genotipo	Medias	
Everett	156,22	A
20x26	147,44	A
LT625	143,11	A
Silomax	133,56	A
DK190	132,44	A
Santa Fe	131,22	A
Ayerza 4x4	123,44	A
LT622	120,56	A
Prozea 41	120,22	A
DK682	119,89	A
3x26	113,00	A
20x4	107,56	A
DK670	106,67	A
28x26	90,00	B
4x28	88,33	B
F2 DK 4F37	81,67	B
4x20	80,22	B
4x3	77,78	B
C6-UNRC	76,00	B
M369	65,89	B
F2 DK190	62,11	B
28x4	58,67	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

18. Peso hectolítrico.

R² R² Aj CV
0,47 0,21 5,65

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo.	2129,78	65	32,77	1,8	0,0023	
Bloque	9,61	2	4,8	0,26	0,7685	
Genotipo	1531,96	21	72,95	5,21	<0,0001	(Bloque*Genotipo)
Bloque*Genotipo	588,22	42	14,01	0,77	0,8355	
Error	2403,18	132	18,21			
Total	4532,97	197				

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=3,7710

Error: 14,0052 gl: 42

Genotipo	Medias	
20x26	79,11	A
Ayerza 4x4	79,07	A
3x26	78,44	A
28x26	78,09	A
20x4	77,82	A
Prozea 41	77,42	A
4x3	77,25	A
Everett	76,96	A
4x20	76,62	A
LT622	76,48	A
28x4	76,09	A
F2 DK 4F37	75,84	A
4x28	75,79	A
DK190	75,56	A
DK682	74,89	A
C6-UNRC	74,67	A
LT625	74,33	A
Santa Fe	73,89	A
Silomax	73,22	A
DK670	72,57	A
M369	70,09	B
F2 DK190	67,49	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

19. Peso de 1000 semillas.

R² R² Aj CV
0,72 0,58 13,97

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo.	494448,06	65	7606,89	5,17	<0,0001	
Bloque	10236,46	2	5118,23	3,48	0,0337	
Genotipo	415106,26	21	19766,96	12,01	<0,0001	(Bloque*Genotipo)
Bloque*Genotipo	69105,35	42	1645,37	1,12	0,3108	
Error	194152,85	132	1470,85			
Total	688600,91	197				

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=40,8741

Error: 1645,3654 gl: 42

Genotipo	Medias	
Silomax	380,43	A
Santa Fe	376,93	A
M369	349,48	A
DK670	330,79	A
Prozea 41	296,27	B
LT622	289,29	B
DK190	280,67	B
LT625	275,36	B
20x4	274,23	B
4x20	270,09	B
28x26	265,40	B
Ayerza 4x4	264,20	B
DK682	258,84	B
F2 DK190	250,86	B
20x26	250,73	B
4x28	243,36	B
3x26	240,91	B
Everett	240,87	B
4x3	238,60	B
C6-UNRC	226,60	B
28x4	219,36	B
F2 DK 4F37	215,71	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

20. Índice de cosecha

R ²	R ² Aj	CV
0,63	0,44	34,48

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo.	2,68	65	0,04	3,42	<0,0001	
Bloque	0,07	2	0,03	2,7	0,0708	
Genotipo	1,95	21	0,09	5,86	<0,0001	(Bloque*Genotipo)
Bloque*Genotipo	0,67	42	0,02	1,32	0,123	
Error	1,59	132	0,01			
Total	4,27	197				

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=0,1269

Error: 0,0158 gl: 42

Genotipo	Medias	
LT622	0,46	A
DK682	0,46	A
LT625	0,45	A
DK190	0,44	A
Everett	0,42	A
Santa Fe	0,41	A
DK670	0,37	A
Ayerza 4x4	0,36	A
20x26	0,36	A
3x26	0,35	A
Prozea 41	0,34	A
F2 DK 4F37	0,32	A
Silomax	0,31	A
4x3	0,30	A
20x4	0,27	B
28x26	0,25	B
F2 DK190	0,24	B
C6-UNRC	0,23	B
4x28	0,21	B
28x4	0,19	B
4x20	0,17	B
M369	0,10	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes(p<= 0,05)

ANEXO III

Autovalores, autovectores y correlaciones con las variables originales para los caracteres considerados en el análisis de componentes principales (ACP) para ocho caracteres relacionados con la producción de forraje en estado R3-R4 en maíz en un ensayo comparativo de rendimiento en Río Cuarto, Córdoba en el ciclo agrícola 2007/08.

<u>Autovalores</u>				<u>Autovectores</u>		
<u>Lambda</u>	<u>Valor</u>	<u>Proporción</u>	<u>Prop Acum</u>	<u>Caracteres</u>	<u>e1</u>	<u>e2</u>
1	3,5	0,44	0,44	EP	0,43	0,03
2	2,75	0,34	0,78	TP	0,3	-0,33
3	0,81	0,1	0,88	PVTLP	0,47	-0,22
4	0,48	0,06	0,94	PVELP	0,43	0,13
5	0,3	0,04	0,98	PSTLP	0,47	0,11
6	0,14	0,02	1	%MSLP	-0,11	0,56
7	0,01	1,80E-03	1	PSELP	0,29	0,48
8	3,70E-03	4,60E-04	1	%MSELP	0,01	0,52

Correlaciones con las variables originales

<u>Caracteres</u>	<u>CP 1</u>	<u>CP 2</u>
EP	0,81	0,05
TP	0,55	-0,56
PVTLP	0,87	-0,37
PVELP	0,8	0,22
PSTLP	0,89	0,18
%MSLP	-0,21	0,92
PSELP	0,55	0,79
%MSELP	0,02	0,86

Correlación cofenética= 0,961

Autovalores, autovectores y correlaciones con las variables originales para los caracteres considerados en el análisis de componentes principales (ACP) 6 caracteres analizados en el fin de ciclo del cultivo en maíz en un Ensayo Comparativo de Rendimiento. Río Cuarto, Córdoba. 2007/08.

Autovalores				Autovectores		
Lambda	Valor	Proporción	Prop Acum	Caracteres	e1	e2
1	2,9	0,48	0,48	PSTFC	-0,14	0,6
2	1,72	0,29	0,77	PSEFC	0,55	0,23
3	1,08	0,18	0,95	PG	0,57	9,00E-02
4	0,24	0,04	0,99	PH	0,25	-0,34
5	0,05	0,01	1	P1000	0,15	0,66
6	0,01	1,50E-03	1	IC	0,52	-0,2

Correlaciones con las variables originales

Caracteres	CP 1	CP 2
PSTFC	-0,24	0,78
PSEFC	0,93	0,3
PG	0,98	0,12
PH	0,43	-0,44
P1000	0,25	0,86
IC	0,88	-0,27

Correlación cofenética= 0,931