



UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA
“Trabajo Final Presentado para Optar al Grado de Ingeniero
Agrónomo”

*Características del grano en líneas medio hermanas de maíz
(Zea mays L.) Local.*

Alumno: Lescano, Franco Gastón
DNI: 26.857.826

Director: Ing.Agr M.Sc Victor Ferreira
Co-Director: Ing.Agr M.Sc Lidia Reynoso.

Río Cuarto – Córdoba
Febrero 2006

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA**

CERTIFICADO DE APROBACIÓN

Título Del Trabajo Final: Características del grano en líneas medio hermanas de maíz (*Zea mays* L.) Local.

Autor: Lescano, Franco Gastón

Director: Ing. Agr M.Sc Victor Ferreira

Co-Director: Ing. Agr M.Sc Lidia Reynoso

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

Fecha de Presentación: ____/____/____.

Aprobado por Secretaría Académica: ____/____/____.

Secretario Académico

*A María Evelina.
El amor de mi vida.*

AGRADECIMIENTOS

Hago llegar mi agradecimiento al Ing.Agr M.Sc Victor Ferreira y Ing.Agr M.Sc Lidia Reynoso, por la dirección de mi trabajo final.

Extiendo este agradecimiento al Ing.Agr.Ezequiel Grassi y a la Ing.Agr.Beatriz Szpiniak, por las sugerencias y aportes a mi tesis. También agradezco de la misma manera al Ing.Agr. Miguel Di Renzo y al Ing.Agr. Juan Jose Cantero.

Finalmente agradezco a todos mis seres queridos, por ser los pilares fundamentales de mis logros.

ÍNDICE

	<i>Página</i>
Resumen	I
Summary	II
Introducción	1
Hipótesis	3
Objetivo general y específicos	3
Revisión bibliográfica	4
Calidad del grano	5
Composición	6
Calidad fisiológica	9
Variabilidad genética de los caracteres	11
Materiales y Métodos	14
Lugar	14
Material vegetal	14
Caracteres evaluados	14
Análisis estadístico	20
Cálculo del Grado de determinación Genética	21
Resultados y discusión	22
Caracteres cuantitativos	
Peso de 1000 granos	22
Peso hectolítrico	24
Tamaño y forma del grano	26
Viabilidad y Poder germinativo	30
Dureza	33
Variables cualitativas	
Color del grano	35
Variabilidad genética	36
Conclusión	39
Bibliografía	40
Tablas	
Tabla 1	17
Tabla 2	22

	Tabla 3	23
	Tabla 4	25
	Tabla 5	27
	Tabla 6	28
	Tabla 7	32
	Tabla 8	34
	Tabla 9	35
	Tabla 10	37
Cuadros		
	Cuadro 1	19
	Cuadro 2	19
Figuras		
	Figura 1	17
	Figura 2	18
	Figura 3	23
	Figura 4	25
	Figura 5	29
	Figura 6	29
	Figura 7	28
	Figura 8	32
	Figura 9	36

RESUMEN

En el proyecto de investigación de la orientación Genética, Facultad de Agronomía y Veterinaria de la Universidad Nacional de Río Cuarto, se busca obtener cultivares doble propósito, de ciclo vegetativo amplio, alta producción de materia seca, antes y después de la madurez y de buen rendimiento de *grano colorado duro*. Para ello se requiere información de características del grano de distintos materiales que determinan calidad agronómica y comercial. El conocimiento de las mismas permitirá caracterizar las líneas y sus cruzamientos. El objetivo fue obtener información de características del grano de líneas de maíz procedentes de seis ciclos de selección recurrente de medios hermanos y sus correspondientes cruzamientos por un probador de base genética amplia. Se emplearon 10 líneas con seis ciclos de selección de medios hermanos de la campaña 1999-2000 y sus correspondientes cruzamientos por un probador de la campaña 2000-2001. Las muestras procesadas se preservaron en cámara a 1-3 °C. Se evaluó: peso de mil semillas, peso hectolítrico, tamaño y forma del grano, viabilidad, poder germinativo, dureza, color del grano y grado de determinación genética. Se empleó un diseño completamente aleatorizado, con N repeticiones y n submuestras. Se consideró un modelo mixto (líneas efecto fijo). Se realizaron los Análisis de Varianza y Test de Duncan para todas las variables. Para los datos de color se realizó un análisis no paramétrico (Kruskall-Wallis). Las líneas medias hermanas mostraron diferencias altamente significativas entre los caracteres del grano, excepto en la relación endosperma córneo/amiláceo, porcentaje de endosperma córneo; color de aleurona y pericarpio. Dado el grado de determinación genética, la energía germinativa presenta mayor probabilidad de éxito en la selección. Las líneas 8 , 35 y 36 tienen potencialidad para desarrollar, a partir de sus cruzamientos, materiales con buenas características agronómicas y calidad comercial de grano.

Palabras claves: Argentina, genética, medios hermanos, semilla, maíz.



SUMMARY

Within the programme of improvement of maize in the Genetics area in the Faculty of Agronomy and Veterinary of the University of Rio Cuarto, an objective was obtaining double purpose crops, with wide cycle vegetative, high production of dry matter before and after maturity and good performance of grain red hard. To do this, information about the characteristics of grain of different materials which determine agronomic and commercial quality is required. Thus, the lines and their crossings will be characterized. The objective was to obtain information about the characteristics of the grain of lines of maize coming from six cycles of recurrent selection of middle brother in the 1999-2000 campaign and their corresponding crossings by a sampler in the 2000- 2001 campaign. The analyzed samples were preserved in a chamber. The aspects evaluated were: weight of a thousand seeds, hectolitic weight, size and shape of the grain, viability, germinative power, hardness, grain colour and grade of genetic determination. A completely random design was used. A mixed model was considered (fixed effects lines). Analyses of Variance and Duncan tests were carried out for all the variables. For the colour data, a non parametric (Kruskall-Wallis) analysis was used. The middle brother lines showed highly significant differences between the grain features, except in the endosperm hard/ floury relationship, endosperm córneo percentage, aleurone and pericarp colour. Given the grade of genetic determination, the germinative energy presents more probabilities of success in the selection. The lines 8, 35 and 36 have potentiality to develop, through their crossings, materials with good agronomic characteristics and commercial qualities of grain.

Key words: Argentina, genetics, middle brother, seed, maize.



Características del grano en líneas medio hermanas de maíz (Zea mays L.) local.

INTRODUCCIÓN

El maíz es uno de los cereales más difundidos del mundo (Cirilo *et al.*, 2003), su producción mundial en el decenio (1989-1999) creció un 51,36% y en Argentina un 46,74% (Mundo, 2002), principalmente por los aumentos en el potencial de rendimiento (Andrade *et al.*, 1998). Argentina ocupa el noveno lugar en la producción mundial maicera, con una participación del 2,3 % (Mundo, 2002).

La producción de maíz en Argentina se destina al mercado de exportación, al de alimento forrajero y a la industria local de la molienda seca y húmeda (Andrade *et al.*, 1998). En la campaña 2001/2 la superficie sembrada fue de 3 millones de has, de las cuales 2,6 millones ingresaron al circuito comercial y el resto a la alimentación animal (Mundo, 2002).

ANTECEDENTES

En el área de influencia de la Universidad Nacional de Río Cuarto, zona sur de la provincia de Córdoba, la actividad agropecuaria se desarrolla en establecimientos mixtos, en donde es de suma importancia contar con un cultivo que se adapte a los dos propósitos, cosecha de grano y alimento directo para el ganado. El maíz es un cultivo ampliamente adoptado por los productores debido a su plasticidad. Es usado para grano o forraje, consumo de planta entera cuando se prevé mala cosecha de grano, corte en estado de grano lechoso-pastoso para la confección de silo o diferimiento para su posterior pastoreo en pie con la espiga madura (Reynoso *et al.*, 2001).

Por muchos años se ha observado la tendencia de algunos productores al uso de las F2 (“hijos de híbridos”). Esta práctica no sólo abarata los costos, sino que en zonas con cierta incertidumbre climática, su variabilidad permite una respuesta estable, y a pesar de que su potencial de rendimiento no es tan alto como el de las F1, en años con condiciones climáticas desfavorables, suelen tener un comportamiento superior. Es necesario destacar que en los híbridos comerciales el período de floración es muy estrecho, coincidiendo muchas veces con momentos de sequía e intenso calor, causando problemas en la polinización (Reynoso *et al.*, 2001).



Atendiendo a este comportamiento se ha considerado conveniente explotar alternativas diferentes a la de los híbridos comerciales comunes, buscando materiales de doble propósito, como un aporte a las economías regionales, ya que disponer de las mismas, con estas características les permitiría a los productores contar con materiales adaptados a los sistemas de producción regionales (Reynoso *et al.*, 2001).

Dentro del programa de mejoramiento de maíz de la orientación Genética de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la Universidad Nacional de Río Cuarto, se busca obtener cultivares doble propósito, de ciclo vegetativo amplio, alta producción de materia seca, antes y después de la madurez y de buen rendimiento de *grano colorado duro*, cuya principal ventaja frente a otro tipo de cultivares (híbridos comerciales) sea la mayor estabilidad frente a condiciones ambientales muy variadas, con limitantes climáticas o edáficas y la posibilidad de usos múltiples (Reynoso *et al.*, 2001).

Los maíces doble propósito serían los adecuados para los sistemas mixtos de nuestra región, ya que combinan la producción de grano con caracteres propios de gramíneas forrajeras, o sea alta cantidad de materia seca de buena digestibilidad, resistencia a la sequía, buen anclaje, macollamiento, rebrote y plasticidad para obtener una producción estable frente a condicionamientos del ambiente (Reynoso *et al.*, 2001).

Con el objetivo de lograr materiales con estas características, desde el año 1993 se comenzó un plan de selección a partir de una población local de maíz de tipo *flint*. Después de 1 año de interpolinización y 6 ciclos de selección de medios hermanos (Lonquist, 1964) se obtuvieron líneas promisorias para los caracteres de interés propuestos (Szpiniak *et al.*, 1996; Reynoso *et al.*, 2001).

En el ciclo 99-00 se realizaron cruzamientos de estas líneas con un probador, híbrido doble (Dekalb 4F37), de muy buenas características graníferas y que ha presentado gran adaptación en nuestra zona con el objetivo de evaluar la aptitud combinatoria de las líneas (Hallauer and Miranda Filho, 1988). Los cruzamientos fueron probados en la campaña 00-01 en dos fechas de siembra. La evaluación de estos ensayos brindó información acerca de la potencialidad en cruzamiento que tienen las líneas. Los principales caracteres evaluados fueron rendimiento en planta entera para silo, rendimiento en grano y características morfológicas de la planta y el *grano*.

En el marco de dicho proyecto además de las evaluaciones de producción de materia seca total y de cada componente de la planta, se requiere la información de las características del grano de los distintos materiales que determinan la calidad agronómica y comercial. Éstas



no han sido evaluadas con anterioridad y el conocimiento de las mismas permitirá caracterizar a las líneas y sus cruzamientos.

HIPÓTESIS

Existe en las líneas evaluadas la potencialidad para desarrollar, a partir de sus cruzamientos, materiales con buenas características agronómicas y calidad comercial de grano.

OBJETIVO GENERAL

Obtener información de las características del grano de líneas de maíz procedentes de seis ciclos de selección recurrente de medios hermanos y sus correspondientes cruzamientos por un probador de base genética amplia (híbrido comercial).

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Evaluar las características del grano que determinan calidad agronómica y comercial.
- ✓ Establecer si existen líneas superiores con respecto a los caracteres evaluados.
- ✓ Estudiar la variabilidad genética de las características del grano dentro de la población de líneas.
- ✓ Evaluar si los valores que determinan calidad agronómica y comercial, dentro de la población de líneas, están dentro de los parámetros deseables en maíces tipo *Flint*.

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Los maíces de tipo colorado, *duro o flint* fueron los más difundidos en las primeras épocas en la región cerealera. Sus características agrícolas no estaban mayormente afectadas por enfermedades y se destacaban por su buena a muy buena productividad, lo que debe considerarse como una consecuencia de su adaptación.

El maíz colorado presenta diferentes atributos que lo hacen una alternativa muy interesante. La calidad exigida fundamentalmente por la industria de la molienda seca, es aquella que permite el rendimiento de grandes proporciones de fracciones gruesas, inclinándose por el tipo de grano colorado duro. El maíz flint contiene casi el doble de pigmentos carotenoides, carotenos y xantófilas que los maíces dentados, dando una coloración deseable en los productos avícolas y registran valores de energía metabolizable verdadera superiores a los de los dentados debido a su mayor concentración de aceite en grano, por lo que también son preferidos en la dieta de bovinos y porcinos que requieren un alto contenido calórico, evitando el agregado de aceite en la ración. El sobreprecio por tonelada, representa un importante beneficio económico capitalizable por el productor (Cirilo *et al.*, 2003).

La incorporación del tipo dentado a las líneas de colorado duro con el objetivo de aumentar los rendimientos de grano ha permitido aumentar la productividad media por hectárea, pero afectó negativamente aquella calidad original del *Maíz Plata* (Eyherabide *et al.*, 1992).

El tipo de grano tiene su importancia ya que cada grano posee diferente degradabilidad, la cual puede variar hasta en un 80 % entre uno a otro tipo de grano. La degradabilidad es mayor en aquellos maíces con granos del tipo dentados y menor en el tipo *flint*. De todas formas este aspecto puede minimizarse de acuerdo a la humedad con que se pique el maíz y el nivel de procesado que reciba el grano durante el picado (Centeno, 2003).

El grano de maíz es el concentrado energético más utilizado y el que mejor se comporta en nuestro país. En los últimos años se ha empezado a utilizar el grano de maíz entero para alimentar animales a corral (Peralta y Santini, 2004). Los maíces *dent* más blandos, presentan una menor resistencia física a la masticación y su almidón es más accesible a las bacterias ruminales, lo que determina una mayor degradabilidad respecto a los *flint* (Peralta *et al.*, 2004). Esta diferencia en la degradabilidad en rumen permanece constante

independientemente si el maíz está ensilado o está dado como grano (Philippeau y Michalet Doreau, 1998).

Por esto, en la Estación experimental del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria Balcarce se evaluó la respuesta productiva de novillos alimentados con altas proporciones de granos de maíz entero, de los extremos *flint* y *dent*, y sin aporte de fibra. Los valores de consumo expresados como porcentajes del peso vivo fueron 2,21 y 2,06 %, para los híbridos *Maíz Flint* y *Maíz Dent* respectivamente. La ganancia de peso diaria y peso final fueron superiores para el tratamiento *Maíz Flint* ($P < 0,10$) con respecto a *Maíz Dent* (Peralta y Santini, 2004).

La utilización de híbridos de maíz más blandos como los *dent*, necesitan de una mínima cantidad de fibra para mantener un ambiente ruminal más apto y un consumo estable que mejore los parámetros productivos, pero esto no sería necesario cuando utilizamos maíces duros o *flint*, debido al mayor aporte de fibra (Peralta y Santini, 2004).

Las características del grano son importantes para tener en cuenta en la calidad de los maíces doble propósito.

Las zonas maiceras argentinas, debido a que no tienen limitación para el ciclo del cultivo, en la planta forrajera tienen tanta importancia su producción de *grano*, como el volumen y la calidad que pueden aportar la caña y las hojas (Pinter *et al.*, 1994).

Dado que el grano es el componente más digestible de la planta (bajo contenido de pared celular y altamente digestible), el contenido de espiga debería tenerse en cuenta como prioridad y que mejora la calidad técnica y biológica del silaje de maíz (Alessandro, 2002).

Los principales determinantes de la calidad del silaje de maíz son su contenido de fibra y almidón. En un silaje de mediana a buena calidad, el tiempo total de engorde va estar en función del contenido de almidón (grano) que tenga el silaje (Santini, 2001).

CALIDAD DEL GRANO

La calidad del grano de maíz está asociada tanto con su constitución física, que determina la textura y dureza, como con su composición química, que define el valor nutricional y las propiedades tecnológicas. La importancia relativa de estas características resultará del destino de la producción.

Para las industrias que emplean grano de maíz, su calidad y propiedades tecnológicas son una preocupación fundamental. Se requieren granos sanos, limpios, uniformes de tamaño, textura y color (Andrade, 2003).



La resolución 757 de la SAGPyA(1997) especifica que el grano de un maíz “Plata” deberá ser colorado o anaranjado, tener corona lisa sin hendiduras y presentar, en corte longitudinal, endosperma córneo predominante. Además deberá registrar valores máximos de 25% para el test de flotación (en solución salina de 1.25 g cm^{-3} de densidad) y no menos de 76 kg HI^{-1} de peso hectolítrico. Pero las exigencias son mayores para un maíz colorado duro de primera calidad. En efecto, deberá alcanzar valores de peso hectolítrico de 79 kg HI^{-1} o superiores, porcentajes máximos de flotación de 12 % (en una mezcla líquida de mayor densidad: 1.305 g cm^{-3}), granos de tamaño grande (no menos de 50 % de los granos que queden retenidos en la zaranda de 8 mm y no más de 3 % que atraviesen la zaranda de 6,5 mm, con un peso mínimo por grano de 265 mg), de color rojizo o rojizo anaranjado (según tabla de colores) (De Dios *et al.*, 1992 ; Durand, 1997).

COMPOSICIÓN

El grano maduro de maíz está integrado por distintos tejidos que lo conforman: el germen o embrión (12 %), responsable de formar una futura planta; el endosperma (82 %), estructura de almacenamiento del grano que constituye su principal reserva energética; y el pericarpio o cubierta del grano (5 %), que protege a la semilla de la entrada de hongos y bacterias antes y después de la siembra. El restante 1 % corresponde a los restos del pedicelo en la base del grano (Perry, 1988).

La dureza del grano es la resistencia que posee a la acción mecánica o al quebrado durante la cosecha y la postcosecha. Esa resistencia, que determina la calidad que posee el grano para su uso y conservación de la calidad de la semilla, se relaciona en forma directa con la dureza del endosperma, que a su vez, se debe a la relación entre los endospermas córneo y harinoso, y en menor medida, a la compactación de los componentes celulares, al grosor de la matriz proteica que rodea a los gránulos de almidón y al grosor del pericarpio. La dureza del grano será mayor cuanto mayor sea la proporción de endosperma córneo que lo componga (Andrade *et al.*, 1998; Cirilo *et al.*, 2003).

Existe una relación entre proteína y dureza. La dureza es determinada por el ligamento entre el almidón y las proteínas del endosperma. En la fracción córnea del endosperma, el almidón y la proteína se encuentran muy fuertemente ligados, mientras que en la fracción harinosa sólo están débilmente ligados (Andrade *et al.*, 1998; Cirilo *et al.*, 2003).

Los aumentos en el porcentaje de proteínas de los granos, por lo general, se asocian con aumentos en la calidad de los mismos. Las principales proteínas de reserva que posee el



grano de maíz son las zeínas. Estas presentan cuatro tipos estructurales distintos, entre las que se destacan la alfa y gama.

La estructura primaria de la gama zeínas, su capacidad de unirse mediante enlaces disulfuro, su localización en los cuerpos proteicos, su homología con proteínas estructurales y su mayor deposición en los endospermas vítreos sugiere que esta proteína participa en la determinación de las propiedades físicas o dureza del grano de maíz.

La dureza es un carácter hereditario, pero influenciado, como el tamaño y otros atributos del grano también de interés comercial, por el manejo agronómico y el ambiente de cultivo. Comprender y manejar estas interacciones contribuirá a la obtención de granos colorados duros de calidad (Cirilo *et al.*, 2003). Numerosos resultados sugieren un control genético aditivo para la mayoría de los caracteres de la calidad, por lo que es factible el mejoramiento por selección (Eyherabide *et al.*, 1992).

El endosperma del grano es un tejido triploide, con dos genomas aportados por la madre y el tercer genoma por el padre (efecto xenia). Por lo tanto, el genotipo del endosperma puede ser modificado fácilmente por polinización cruzada (Andrade *et al.*, 1998).

Johnson y Russel (1982), sugirieron un efecto del polen sobre algunas características del endosperma. Encontraron que el carácter flint ejercería cierta dominancia parcial.

La calidad comercial del grano maíz colorado varía con el manejo agronómico y el ambiente de cultivo. La mayor vitrosidad y densidad dependerían de un fuerte ligamento entre el almidón y las proteínas (esencialmente las zeínas ricas en aminoácidos azufrados) en la fracción córnea del endosperma. A medida que el grano madura en el campo, la desecación del endosperma aproxima y comprime los cuerpos proteicos entre sí, pudiendo establecerse uniones disulfuro cruzadas entre gama zeínas (ubicadas en la periferia de los cuerpos proteicos) que resultarían en un incremento de la vitrosidad del endosperma (Andrade *et al.*, 1998, Cirilo, 2003).

La dureza del grano está asociada con su densidad (peso hectolítrico). El endosperma córneo posee más peso específico; por esto, sería lógico pensar que lograr aumentos en esta fracción representaría aumentos en el peso hectolítrico (Andrade *et al.*, 1998).

El tamaño del grano es una característica comercialmente relevante. En maíz el peso del grano se encuentra altamente relacionado tanto con el número de células endospermáticas, como con la cantidad de gránulos de almidón formados (Reddy y Daynard, 1983).



La tasa y la duración del período de llenado presentan alta variabilidad genética y es afectado por el ambiente (Andrade *et al.*, 2003). Genotipos de alto peso del grano, están relacionados con altas tasas de llenado durante la fases de llenado efectivo y con altos valores de gránulos de almidón formados (Borrás y Otegui, 2001; Borrás, Curá y Otegui, 2002). Xiang-DaoQuan *et al.* (2001) encontraron que el peso de 1000 granos está controlado por genes mayores de dominancia completa.

Los factores de estrés que reducen el crecimiento de la planta en postfloración temprana, limitan el tamaño potencial de los granos por disminución en el número de células y de gránulos de almidón en su endosperma, componentes ambos que se determina en dicha etapa (Uhart y Andrade, 1995). La cantidad de biomasa acumulada en la planta por cada grano durante su llenado (relación fuente-destino) determina el peso final que puede alcanzar (Cirilo y Andrade, 1996; Borrás y Otegui, 2001). Cuando existen limitaciones al crecimiento del cultivo durante el llenado de los granos se reduce también la energía disponible para la absorción y reducción de nitrógeno y azufre desde el suelo (Uhart y Andrade, 1995). En consecuencia, el flujo de nitrógeno y azufre hacia los granos se reduciría en mayor medida que el de carbohidratos, disminuyendo la concentración de nitrógeno y azufre en el grano a la cosecha, lo que afectaría su dureza.

Los materiales más resistentes al quebrado resultan ser generalmente los granos pequeños y de endosperma córneo (Andrade *et al.*, 2003).

Según Andrade *et al.* (1998) el mejoramiento por el aumento del potencial de rendimiento (dado por el número de granos/m²) produjo una caída en la dureza del grano ($P < 0,002$) y en el peso individual del grano, aunque no afectó el peso hectolítrico.

El análisis físico de peso hectolítrico está influenciado por la uniformidad, forma, tamaño y densidad de los granos (Savin, 2003), la humedad de cosecha, textura y peso del grano (Couretot y Ferraris, 2003).

Los contenidos de proteína y almidón en el endosperma del grano de maíz, ambos componentes participantes en la determinación de la dureza, se incrementan con la relación fuente-destino establecida durante su llenado, alcanzando su valor máximo a altos niveles de esa relación (Borrás, Curá y Otegui, 2002). Es así como los valores de dureza estimados a través del test de flotación, de la relación de molienda y del peso hectolítrico muestran valores más favorables a medida que se incrementó la relación fuente-destino.

El color del endosperma también se modifica en respuesta a las variaciones generadas en la relación fuente-destino. La síntesis de los pigmentos responsables de la coloración rojiza del endosperma está ligada al metabolismo lipídico y el contenido de aceite del grano

también responde positivamente a la relación fuente-destino durante el llenado: a mayor relación fuente-destino, mayor intensidad del color rojizo (Borrás, Curá y Otegui, 2002).

Solari y Gómez. (1997) encontraron las siguientes características en poblaciones de maíces tipo Cristalino colorado en Argentina: granos de longitud entre 4-12 mm, ancho entre 5-12 mm, granos medianos, redondeados, endosperma anaranjado, de textura cristalina y peso de 1000 entre 195-417 gramos. En los granos cristalinos amarillos anaranjado la longitud varió entre 5-12 mm, el ancho de 5-11 mm, el endosperma presentó distintas tonalidades de amarillo a anaranjado y el peso de 1000 entre 203-423 gramos. En los dentados amarillos; hallaron una longitud de grano entre 6-15 mm, un ancho entre 5-13 mm, eran granos largos, con corona dentada a semidentada y endosperma cristalino, localizado a los costados del grano, de espesor variable, amarillo y el peso 1000 entre 330-421 gramos. El pericarpio y la aleurona fueron incoloros en todos los materiales.

Cavallo *et al.* (2003) hallaron en líneas S1, elegidas por color rojizo de grano y dureza, peso de mil granos de 193,3 gramos. Brun *et al.* (2004) encontraron pesos medios de mil de 221 gramos, en cruzamientos dialélicos, entre líneas cuyo color predominante es el anaranjado.

Karaivanov *et al.*, (1994) encontraron que los maíces *flint* no diferirían significativamente en rendimiento respecto a los maíces dentados, pero si poseían un peso por unidad de volumen más alto y un peso de mil semillas más bajo.

CALIDAD FISIOLÓGICA

La calidad fisiológica de la semilla puede afectar el rendimiento y la respuesta a la densidad del cultivo (Pascale, 2003).

La etapa germinación-emergencia incide básicamente a través del logro del primer componente del rendimiento el número de plantas/ha (CIMMyT, 1988; 1994).

El daño por truncamiento interno de la semilla afecta el tiempo de almacenamiento, la capacidad de germinación y el vigor. El desempeño de estas semillas depende del genotipo (Borges *et al.*, 2001). Spinola *et al.*, (2001) encontraron que los híbridos simples que evaluaron presentaron menor performance al almacenamiento que los híbridos dobles y triples respectivamente.

El maíz duro germina mejor que otros tipos de maíz (Zarantín *et al.*, 2001) particularmente en suelos húmedos y fríos (CIMMyT, 1988, 1994).

El potencial de emergencia del cultivo está relacionado al poder germinativo de la semilla. Las pérdidas ocasionadas por una reducción de dicho potencial se resuelve aumentando la densidad (Pascale, 2003).

Esta etapa debe ser lo más corta posible para disminuir las pérdidas ocasionadas por insectos y hongos de suelo. Los lotes de semillas de alto vigor se comportan mejor bajo condiciones estresantes de la cama de siembra que uno de bajo vigor (Fernández, 1997; Pascale, 2003).

Odiemah (1989) encontró una heredabilidad alta en los caracteres determinantes de la calidad fisiológica de la semilla, concluyendo que la selección basada en efectos genéticos aditivos debe ser eficaz para mejorar los rasgos estudiados.

El vigor de las semillas se correlaciona mejor que su tamaño con la aptitud genética y con las condiciones de cosecha y tratamiento post-cosecha de la semilla (Andrade *et al.*, 2003). No hay relación entre el calibre de la semilla y el rendimiento que la futura planta logre (Migues, 2004). Por otro lado, Andrade (2003) encontraron que el tamaño del grano facilita una buena siembra y el logro de un adecuado stand de plantas.

Los procesos de deterioro involucrados en la pre y postcosecha generan pérdidas de calidad de la simiente (Pascale, 2003), debido a las modificaciones en la estructura física (Fernández, 1997), lo cual depende de la textura, dureza del grano (Eyherabide *et al.*, 1992), tamaño y forma del grano. Esto determina una reducción de la tasa de germinación y emergencia, disminución de la tolerancia a condiciones subóptimas y menor crecimiento de la plántula (Fernández, 1997).

La capacidad de resistir a los efectos del daño y el subsecuente envejecimiento de la semilla está determinada por el tamaño y por la forma de la misma, que depende de su posición en la espiga (Peterson *et al.*, 1995; Batistella *et al.*, 2001; Kikutti *et al.*, 2001). Además, Paulsen *et al.*, (1983) sugieren que la susceptibilidad de la semilla también está asociada con la menor relación endosperma córneo/amiláceo.

Los granos chatos sufren menos daño mecánico ya que, al tener el embrión más protegido, está menos expuesto al daño que el de los granos redondos, los cuales pierden mayor viabilidad y vigor que los primeros (Peterson *et al.*, 1995). Andrade *et al.*, (2001) encontraron que las semillas chatas de tamaño mediano tuvieron mayor poder germinativo y vigor que las semillas redondas y que las semillas chatas de tamaño grande.

Jacob *et al.* (2001) encontraron que las semillas chatas de mayor longitud tenían una calidad fisiológica superior, en relación a las semillas redondas de menor longitud. Asimismo, Jacob *et al.* (2004) hallaron que las semillas de menor longitud y espesor



presentan un crecimiento inicial más acelerado en relación a las semillas de mayor largo y espesor.

Cuando las semillas de bajo vigor producen densidades que son menores que la necesaria para maximizar los rendimientos, reducciones en el rendimiento pueden estar indirectamente relacionadas con el vigor de las semillas Tekrony (1991). Pascale (2003) considera que a menos que la reducción de vigor sea severa, las diferencias tempranas tienden a desaparecer al momento de la cosecha.

Andreoli (2001) considera que un pobre establecimiento de los cultivos es atribuible a un bajo vigor y alta susceptibilidad al estrés biótico y abiótico del ambiente del suelo.

Los valores de tolerancias establecidos por las normas exigen, un poder germinativo mínimo de 90 %, y en el vigor una reducción mínima del 15% respecto al poder germinativo, de acuerdo con el ensayo de test de frío (ISTA, 1996).

La uniformidad de distribución de las plantas en el surco y la disminución en la distancia entre surcos busca reducir la competencia entre plantas y lograr un mejor aprovechamiento del espacio. Ensayos realizados en nuestro país mostraron que no existió relación entre el rendimiento y la uniformidad de distribución de las plantas mientras que se logre la densidad óptima (Migues, 2004).

La desuniformidad en la distribución de plantas en la práctica se asocia a una menor densidad y a un nacimiento desparejo del cultivo, generado la mayoría de las veces por un exceso de velocidad en la siembra. Para niveles medios de rendimiento donde la principal limitante es la disponibilidad de agua, la falta de uniformidad no constituye por sí misma una limitante al rendimiento (Migues, 2004).

VARIABILIDAD GENÉTICA DE LOS CARACTERES

La variación continua que presentan los caracteres cuantitativos es el resultado conjunto de causas genéticas y ambientales. De acuerdo a la ley de los factores múltiples un conjunto de genes contribuyen con un efecto pequeño y acumulativo a la expresión de dichos caracteres (Falconer, 1989).

La variación entre individuos hace posible el mejoramiento, aunque no toda la variación fenotípica observada es debida a diferencias genéticas entre los individuos de la población. La heredabilidad en sentido amplio (HSA) es un valor poblacional que expresa el grado en que los fenotipos están determinados por sus genotipos (Falconer, 1989) y permite establecer cual es el mejor método de mejoramiento. Valores altos de HSA indican que el



mayor efecto dentro de la varianza fenotípica es producido por los genotipos. Si tanto la HSA como la heredabilidad en sentido estricto (h^2) son bajas difícilmente tengamos éxito a través de la selección (Asprelli *et al.*, 2001).

Una de las consecuencias de esta última es cambiar la media genética de la población para el carácter seleccionado, a través de un aumento de la frecuencia de los genes favorables al carácter y por lo tanto un aumento de los genotipos deseables (Falconer, 1989).

Los factores que determinan la eficiencia de la selección directa en un ambiente de estrés en relación a la selección indirecta en un ambiente de alto rendimiento son la heredabilidad del rendimiento en cada ambiente y la correlación genética entre los rendimientos en los dos ambientes (Falconer, 1989; Bos y Caligari, 1995).

Alvarez (1991) utilizó los coeficientes de variación genética (CV_G) y el coeficiente de variación de error (CV_E), como indicador de perspectivas de éxito en la selección, de acuerdo a la mayor relación CV_G/CV_P (HSA) en poblaciones de girasol (*Helianthus annuus* L.). Asprelli *et al.*, 2001 utilizaron como herramienta el GDG para estudiar la variabilidad presente en una población de clones de alcaucil (*Cynara scolymus* L.). Asimismo, Alessandro *et al.* (2003) utilizaron esta estimación para estudiar la variabilidad de los caracteres de maíz para silaje de planta entera. La variabilidad genética para la caracterización del fruto de *Lycopersicum*, a través del Grado de Determinación Genética, también fue reportado por Rodríguez *et al.* (2002).

Los valores de HSA dependen del tipo de carácter y no hay criterios fijos para cuándo son bajos y cuándo son altos. Hallauer y Miranda (1988) mencionan valores de heredabilidad en maíz de más del 70 % en caracteres de calidad como es el porcentaje de aceite, y 30-50 % para peso del grano.

Hallauer y Miranda (1988) mencionan que Gallarreta Gómez en España tras estudiar la heredabilidad de los caracteres del grano en 100 poblaciones de maíz local, determinó valores de 44,8 % en peso de semillas; 24,6 % en peso hectolítrico; y valores de 46% en textura y color. Brun *et al.* (2004) hallaron una variación genética de 34,4 % en peso de mil semillas en líneas endocriadas y 20 % en los respectivos cruzamientos dialélicos de maíz forrajero. Paulsen *et al.* (1983) encontraron un amplio rango de variabilidad para resistencia al quebrado, mientras que Johnson y Rusell (1982) reportaron una heredabilidad del 77-87 %. Reynoso, 1996 obtuvo valores de HSA en rendimiento en grano de 5,3 %; 3,1 % en la relación espiga/tallo; y CV_G de 3,4 y 7,2 en los respectivos caracteres sobre cuatro grupos de poblaciones de maíz y dos híbridos interespecíficos del género *Zea*. Hallauer y Miranda



(1988) encontraron en una población de maíz tras 8 ciclos de selección recurrente recíproco CV_G para los componentes del rendimiento de 8,6 .

MATERIALES Y MÉTODOS

a) Lugar: Los diferentes ensayos fueron llevados a cabo en los laboratorios de Genética, de Semillas y de Producción Vegetal pertenecientes a Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto.

b) Material vegetal

Se emplearon 10 líneas con seis ciclos de selección recurrente de medios hermanos de la campaña 1999-2000 y sus correspondientes cruzamientos por un probador de la campaña 2000-2001.

Una vez seleccionado el material a evaluar se procedió a su identificación y a su procesamiento para asegurar que mantuviesen intactas las características originales, para ello se zarandearon las muestras con el uso de una zaranda de chapa de aluminio para maíz (Norma XII de comercialización de grano) (Casini, 1995; Durand, 1997), de perforaciones circulares de 4.76 mm de diámetro y un diámetro efectivo de zaranda de 30 cm y 4 cm de alto. Con esto se logró separar las materias extrañas, los insectos vivos y los granos quebrados. Los granos de menor calibre que pasaron por la zaranda, pero que estaban en condiciones óptimas fueron devueltos a la muestra original. Luego se separaron los granos dañados por insectos con la ayuda de una luz de lámpara y una lupa. Las muestras una vez procesadas se llevaron a condiciones óptimas en cámara para su preservación (temperatura 1-3 °C), y sólo se retiraban cuando se necesitaban realizar conteos de granos para establecer las repeticiones de los ensayos.

c) Caracteres evaluados

Calidad comercial

1) Peso hectolítrico (PH): Se llama así a la relación entre el peso y el volumen del grano, medidos como el peso de un volumen de 100 litros de grano tal cual, expresado en kg hl⁻¹. Para su medición se utilizó una balanza Schopper que consiste en un tubo receptor y volcador ambos cilíndricos, una cuchilla, un émbolo o extractor de aire y un plato de pesas (Casini, 1996, Durand, 1997).

2) Humedad del grano Antes de medir el *PH* y otras variables cuantitativas que necesitaban correcciones se tomó la humedad del grano, que se define como el contenido de agua



expresado en porcentaje sobre la muestra (Casini, 1996; Durand, 1997); para realizar las correcciones correspondientes. Para esto se utilizó un Humedímetro Denver, de lectura de aguja, tomando muestras de 120 g. de maíz por cada repetición según tabla adjunta al equipo. Luego de leer el resultado se procedió a su conversión por tabla.

La manera en que se operó para la medición de *PH* fue la siguiente: se realizaron 5 repeticiones de cada línea, en donde en cada repetición se llenó el tubo volcador con el maíz a pesar, se lo tomó con el índice y pulgar sobre la boca, efectuando la misma operación con la otra mano en el extremo inferior del mismo. Luego se colocó éste sobre el tubo receptor a una distancia de 3 ó 4 cm de altura del borde superior, se efectuó el vaciado en centro del mismo, con una velocidad regular, y evitando el rozamiento sobre las paredes del mismo, esta operación se debe efectuar en 10 segundos por lo menos.

Luego con un movimiento rápido se retiró la cuchilla de ranura, con lo cual el extractor de aire y los granos caen juntos con la medida de la capacidad (cuarto litro), se colocó la cuchilla nuevamente en la abertura retirando los granos sobrantes que pudieron quedar en el tubo receptor, y se prosiguió con el vaciado del tubo volcador de aquellos granos que quedaron sobre la cuchilla.

Posteriormente se separó el tubo y la cuchilla de su posición fija, tomándose solo el tubo receptor, el cual se colocó en el extremo del fiel, y del otro lado el plato con pesas, tendientes a equilibrar el peso equivalente de la medida de un cuarto litro, y luego este valor se lo multiplicó por un factor de 0.4 para maíz y se realizó la corrección por humedad cuando los materiales se excedían de 14.5 % adicionado 0.35 kg por cada punto o fracción proporcional.

3) Peso de mil semillas (PM): Se contaron cinco muestras de 100 semillas por cada línea a evaluar, se pesó con una balanza electrónica de precisión; y luego se llevaron los datos recolectados a peso de 1000 semillas teniendo en cuenta la merma por humedad, sumándole el peso proporcional en caso de humedades por debajo de 14.5 % y restándole en caso de exceso a través del uso de las siguiente fórmulas:

$$\text{Coeficiente de Merma} = \frac{(H_i - H_f)}{(100 - H_f)} \qquad PM \text{ corr} = PM \text{ inicial} \times (1 + \text{Coef merma})$$

H_i : Humedad inicial H_f: Humedad final

PM: Peso de la muestra.



Calidad física

Considerando que la dureza se relaciona directamente con el porcentaje de endosperma córneo. Para determinar la dureza se realizaron 3 repeticiones por cada línea compuesta por 25 granos a los cuales se les fue separando los dos tipos de endosperma, córneo y harinoso, con una técnica mecánica alternativa. Primero se pesó las semillas para tomar el peso de los granos enteros, en una balanza electrónica de precisión, luego se procedió a la extracción del endosperma amiláceo y del embrión mediante el partido del grano en cuatro pedazos con la utilización de alicate y pinzas.

Se tomaron los trozos correspondientes a cada semilla y se extrajo el endosperma amiláceo y el embrión con sumo cuidado, mediante el uso de punzón, aguja histológica y lupa. Terminado esto se pesaron los granos de cada repetición.

La Dureza fue expresada como:

$$\text{(Peso Endosp córneo + pericarpio) x 100.}$$

$$\text{Dureza} = \frac{\text{Peso Endosp córneo + pericarpio}}{\text{Peso del grano entero}} \times 100$$

45) Coloración del grano: La identificación de los colores del pericarpio, aleurona, y endosperma fue evaluado mediante el color más frecuente observado en las 10 repeticiones. Para ello se empleó la escala Royal Horticultural Society. Una vez ubicado el color se usó la escala determinada para coloración del grano en maíz por el descriptor de maíz del IBPGR, 1991. A continuación se detallan las escalas por cada componente y algunas diferencias en la determinación.

- a) Color de pericarpio (CP): Para la visualizar el color se utilizó una lupa y un instrumento cortante para separar el pericarpio.
- b) Color de aleurona (CA): Para visualizar el color se utilizó una lupa y una fuente de luz.
- c) Color de endosperma (CE) Para visualizar el color se trozó el grano de forma longitudinal.

Tabla 1: Identificación de colores del grano.

Color de pericarpio (CP)	Color de aleurona (CA)	Color de endosperma (CE)
1-Incoloro.	1-Incoloro	1-Incoloro
2-Amarillento.	2-Rosado	2-Amarillo.
3-Bronce.	3-Amarillento	3-Anaranjado amarillento.
4-Marrón.	4-Marrón	4-Anaranjado
5-Rojo claro.	5-Bronce	5-Anaranjado Rojizo
6-Rojo.	6-Rojo	6-Anaranjado Rojizo Intenso
7-Levemente púrpura.	7-Púrpura claro	
8-Púrpura.	8-Variegado	
9-Variegado		

Fuente: Descriptor de maíz IBPGR, 1991; Solari y Gómez, 1997.

5) Forma de grano: Se midió con calibre, el largo, ancho y grosor. Luego se relacionó el largo respecto al ancho, de 10 granos por cada una de las 5 repeticiones para establecer la forma del grano (IBPGR, 1991). La herramienta empleada fue un calibre de gran precisión tipo Vernier cuya escala de medición es en pulgadas y en milímetros (mm), en este caso los datos se expresaron en mm.

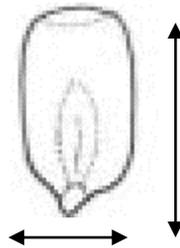


Figura 1: Longitud y ancho de la semilla.

El largo fue tomado en la parte longitudinal media del grano, el ancho en la parte transversal máxima y el grosor en la distancia máxima entre la cara ventral y dorsal (fig.1)

A estos mismos granos, se les determinó la forma de la parte superior, a través de la siguiente escala propuesta por el descriptor de maíz (IBPGR, 1991; Solari y Gómez, 1997.).

Figura 2: Identificación de formas del grano.



Fuente: Descriptor de maíz IBPGR, 1991; Solari y Gómez, 1997.

Calidad fisiológica de la semilla

6) Energía y Poder germinativo (EG y PG): Para evaluar la calidad de las semillas se colocaron 10 muestras con 3 repeticiones de 50 granos cada una, sobre un soporte de papel filtro (BP). Las condiciones de humedad se obtuvieron con la aplicación de 2.5 veces el peso del papel en agua destilada y la condición de temperatura de germinación se logró colocando la cámara de germinación a 25 °C. El primer conteo se realizó a los 4 días, donde se obtuvieron los datos de EG y a los 7 días se efectuó la medición de la viabilidad y PG (ISTA, 1996).

Para evaluar el ensayo de energía, vigor y viabilidad se realizó la lectura del material durante su procesamiento y al finalizar el mismo. Para ello dentro de cada una de las 3 repeticiones se determinó el número de semillas y plántulas que integran cada una de las siguientes categorías (ISTA, 1996):

Plántulas normales: se consideraron plántulas normales aquellas cuyo aspecto pone de manifiesto su capacidad para continuar el desarrollo normalmente, presentando un buen estado de los órganos esenciales para su crecimiento (ISTA, 1996). Por lo que se constató:

Un sistema radicular bien desarrollado, con una raíz primaria y con por lo menos dos o más raíces seminales, un eje embrionario bien desarrollado, con mesocótilo normal y

coleóptilo con la primera hoja verde emergente de él o alargada en su mitad superior, denominadas plántulas vigorosas.

Además, integran esta categoría de plántulas con defectos leves, o con infecciones secundarias, denominadas plántulas débiles. A continuación se detallan defectos que fueron previstos:

Cuadro N° 1: Plántulas débiles

Plántulas débiles	
Coleóptilo	Levemente retorcido o formando un nudo, a consecuencia de haber quedado atrapado bajo el pericarpio.
	Fisurado, siempre que la hendidura se extienda longitudinalmente desde el ápice por no más de un tercio del coleóptilo.
Primera hoja	No sobresale del coleóptilo, pero cuyo desarrollo le permite alcanzar por lo menos la mitad del largo del mismo.
Infección secundaria	Seriamente afectada por hongos o bacterias, pero es evidente que el foco de infección es otra semilla.

Fuente: ISTA, 1996.

Plántulas anormales: Son las que no pueden desarrollar en plantas normales por presentar uno o varios de los siguientes defectos (ISTA, 1996):

Cuadro N° 2 : Plántulas anormales.

Plántulas anormales	
Raíz Primaria	Ausente, deforme, fisurada desde el ápice por las pareces seminales, con geotropismo negativo, de aspecto vítreo, ahilada, alterada por infección primaria.
Raíces seminales	Ausente, en número de uno.
Coleóptilo	Ausente, dañado o roto, sin la punta o con la punta dañada, fuertemente curvado, retorcido en espiral o formando un nudo, ahilado con una fisura en la base, con una larga fisura superior a 1/3 de la longitud total del coleóptilo desde el ápice.

Plántulas anormales	
Primeras hojas	Ausentes, deformes, creciendo en el interior del coleóptilo sin alcanzar la mitad de la longitud del último, deformes, con débil desarrollo de las estructuras esenciales.
Plántulas	Amarillas o blancas, corta, débil, filiforme, acuosa, con un desarrollo desequilibrado de las principales estructuras, infección primaria.

Fuente: ISTA, 1996.

Plántulas muertas: Son las semillas no viables, que se deshacen al ser apretadas. La inhibición tiene lugar, estas se hinchan, pero como su deterioro es irreversible no reactivan su metabolismo (ISTA, 1996).

d) Análisis estadístico:

El diseño empleado fue completamente aleatorizado (DCA). Para el análisis de los datos se consideró un modelo mixto (líneas efecto fijo). Se realizaron los análisis de la varianza para todos los caracteres propuestos y la prueba para comparación de medias de Duncan cuando las diferencias fueron significativas. Dada la naturaleza de los datos de color (endosperma, aleurona y pericarpio) éstos se analizaron mediante un análisis no paramétrico (Kruskall-Wallis) ya que su distribución no era normal.

Para todos los análisis estadísticos se utilizó el programa SAS (Freund y Littell, 1981).

El modelo lineal es: $y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \epsilon_{ij} + \gamma_{ijk}$

y_{ijk} : Observación obtenida en la unidad de muestreo (u.m.) k de la unidad experimental j (Muestras), a la que se le aplicó el tratamiento i (Líneas).

μ : Media poblacional.

α_i : Efecto debido al factor fijo de las líneas.

ϵ_{ij} : Variable aleatoria debida al error entre u.e. con el mismo tratamiento con $\sim N(0; \sigma_e^2)$

γ_{ijk} : Variable aleatoria debida a las diferencias entre u.m. pertenecientes a la misma u.e. con $\sim N(0; \sigma_c^2)$.

e) Cálculo del Grado de Determinación Genética (GDG).

La variabilidad genética de una población puede estimarse restando a la variabilidad fenotípica la variabilidad ambiental estimada independientemente, conforme la siguiente expresión:

$$V_P = V_G + V_E$$

Siendo V_P la varianza fenotípica poblacional, V_G la varianza genotípica y V_E la varianza ambiental (Mariotti, 1986).

La estimación del grado de determinación genética (GDG) a veces denominado heredabilidad en sentido amplio, se obtiene a partir de la siguiente expresión:

$$GDG = V_G / V_P \text{ o, alternativamente con } (CV_G / CV_P)^2$$

CV_G es el coeficiente de variación genética y CV_P es el coeficiente variación poblacional.

Esta relación expresa la proporción de la variación exhibida por la población que puede explicarse por causas de origen genético. Dentro de estas causas de origen genético se incluyen efectos de aditividad, dominancia y epistasis, sin ningún tipo de discriminación (Mariotti, 1986).

La variabilidad ambiental incidente en la varianza fenotípica poblacional puede estimarse en forma más ajustada utilizando los datos del análisis de la varianza, donde se considera al CM (cuadrado medio) del error como un estimador de la varianza ambiental promedio (σ_E^2). La varianza genética poblacional (σ_G^2) puede, entonces, estimarse a partir de la varianza observacional consecuencia de la partición en el análisis de la varianza:

$$\sigma_G^2 = \frac{(\text{CM Líneas} - \text{CM Error})}{N \text{ repeticiones}}$$

Siendo $\text{CM}_{\text{Líneas}}$ igual a $\sigma_E^2 + n \sigma_G^2$ y CM_{Error} igual a σ_E^2 .

$$\text{Entonces el GDG o HSA} = \frac{(\sigma_G^2)}{(\sigma_E^2 + \sigma_G^2)} \times 100$$

Como extensión del CV_P , la estimación del CV_G se basa en una estimación de $S_G = \sqrt{V_G}$, que se relaciona con la media poblacional (Mariotti, 1986).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La evaluación de las características del grano permitió observar la variación dentro de la población de líneas medio hermanas de maíz local.

Tabla 2. Características del grano en la población de líneas medio hermanas de maíz local evaluadas en Río Cuarto.

Caracter	Media	±Desv Est.	C.V(%)	Rango
Peso de 1000 (G)	160,32	±11,14	7,12	142-183,3
PH (Kg hL ⁻¹)	77,17	± 1,60	2,07	74,52-79,08
Energía Germ (%)	61	± 8	13	53,3-71,3
NormVigorosas (%)	80	± 9	11	68,6-92
Poder Germ (%)	88	± 6	7	76,6-96
Largo (mm)	8,2	± 0,4	5,01	7,8-8,64
Ancho (mm)	7,07	± 0,3	4,67	5,8-7,35
Rel (L/A)	1,17	± 0,06	5,56	1,1-1,25
Espesor (mm)	4,1	± 0,28	6,89	3,89-4,4
Cont End corneo (G)	1,43	± 0,14	9,94	1,26-1,58
Relación (C/A)	3,3	± 0,37	11,3	2,85-4,12
Porc.End.Corn (%)	76,41	± 2,79	3,65	73,9-80,46

CARACTERES CUANTITATIVOS

Peso de 1000 granos

El peso medio de mil granos en las líneas estudiadas fue de 160,32 ±11,4 g y su rango 142-183,3 g (Tabla 2), siendo estos valores pertenecientes a las líneas 7 y 36 (Tabla 3), respectivamente. Los materiales presentaron diferencias estadísticas altamente significativas ($F = 35,98$ $p < 0,0001$) para el carácter.

Cinco líneas (36, 23, 35,34 y 21) presentaron un valor medio superior a la media, de las cuales solo la línea 36 mostró ser diferente dentro de este grupo. La línea 36 fue un 12,5 % superior, lo cual equivale a una diferencia de 20 gramos.

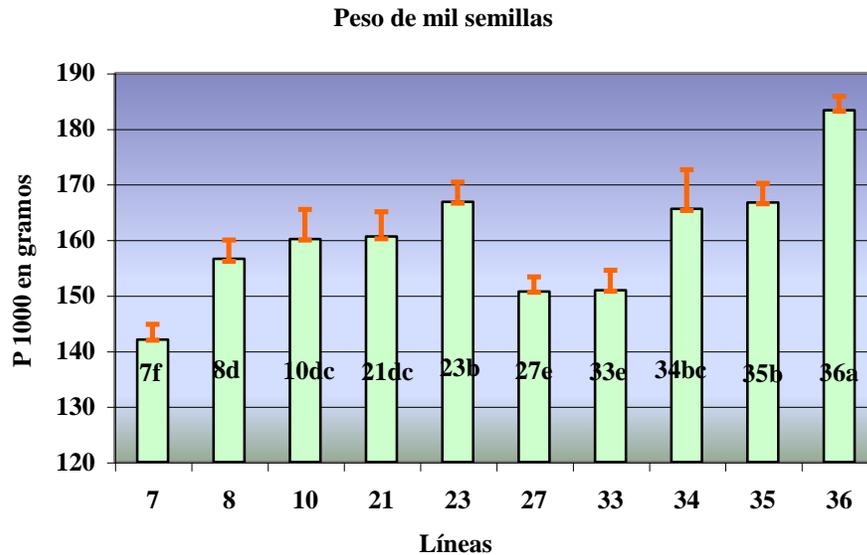
Tabla 3. Diferencias estadísticas entre los valores medios de peso de mil granos.

Linea	N	P1000 G	Linea	N	P1000 G
36	5	183,31 a	10	5	160,13 dc
23	5	166,82 b	8	5	156,55 d
35	5	166,70 b	33	5	150,91 e
34	5	165,54 bc	27	5	150,66 e
21	5	160,58 dc	7	5	142,06 f

Las letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) entre las líneas medio hermanas de maíz local.

La línea 36 posee un peso medio superior y significativo (Duncan $p < 0,05$; Tabla 3) a los restantes materiales. Presentó 41,25 gramos más respecto de la línea 7 lo cual, equivale a una diferencia de 29 % entre ambas. En la figura 3 puede observarse la variación existente entre las líneas medio hermanas de maíz local.

Figura 3: Variación entre las líneas medio hermanas de maíz local evaluadas en Río Cuarto(Cba) en el peso medio de mil semillas expresados en gramos.



Los números hacen referencias a las líneas y las letras indican diferencias estadísticas significativas entre los valores medios de las líneas medio hermanas de maíz local.

La diferencia entre las líneas 36 y 7 podría deberse que la primera posee un mayor peso hectolítrico, mayor contenido de endosperma córneo, con lo cual dispone a mayor peso específico (Andrade *et al.*, 1998), a un mayor tamaño y menor relación largo/ancho, que le da

una forma más redondeada. Hay que considerar en estas diferencias que los genotipos de alto pesos del grano, están relacionados con altas tasas de llenado durante las fases de llenado efectivo y con altos valores de gránulos de almidón formados (Reddy y Daynard, 1983; Borrás y Otegui, 2001).

El rendimiento en grano del cultivo de maíz esta determinado por el número de plantas por superficie y el número de granos fijados por planta. En consecuencia, la cantidad de grano que se produce por superficie puede incrementarse, con el aumento del número de plantas hasta llegar a la densidad óptima, y con el peso de los granos (Johnson y Russell, 1982). Esta diferencia en el peso es considerablemente importante teniendo en cuenta que el peso del grano es el segundo componente de rendimiento.

Los valores medios no encuadran dentro de la normas exigidas por Secretaria de Agricultura (1997) para *Maíces colorados duros de primera calidad*, pero no sería una limitante para la comercialización interna. Solari y Gómez, (1997) halló valores similares en germoplasma de maíz cristalino colorado en Argentina.

Cavallo *et al.* (2003) hallaron en líneas S1, elegidas por color rojizo de grano y dureza, peso de mil granos medio un 20 % superior, mientras que Brun *et al.*, (2004) en cruzamientos dialélicos, entre líneas anaranjadas, encontraron pesos medios de mil granos 38 % superiores. Por lo tanto sería lógico esperar en combinaciones híbridas mejor expresión del carácter.

Peso hectolítrico

El peso hectolítrico medio de las líneas fue de $77,17 \pm 1,6$ kg hl⁻¹. Las líneas que superaron este valor fueron la 8, 23, 10,36 y 35 (Tabla 2).

Estadísticamente las líneas mostraron diferencias muy altamente significativas ($F = 218,82$ $p < 0,0001$). Dentro de las líneas que superaron la media poblacional, se pudo observar diferencias significativas, entre la 36 y la 35 y entre estas, con las restantes superiores (Tabla 4).

Las líneas 8, 23 y 10 presentaron un peso hectolítrico medio superior y significativo (Duncan $p < 0,05$) (Tabla 4) respecto a las demás líneas. Las mismas mantuvieron una diferencia de $4,56$ kg hl⁻¹, que equivale a un 6%, con las líneas que mostraron un valor inferior (33 y 7)

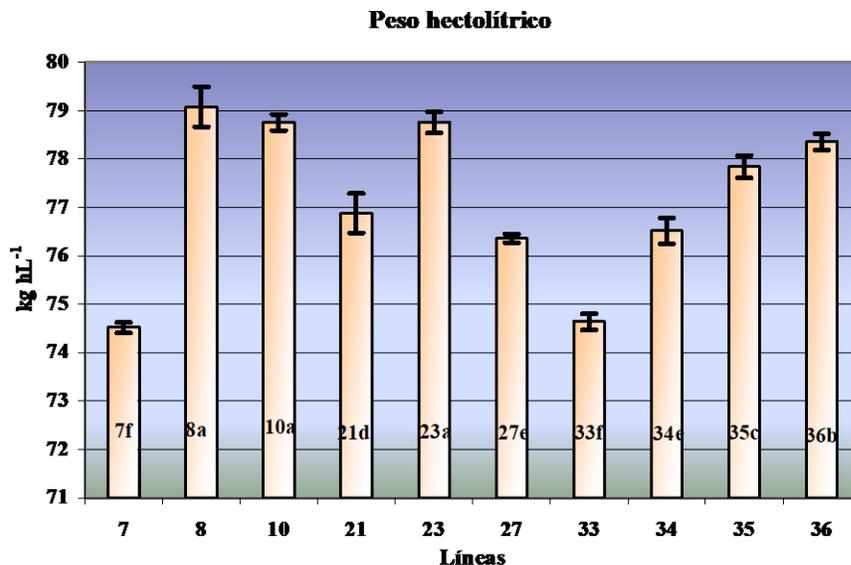
Tabla 4. Diferencias estadísticas entre los peso hectolitricos medios de las líneas medio hermanas.

Línea	N	PH (Kg hL ⁻¹)	Línea	N	PH (Kg hL ⁻¹)
8	5	79,08 a	21	5	76,88 d
23	5	78,76 a	34	5	76,52 e
10	5	78,76 a	27	5	76,36 e
36	5	78,36 b	33	5	74,64 f
35	5	77,84 c	7	5	74,52 f

Las letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas en el peso hectolitrico con un $p < 0,05$.

El carácter mostró variación entre las líneas medio hermanas (Figura 4).

Figura 4: Variaciones entre las líneas medio hermanas de maíz local evaluadas en Río Cuarto (Cba), en el peso hectolítico medio expresadas en kg hl⁻¹.



Los números hacen referencias a las líneas y las letras indican deferencias estadísticas significativas entre los valores medios de las líneas medio hermanas de maíz local.

Una medida de la calidad comercial en los cereales es el peso hectolítico. Este análisis físico esta influenciado por la uniformidad, forma, tamaño, densidad de los granos (Savin y Sorlino, 2003); de la humedad de cosecha, textura, y peso de los granos (Couretot y Ferreris, 2003).

Las diferencias encontradas entre las líneas superiores (8, 10 y 23) e inferiores (33 y 7) se deberían a un mayor peso de mil semillas, mayor contenido y mayor porcentaje de endosperma córneo (textura más vítrea) (Savin y Sorlino, 2003; Couretot y Ferrearis, 2003). Las diferencias encontradas entre la línea 8 y 7 pueden explicarse debido a que la primera posee una textura más vítrea, de coloración rojiza, y una relación largo/ancho menor. Estas diferencias poseen una verdadera importancia en la comercialización, dado que las mermas de calidad influyen negativamente en el precio final del grano.

El valor medio demuestra que la población estaría dentro de lo establecido por la Secretaría de Agricultura (1997) para los “*Maíces Plata*”. Según Andrade *et al.* (1998), el mejoramiento por el aumento del potencial de rendimiento, produce una caída en la dureza y en el peso individual del grano, pero no afecta su peso hectolítrico. Esto concuerda con los resultados hallados donde el valor peso hectolítrico medio de las líneas es similar e incluso superior a los encontrados por Couretot *et al.* (2004) en los híbridos que actualmente están en el mercado.

Tamaño y forma del grano

El ancho medio del grano en la población fue de $7,07 \pm 0,3$ mm, las líneas que superaron este valor fueron la 34, 36, 27, 23, 33, 10; las dos primeras superaron la media en 0,3 mm, lo cual equivale a un 4 %. El ANOVA mostró diferencias altamente significativas ($F = 2,74$ $p < 0,004$) entre las líneas para el carácter.

Las líneas 34 y 36 mantuvieron un ancho de grano significativa (Duncan $p < 0,05$; Tabla 5) y superior a las líneas 21, 8 y 7. La línea 7 fue significativamente inferior al resto. Las diferencias a favor de las líneas 34 y 36 respecto a la 7 es de 0,55 mm correspondiente a un 8,1%.

La variación existente en el ancho del grano entre las líneas medio hermanas puede observarse en la Figura 5.

La longitud media del grano en la población fue de $8,2 \pm 0,4$ mm. Las líneas que superaron este valor fueron las líneas 35, 36, 21, 27, y 7, dentro de este grupo solo la línea 35 mostró ser superior y diferente a la línea 8. La diferencia que mantuvo el material superior 35 con la media poblacional fue de 0,4 mm, equivalente al 5,4 %.

Se comprobó que estadísticamente existieron diferencias altamente significativas entre las líneas ($F = 6,20$ $p < 0,0001$), en la longitud del grano. La línea 35 fue significativamente superior a las líneas 7, 34, 10, 33, 23 y 8 (Duncan $p < 0,05$) (Tabla 5), manteniendo con esta última de inferior comportamiento una diferencia de 0,8 mm equivalente a un 10,8 %. Las

restantes líneas no mostraron diferencias significativas. La variación en el largo del grano se presenta en la Figura 5.

La relación largo/ancho media del grano en la población fue de $1,17 \pm 0,06$ (Tabla 2).

El caracter evaluado mostró diferencias altamente significativas ($F = 5,82$ $p < 0,0001$), entre las líneas. La línea 35 presentó una media significativamente (Duncan $p < 0,05$) (Tabla 6), superior y diferente al resto, excepto a las líneas 21 y 7.

La variación en la relación entre el largo y ancho en la población de líneas de maíz se presenta en la Figura 7.

El valor medio poblacional fue de $4,1 \pm 0,28$ mm El análisis de la varianza mostró diferencias altamente significativas entre las líneas ($F = 2,76$ $p < 0,004$). Las líneas que superaron la media fueron la 23, 36, 35 y 34, observándose que no existen diferencias significativas dentro de este grupo superior.

La línea 23 es significativamente superior a las líneas 27, 8, 33, 10 y 7 (Duncan $p < 0,05$); (Tabla 6). La superioridad presentada por la línea 23 respecto de la 7, fue de 0,5 mm equivalente a un 13 %.

La medida del espesor del grano mostró variaciones en las líneas como se observa en la Figura 5.

La forma superior del grano no presentó variación entre las líneas de maíz local.

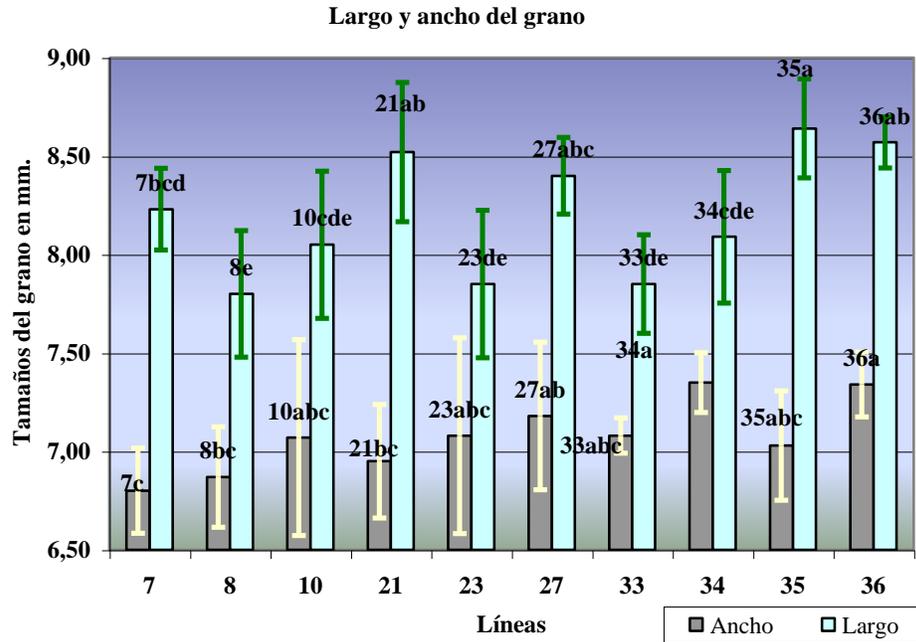
El largo, el ancho y el espesor definen la forma del grano, la cual es una variable que repercute en el análisis comercial de peso hectolítrico y en el peso de mil semillas. En esta variable se aplicó submuestreos, en las repeticiones de cada tratamiento.

Tabla 5. Diferencias entre las medias de tamaño del grano en las líneas

N	Línea	Ancho(mm)	Línea	Largo(mm)
50	34	7,35 a	35	8,64 a
50	36	7,34 a	36	8,57 ab
50	27	7,18 ab	21	8,52 ab
50	23	7,08 abc	27	8,40 abc
50	33	7,08 abc	7	8,23 bcd
50	10	7,07 abc	34	8,09 cde
50	35	7,03 abc	10	8,05 cde
50	21	6,95 bc	33	7,85 de
50	8	6,87 bc	23	7,85 de
50	7	6,80 c	8	7,80 e

Las letras distintas indican diferencias estadísticamente significativa en largo y ancho de semilla, con un $p < 0,05$.

Figura 5: Variaciones en las líneas medio hermanas de maíz local evaluadas en Río Cuarto (Cba), en el tamaño medio del grano expresas en mm.



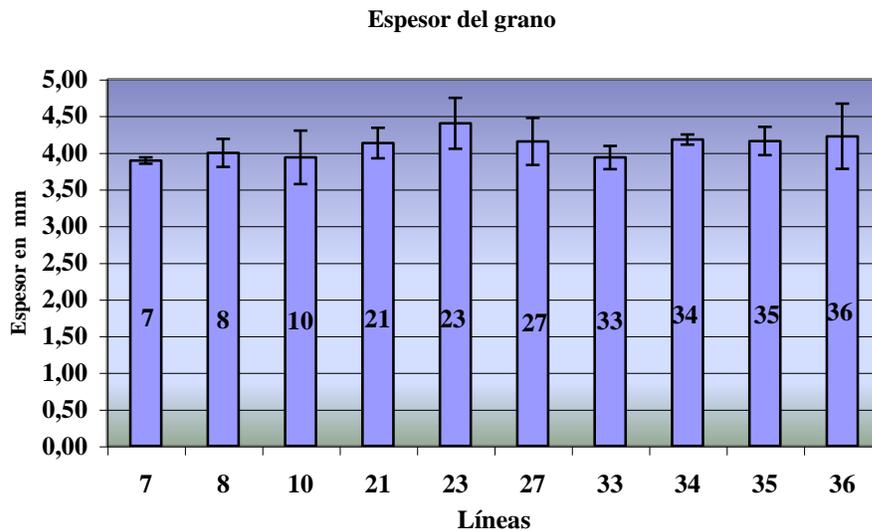
Los números hacen referencias a las líneas y las letras indican deferencias estadísticas significativas entre los valores medios de las líneas medio hermanas de maíz local.

Tabla 6. Diferencia entre las medias de relación (L/A) y espesor entre las líneas.

Línea	Relación(L/A)	Línea	Espesor(mm)
35	1,251 a	23	4,40 a
21	1,243 ab	36	4,21 ab
7	1,227 ab	35	4,18 ab
36	1,177 bc	34	4,17 ab
27	1,177 bc	21	4,09 b
10	1,145 c	27	4,03 b
8	1,143 c	8	3,99 b
33	1,115 c	33	3,93 b
23	1,115 c	10	3,93 b
34	1,108 c	7	3,89 b

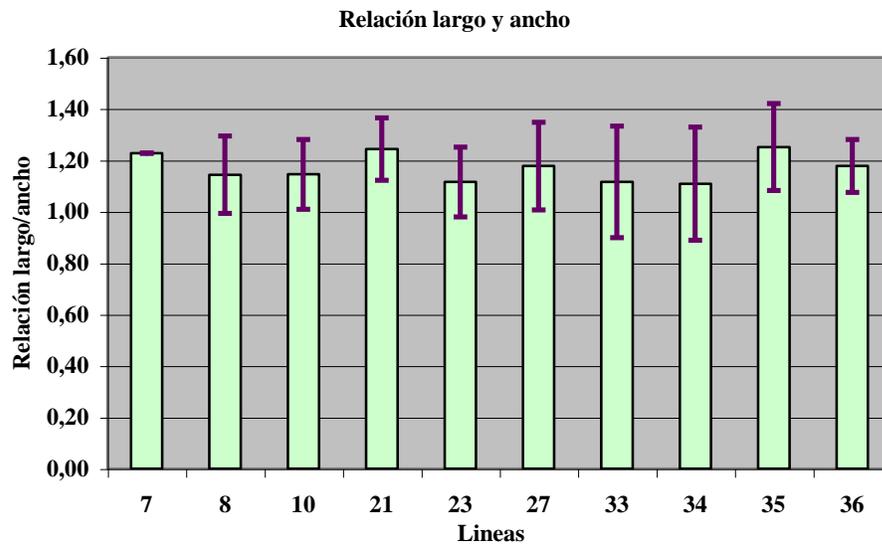
Las letras distintas indican diferencias estadísticamente significativa en espesor y relación L/A con un $p < 0,05$.

Figura 6: Variación entre la líneas medio hermanas de maíz local evaluadas en Río Cuarto (Cba), en el espesor expresada en mm.



Los números hacen referencias a las líneas y las letras indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$).

Figura 7: Variación entre la líneas medio hermanas de maíz local evaluadas en Río Cuarto (Cba), en la relación (L/A).



Según la relación largo/ancho la forma que describe el grano es redondeado (4 en la escala del IBPGR, 1991), ya que la sección transversal prácticamente no tiene diferencias con

la sección longitudinal. No se apreciaron hendiduras en las coronas de las semillas, por lo que se trata de granos de forma del borde superior redondeado (4 en la escala del IBPGR, 1991).

Estas características también indican que la población de líneas estudiadas cumpliría con las normas de calidad exigidas por el Secretaria de Agricultura (1997) y dentro de los parámetros hallados para este tipo de maíces por Solari y Gómez (1997).

Viabilidad y Poder germinativo

Energía germinativa

La energía germinativa (vigor) promedio de la población fue de $61,4 \pm 8$ % (Tabla 2) y el rango 53,3-71,3 %, valores que corresponden a las líneas 36 y 8 respectivamente (Tabla 7).

El vigor de las líneas demostró diferencias significativas ($F = 2,82$ $p < 0,0291$) entre ellas. Las líneas 8, 35, 33, 23, y 7 superaron la media, pero dentro de este grupo superior ninguna mostró ser significativamente diferente al resto. La línea 8 se aleja en 10 plántulas cada 100 respecto de la media poblacional, lo cual equivale a una diferencia del 16 % de vigor.

La línea 8 demostró tener un valor medio superior y significativo (Duncan $p < 0,05$), (Tabla 7) respecto a las líneas 10, 21, 34, 27 y 36. La diferencia hallada entre las líneas de superior e inferior energía germinativa; 8 y 36 respectivamente, fue en promedio de 18 plántulas vigorosas de 100, por lo que la primera fue un 33,37 % superior.

Las variaciones en la energía germinativa en la población se muestran en la Figura 8.

Según lo expuesto por Paulsen *et al* (1983) la diferencias encontradas puede deberse a que la línea 8 posee una mayor dureza referida a una mayor relación endosperma córneo/amiláceo, y mayor porcentaje endosperma córneo, por tanto mayor resistencia física al daño, además es un grano pequeño de endosperma córneo (Andrade *et al.*, 1998). Coincidentemente con lo hallado por Zarantín *et al.*, (2001) la línea colorada de textura más vítrea tuvo mejor comportamiento.

Plántulas normales vigorosas

El valor medio poblacional fue de $80,4 \pm 9$ % y el rango de 68,6-92 % (Tabla 2), correspondientes a las líneas 27 y 21 respectivamente (Tabla 7).

Se hallaron diferencias altamente significativas ($F = 5,09$ $p < 0,0016$), entre las líneas de maíz local en plántulas normales vigorosas. Las líneas 21, 8, 31 y 23, tuvieron un valor superior a la media poblacional pero ninguna mostró ser significativamente diferente al resto.

La diferencia del material superior respecto a la media poblacional fue en promedio de 12 plántulas en 100, equivalente a un 15 %.

La línea 21 tuvo un comportamiento superior y significativo (Duncan $p < 0,05$), (Tabla 7) respecto a las líneas 34, 36, 33, 7, 10 y 27.

La diferencia media que separa a la línea 21 respecto a las líneas con inferior performance (27-10) fue de 29 plántulas normales vigorosas en 100, equivalente a un 33 %.

Las variaciones encontradas en el porcentaje de plántulas normales vigorosas se observan en la figura 8.

Poder germinativo

El poder germinativo medio poblacional fue de $87,6 \pm 6$ % y el rango medio de 76,6-96 % (Tabla 2), pertenecientes a las líneas 27 y 21 respectivamente (Tabla 7).

El resultado del ANOVA expresó que existían diferencias altamente significativas ($F = 4,77$ $p < 0,0024$) entre las líneas para el carácter evaluado.

Las líneas que superaron la media fueron 21, 35, 8, 23, 34, 36 y 33, entre las cuales no existieron diferencias significativas en sus valores medios. La línea superior (21-35), se separa de la media poblacional en 8,4 plántulas de 100, equivalente a un 9,6.

Las líneas 21 y 35 mostraron una superioridad significativa (Duncan $p < 0,05$), (Tabla 7) respecto a las líneas 7, 10 y 27. La línea 27 fue notoriamente inferior, su valor medio se separa en 20 plántulas cada 100, equivalente a 25,33 %, respecto a la línea superior (21).

Contrariamente a lo expuesto por Peterson *et al.* (1995) la línea 27 que mostró ser más chata, tuvo una germinación inferior, por lo que puede explicarse por una semilla de menor contenido de endosperma córneo.

La calidad fisiológica de la semilla puede afectar el rendimiento y la respuesta a la densidad del cultivo (Pascale, 2003). Los valores de energía germinativa en la población de líneas están muy por debajo de las tolerancias exigidas por el ISTA (1996), en tanto el poder germinativo es levemente inferior. Esto muestra que tendremos una menor performance en tiempo de almacenamiento, semillas con mayor riesgo de ser afectadas por condiciones de estrés en la cama de siembra; por lo tanto veremos afectado el primer componente del rendimiento (CIMMYT, 1988; 1994), que en el cultivo de maíz doble propósito debido a la mayor densidad óptima, veremos a cosecha disminuida la producción de MS/ha. Aunque, la producción de macollos (plasticidad vegetativa) disminuye marcadamente el impacto del menor stand de plantas en el rendimiento (Andrade *et al.*, 1998). Futuras evaluaciones de

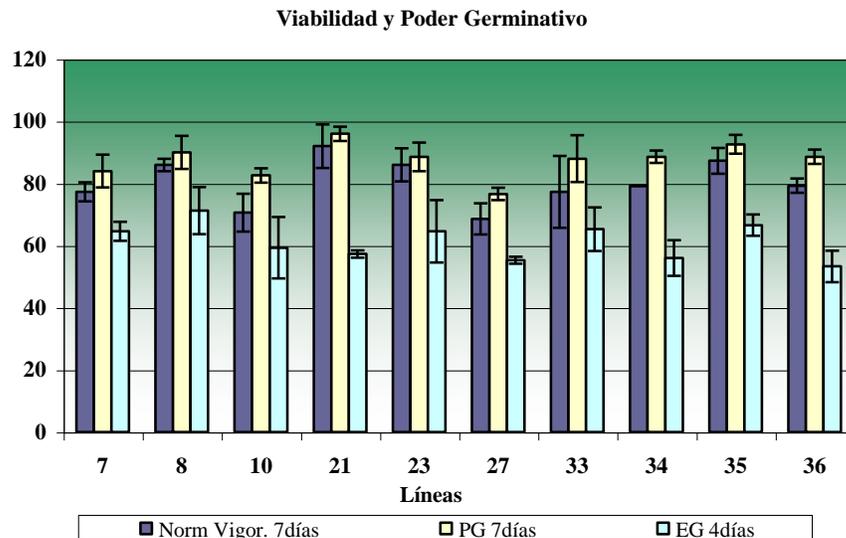
rendimiento y calidad proveería información más exacta del comportamiento de las líneas frente al bajo vigor.

Tabla 7: Diferencias estadísticas en los valores medios de viabilidad y Poder Germinativo entre las líneas.

Línea	N	E.Germ 4 Dias(%)	Normales Vigorosas Línea (%)	PG 7 Dias (%)
8	3	71,3 a	21	92,0 a
35	3	66,6 ab	35	92,6 a
33	3	65,3 ab	8	90,0 ab
23	3	64,6 abc	23	88,6 ab
7	3	64,6 abc	34	88,6 ab
10	3	59,3 bc	36	88,6 ab
21	3	57,3 bc	33	88,0 ab
34	3	56,0 bc	7	84,0 bc
27	3	55,3 bc	10	82,6 bc
36	3	53,3 c	27	76,6 c

Las letras distintas indican diferencias estadísticamente significativa en la calidad fisiológica de la semilla con un $p < 0,05$.

Figura 8: Variaciones en la calidad fisiológica en las semillas de las líneas medio hermanas de maíz local evaluadas en Río Cuarto (Córdoba), expresadas en porcentaje.



Dureza

El contenido de endosperma córneo medio poblacional fue de $1,43 \pm 0,14$ gramos por grano (Tabla 2). El análisis estadístico permitió comprobar que existieron diferencias

altamente significativas ($F = 5,52$ $p < 0,001$) entre las líneas en la cantidad de endosperma córneo.

Las líneas que superaron el valor de la media fueron 21, 36, 23, 10, 35 y 8, no habiendo entre ellas diferencias significativas. La diferencia que separa a las tres líneas superiores 21, 36 y 23 del promedio fue de un 9,7 % lo cual equivale a 0,14 gramos por grano.

Las líneas 21, 36 y 23 mostraron valores de contenido de endosperma córneo significativamente (Duncan $p < 0,05$) (Tabla 8) superiores a las líneas 34, 7, 33 y 27. La diferencia promedio entre este grupo superior y la línea 27 de inferior comportamiento fue de 0,31 gramos por grano, equivalente a un 24,6 %.

En la Figura 20 se presenta la variación en el contenido de endosperma córneo en las líneas de maíz local.

El relación endosperma córneo/amiláceo de la población fue de $3,30 \pm 0,37$, y el rango de 2,85-4,12 (Tabla 2) donde el valor mínimo corresponde a la línea 34 y el máximo a la 8 (Tabla 8).

El análisis de datos de relación endosperma córneo/amiláceo no mostró diferencia significativa entre las líneas, sin embargo la línea 8 se mostró como la de mejor comportamiento siendo claramente superior a la línea 34 (Tabla 8), la cual fue la línea de menor dureza.

El valor porcentual de endosperma córneo en la población fue de $76,41 \pm 2,79$ % y el rango es de 73,9-80,4 %, pertenecientes a las líneas 34 y 8 respectivamente.

El porcentaje de endosperma córneo del grano no tuvo diferencias significativas entre las líneas de maíz local, pero se puede observar que la línea 8 es claramente superior a la 34 (Tabla 8).

Este porcentaje medio es claramente superior a lo establecido por las Normas de comercialización de maíz en Argentina que clasifica por tipo comercial al maíz duro como aquel que tiene textura vítrea y más del 50 % de endosperma córneo (Casini, 1995). La población de líneas de maíz posee una textura cristalina o vítrea, tal como lo encontrara Solari y Gómez (1997), en este tipo de maíces.

La dureza es una propiedad intrínseca del grano que se expresa generalmente en su resistencia a la acción mecánica o al quebrado durante la cosecha y la postcosecha. Esa resistencia, que determina la calidad que posee el grano para su uso y conservación, se relaciona en forma directa con la dureza del endosperma, que a su vez, se debe a la relación entre los endospermas córneo y harinoso. Tanto mayor será la dureza del grano, cuanto mayor sea la proporción de endosperma córneo que lo componga.

Los métodos más adecuados para medir la dureza emplean molinos especiales para determinar el tiempo de molienda o la potencia requerida. Asimismo, diversos autores establecieron ecuaciones que estiman el grado de textura o dureza del grano a partir de parámetros de fácil medición correlacionados con dicho carácter (como por ejemplo, a partir del porcentaje de proteína y aceite del grano, y de su peso hectolítrico). Así mismo existe otro método llamado prueba de flotación (Andrade *et al.*, 1998).

Los métodos utilizados para caracterizar la dureza muestran variación de la calidad física; pero no permite hacer un contraste con los valores encontrados en los métodos propuestos en la bibliografía. Según Andrade *et al.*, (1998) y Cirilo *et al.*, (2003) la dureza se relaciona en forma directa con la dureza del endosperma, que a su vez, se debe a la relación entre los endospermas córneo y harinoso, y está asociada con su densidad (peso hectolítrico); por lo tanto la línea 8 sería el material que presente la mayor dureza.

Además esta línea posee el mayor porcentaje de endosperma córneo y como la fracción córnea del endosperma, el almidón y la proteína se encuentran muy fuertemente ligados, contrariamente a la fracción harinosa que sólo están débilmente ligados (Andrade *et al.*, 1998; Cirilo *et al.*, 2003), sería otra característica determinante de mayor dureza.

Tabla 8: Diferencias entre los valores medios de dureza en las líneas.

Línea	N	End corn(G)		Línea	Relac C/A	Línea	%end Cor
21	3	1,58	a	8	4,12	8	80,46
36	3	1,58	a	10	3,69	10	78,53
23	3	1,55	a	33	3,36	33	76,62
10	3	1,49	ab	23	3,32	23	76,55
35	3	1,49	ab	7	3,24	7	76,25
8	3	1,43	abc	21	3,21	21	76,09
34	3	1,35	bc	35	3,19	35	76
7	3	1,31	c	27	3,13	27	75,63
33	3	1,29	c	36	2,88	36	74,11
27	3	1,26	c	34	2,85	34	73,9

Las letras distintas indican diferencias estadísticamente significativa en el contenido de endosperma córneo del grano y la relación entre endosperma córneo y amiláceo con un $p < 0,05$.

VARIABLES CUALITATIVAS

Color del grano

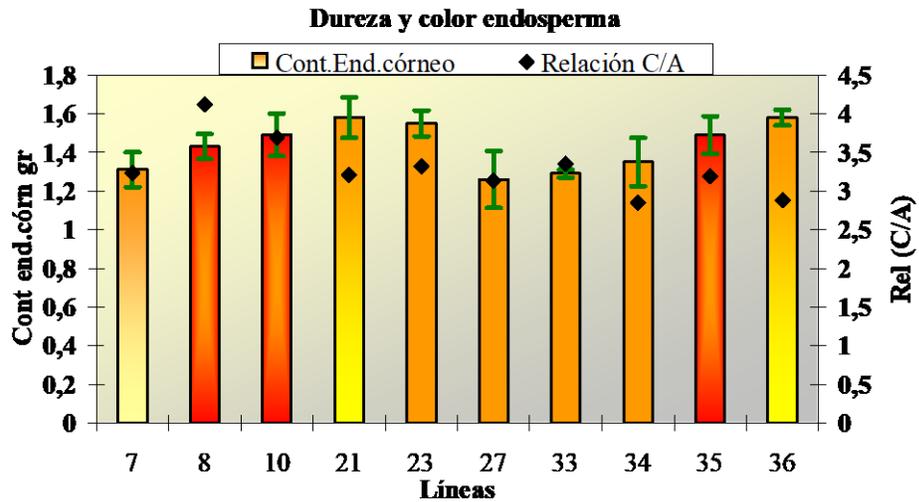
Del análisis del color del grano se pudo observar que tanto la coloración del pericarpio como la de la aleurona no presentaron variaciones entre las líneas. Ambos mostraron ser predominantemente incoloros (1 en la escala propuesta por el CIMMyT, Tabla 9). En tanto el color del endosperma córneo mostró en la prueba de Kruskal Wallis, que las líneas tuvieron diferencias altamente significativas en la coloración de este tejido ($H = 40,55$ $p < 0,0001$). Los colores permiten hacer una división clara entre las líneas (Tabla 9).

Tabla 9: Diferencias en el color del endosperma del grano en las líneas.

Líneas	Color del endosperma
8	a Anaranjado rojizo
10	a Anaranjado rojizo
35	a Anaranjado rojizo
34	cde Anaranjado
27	cdef Anaranjado
23	def Anaranjado
33	ef Anaranjado
7	fg Anaranjado anaranjado-amarillento
36	g Anaranjado amarillento
21	g Anaranjado amarillento

Las letras distintas indican diferencias estadísticamente significativa de coloración del grano con un $P < 0,05$.

Figura 9: Variación entre las líneas medio hermanas de maíz local evaluadas en Río Cuarto (Cba), en el contenido de endosperma córneo expresado en gramos por grano, la relación endosperma córneo/amiláceo (C/A) y el color del endosperma.



Color del Endosperma

- Anaranjado rojizo
- Anaranjado
- Anaranjado amarillento
- Anaranjado a anaranjado-amarillento.

La coloración del endosperma varía desde el anaranjado rojizo a anaranjado anaranjado-amarillento. Dentro de esta población sólo 3 líneas (8, 21, 35) están dentro de la coloración deseable para los maíces clasificados como “*Maíces Colorados Duros de Primera Calidad*” según lo que establece la resolución dictada por la SAGPyA (Durand, 1997). El color anaranjado del endosperma es el más predominante entre las líneas. La aleurona y el pericarpio son incoloros. La coloración de los tejidos del grano son coincidentes con los hallados por Solari y Gómez (1997) para este tipo de germoplasma estudiados en Argentina.

VARIABILIDAD GENÉTICA

Dentro de la población de líneas, las diferencias en los CV de los caracteres evaluados, podría indicar una respuesta diferencial a la selección. Dentro de esa variación existente, es importante estudiar aquella que es debida a causas genéticas.

Los caracteres mostraron un grado de determinación genética que varía entre 12,42 % y 26,79 %; y el CV_G de los caracteres entre 2,16-13,37 %.

De acuerdo a estos valores se halló que el porcentaje de endosperma córneo, espesor del grano, y el ancho presentan una HSA baja, la relación largo/ancho, longitud, relación endosperma córneo/amiláceo, peso hectolítrico y peso de mil semillas presentó una heredabilidad levemente baja; y los caracteres de calidad fisiológica y contenido de endosperma corneo (textura), evidenciaron una heredabilidad mediana.

Por lo que, la energía germinativa, porcentaje de plántulas normales vigorosas, poder germinativo y contenido de endosperma córneo, por mostrar los valores de HSA más altos, presenta mejores perspectivas de éxito a la selección que los demás caracteres, tal como lo plantea Alvarez (1991). De estos caracteres el que mostró mayor variación genética ($CV_G=10,75$) fue la energía germinativa. Esta mayor variación genética, puede ser aprovechada a través del mejoramiento por selección. Mientras que de los demás caracteres se espera un progreso mas lento al mejoramiento por selección. Asimismo los valores son consistentemente superiores en contraste con los hallados en los caracteres de rendimiento por Reynoso *et al.*(1996)

Los valores de GDG en los caracteres de calidad comercial son claramente inferiores a los encontrados por Hallauer y Miranda (1988), y medianamente inferior a los valores mencionados por Hallauer y Miranda, 1988 en 100 poblaciones de maíz estudiadas en España por Galarreta Gomez, y por Brun *et al.*, (2004) en las líneas endocriadas y sus respectivos cruzamientos dialélico de maíz forrajero.

Mientras que en los caracteres de calidad física y fisiológica, se esperan altas heredabilidades (> 70%) por lo estudiado por los investigadores (Johnson y Rusell, 1982; Hallauer y Miranda, 1988), mostraron ser claramente inferiores. Pero estos mismos autores exponen, valores más cercanos en textura y color hallados por Galarreta Gómez.

Los CV_G son semejantes a lo expuesto por Hallauer y Miranda, (1988) y Reynoso *et al*, (1996).

Tabla 10: Grado de Determinación genética (GDG) de caracteres cuantitativos en las líneas medio hermanas de maíz local.

Carácter	GDG (%)	CV_G	Carácter	GDG (%)	CV_G
Peso de mil	19,44	7,01	E.germinativa	25,88	10,75
Peso Hect	19,91	2,16	Plant norm vigor	26,79	8,34
Espesor	12,78	9,38	P.germinativo	26,34	5,45
Largo	16,74	11,17	Relac(C/A)	17,16	8,12
Ancho	12,70	6,54	Cont endosp	26,82	7,43
Relac(L/A)	16,56	13,37	% endosp córneo	12,42	1,54

El mejoramiento del maíz está basado fundamentalmente en la producción de híbridos entre líneas derivadas de un programa de mejoramiento de poblaciones, con el objetivo de explotar la heterosis e incrementar los rendimientos (Benavidez y Jasa, 1993). Este fenómeno ha sido también demostrado en los cruces entre variedades o híbridos no convencionales (Richey, 1992; Lonquist y Gardner, 1961; Gómez, 1977 y Vasal *et al.*, 1988).

Debido a lo expuesto se espera tener mejor expresión de los caracteres evaluados en combinaciones híbridas. Existen evidencias de esto en el trabajo de Brun *et al* (2004) donde los valores de peso de mil semillas mejoraron en cruzamientos dialélicos en líneas de maíz forrajero.

Numerosos resultados sugieren un control genético aditivo para la mayoría de los caracteres de la calidad, por lo que es factible el mejoramiento por selección (Eyherabide *et al.*, 1992).

De acuerdo a esto, posiblemente las líneas 8, 35 y 36 tengan la potencialidad para desarrollar, a partir de sus cruzamientos, materiales con buenas características agronómicas y calidad comercial de grano.

La alta calidad de grano para la alimentación animal, estaría definida por el contenido de pigmentos carotenoides, los valores de energía metabolizable verdadera superiores a los dentados con mayor concentración de aceite en grano (Cirilo, 2003), y por mantener un ambiente ruminal más apto y un consumo más estable (Peralta *et al.*, 2004).

Dado que el grano es el componente más digestible de la planta (bajo contenido de pared celular y altamente digestible), el contenido de espiga debería tenerse en cuenta como prioridad, ya que mejora la calidad técnica y biológica del silaje de maíz (Alessandro, 2002).

Características del grano en líneas medias hermanas de maíz (*Zea mays* L.) local.



Un grano de mayor tamaño, peso de mil granos y peso hectolítrico aportaría a mejorar el rendimiento en grano.

La alta calidad fisiológica definiría un mejor establecimiento del cultivo aún en condiciones adversas de cama de siembra (Pascale, 2003), permitiendo lograr la densidad óptima. Con una mayor dureza de grano que resguarde la calidad de la simiente y grano, ante los procesos de deterioro involucrados en la pre y postcosecha.

Esto se explica porque la línea 8 posee una coloración rojiza tipo flint, aleurona y pericarpio incoloro, calidad fisiológica superior, mejor expresión de la dureza, y mayor calidad comercial determinada por su alto peso hectolítrico. La línea 35 posee características similares a la anterior pero las dimensiones del grano son notables. Es un grano profundo, ancho y redondo y con un alto peso hectolítrico. Por último se consideró a la línea 36 por su alto peso de mil semillas y peso hectolítrico. La energía germinativa, dureza y coloración no son deseables pero en combinaciones híbridas se pretende mejorar la expresión de estos caracteres.

CONCLUSIÓN

De la población de líneas ~~medi~~ as-hermanas de maíz local, se concluye que:

- El peso de mil granos presenta valores consistentemente bajos.
- El peso hectolítrico demuestra tener valores medios a superiores a los requeridos por las Normas de Comercialización en Argentina.
- Los granos en general son de tamaño mediano, no presentan hendiduras en la corona, su forma superior es redondeada. La sección transversal prácticamente no tiene diferencias con la sección longitudinal, por lo tanto la forma del grano es redondeado.
- Los granos poseen un endosperma de textura cristalina vítrea, y una coloración que varía desde el anaranjado rojizo al anaranjado a anaranjado-amarillento, con predominancia del anaranjado. La aleurona y el pericarpio son incoloros.
- Dado el porcentaje de endosperma córneo y la textura, estos materiales se clasifican por tipo comercial dentro de los maíces duros.
- La energía germinativa está por debajo de las tolerancias exigidas, en tanto el poder germinativo es levemente inferior.
- Los caracteres cuantitativos mostraron valores de HSA medianos a bajos.
- La energía germinativa presenta una mayor probabilidad de éxito en la selección.
- Las líneas medias hermanas mostraron diferencias altamente significativas entre los caracteres del grano, excepto en la relación endosperma córneo/amiláceo, porcentaje de endosperma córneo; color de la aleurona y pericarpio.
- Las líneas 8, 35 y 36 tienen la potencialidad para desarrollar, a partir de sus cruzamientos, materiales con buenas características agronómicas y calidad comercial de grano.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguerrezábal, L y Andrade, F. 1998. Calidad de productos agrícolas. Bases ecofisiológicas, genéticas y de manejo agronómico. Unidad Integrada Balcarce. Bs.As. 2: 72-137.
- Alessandro, S. 2002. Variabilidad y parámetros genéticos en caracteres morfofisiológicos de maíz para silaje. Resumen. <http://www.fcagr.unr.edu.ar/posgrado/paginas/tesis.htm#11>.
- Alessandro, M.S; Carrete, J.R; Rimieri, P. 2003. Variabilidad genética para ciclos, estructura y calidad de maíz para silaje de planta entera. XXXII Congreso Argentino de genética. XXXVI Congreso Chileno de genética. IV Jornadas Argentino-Chilenas de genética. Actas de resúmenes: Volumen XV. GMV 48. S 2-125. Córdoba. Argentina.
- Alvarez, D. 1991. Variabilidad, Progreso genético, correlaciones y casualidad de caracteres de Girasol (*Helianthus annuus* L.). Revista Agropecuaria de Manfredi y Marcos Juarez. Publicación semestral v2 p39. INTA Centro Regional Córdoba.
- Andrade F.H., Vega C., Uhart S.A., Cirilo A.G., Cantarero M.G., Valentinuz, O. 1999. Kernel number determination in maize. *CropScience*, 39:453-459.
- Andrade, F.H. y Sadras, V. 2002. Bases para el manejo del maíz, el girasol y la soja. INTA. EEA Balcarce. Cap: 2.
- Andrade, F. 2003. Avances en ecofisiología del cultivo de maíz <http://www.inta.gov.ar/Balcarce/infodocumentos/agric/cereales/maiz/ecofis/avances.htm>.
- Andrade, R.V; Auzza, S.A.Z; Andreoli, C; Netto, D.A.M; Oliveira, A.C; Oliveira, A.C. 2001. Qualidade fisiologica das sementes do milho hibrido simples HS 200 em relação ao tamanho. *Ciencia e Agrotecnologia*. 25: 3, 576-582; 19 ref. Sete Lagoas, MG, Brazil.
- Andreoli, C. 2001. Matricconditioning intedrated with chemical and biological seed treatments to improve germination and stand establishment of corn, cotton, soybean, and sweet corn. *Informativo Abrates*. v.11-n.2:62.
- Asprelli, P; Cravero, V; Cointry, E. 2001. Evaluación de la variabilidad presente en una población de clones de Alcaucil (*Cynara scolymus* L.). *Revista de Investigación*.
- Batistella-Filho, F; Moro, F.V, Carvalho, N.M. 2001. Efeitos da redução na proporção de sementes distais sobre o desempenho germinativo e rendimento de sementes arredondeadas de Milho (*Zea mays* L.). *Informativo Abrates* v.11-n2: 80.
- Benavidez, R y Jasa, P.1993. Evaluación de efectos aditivos y no aditivos en poblaciones de maíz. INTA. EEA Pergamino. Informe Técnico N° 284. 12 p.

- Borges, J.W.M, Vilella, F.A; Peske, S.T; Tillmann, M.A.A. 2001. Trincamiento interno e qualidade de sementes de Milho. Informativo Abrates. v.11-n.2: 196.
- Borrás L., Otegui, M.E. 2001. Maize kernel weight response to post-flowering source-sink ratio. *Crop Science*, 41:1816-1822.
- Borrás L., Curá J.A., Otegui, M.E. 2002. Maize kernel composition and post-flowering source-sink ratio. *Crop Science*, 42:781-790
- Bos, I. y Caligari, P. 1995. Selection methods in plant breeding. New York, NY, USA, Chapman and Hall. 347 pp. <http://www.fao.org/DOCREP/003/X7650S/x7650s06.htm>
- Brun, A., V. Ferreira, E. Grassi y B. Szpiniak. 2003. Maíz con fines forrajeros: aptitud combinatorio y formación de compuestos. Seminario Acad. Científico UN Río Cuarto. Río Cuarto, Córdoba.
- Brun, A., E. Grassi, B. Szpiniak y V. Ferreira. 2004a. Aptitud para el cruzamiento en un dialélico de maíz. XIX Seminario Panamericano de Semillas. Conf. y Res.: 357. Asunción, Paraguay.
- Brun, A., E. Grassi, B. Szpiniak y V. Ferreira. 2004b. Maíz forrajero: tolerancia a la endocria y cruzabilidad. XXXIII Congreso Argentino de Genética. Malargüe, Mendoza. Aceptado.
- Casini, C. 1995. Cosecha anticipada y secado. Cosecha, secado y almacenaje de Maíz. Cuaderno de actualización 14. 51-53. INTA PROPECO. Manfredi. Córdoba.
- Centeno, A. 2003. Art. Para Silo: ¿Qué Maíz Sembrar? Unidad de Extensión y Experimentación San Francisco. Córdoba [http://www.elsitioagricola.com/articulos/centeno / Para%20Silo%20que%20Maiz%20Sembrar%20-%202003.asp](http://www.elsitioagricola.com/articulos/centeno/Para%20Silo%20que%20Maiz%20Sembrar%20-%202003.asp).
- CIMMYT. 1988. Maize production regions in developing countries. Mexico, DF, Maize Program, CIMMYT. <http://www.fao.org/DOCREP/003/X7650S/x7650s06.htm>.
- CIMMYT. 1994. 1993/94 world maize facts and trends. Mexico, DF, CIMMYT. <http://www.fao.org/DOCREP/003/X7650S/x7650s06.htm>
- Cirilo A.G., Andrade F.H. 1996. Sowing date and kernel weight in maize. *Crop Science*, 36:325-331.
- Cirilo, A. Masagué, A. Tanaka, W. Di Martino, A. 2003. Maíz colorado duro: el manejo del cultivo y la calidad comercial. EEA: Pergamino. INTA. Bs.As. <http://www.inta.gov.ar/balcarce/info/documentos/agric/cereales/maiz/sis/cirilo.htm>
- Couretot, L y Ferraris, G. 2003. Ensayo comparativo de híbridos comerciales de Maíz en el área de Colón-Wheelwright. Proyecto Regional Agrícola. INTA. EEA Pergamino. www.inta.gov.ar/pergamino_11mayo04.htm.

- De Dios C. A, Puig. C, Robutti. J.L. 1992. Tipificación de los maíces por algunos caracteres de sus granos. Informe Técnico 265. INTA, CRBAN, EEA Pergamino.12 páginas.
- Durand, D.J. 1997. Reglamentaciones oficiales Argentinas. Ciencia y Técnica Agropecuaria.
- Eyherabide, G; Puig, J; Robutti, L. 1992. Análisis de los caracteres asociados a la textura cristalina del grano en cuatro cultivares de maíz. En: Actas del V Congreso Nacional de Maíz y II Reunión Sudamericana de Maíz. AIANBA-INTA-CIMMYT; Pergamino. Argentina. I:1-7.
- Falconer, D.S. 1989. Introduction to quantitative genetics, 3rd ed. London, Longman. <http://www.fao.org/DOCREP/003/X7650S/x7650s06.htm>.
- Fao. 2004. Introducción al maíz y su importancia. <http://www.fao.org/DOCREP/003/X7650S/x7650s06.htm>.
- Fao. 2004. Maíz para Forraje. <http://www.fao.org/DOCREP/003/X7650S/x7650s06.htm>
- Fernández, E. 1997. Calidad de semillas: Girasol, soja y maní. Departamento de Producción Vegetal. Universidad Nacional de Río Cuarto. Pag: 1-2.
- Freund, R. J. and Littell, R. C. 1981. SAS for linear models. U. S. A.
- Gomez, G. 1977. Heterosis en cruzamientos inervarietales y su importancia en los programas de cruzamiento. IDIA. (Supl.Nº 32): 44-47.
- Grassi, E., L. Reynoso, B. Szpiniak y V. Ferreira. Agrupamiento de cruza top-cross de maíz en base a sus características sileras o graníferas. 2002. XXXI Congreso Argentino de Genética, JBAG 15 (Suppl.): 117. La Plata.
- Grassi, E., M. Cavallo, B. Szpiniak y V. Ferreira. 2003. Estimaciones de la variación en líneas endocriadas de maíz local seleccionadas con fines forrajeros. Seminario Académico Científico UNRC, XXXII Cong. Arg. y IV Jorn. Argentino-Chilenas de Genética. JBAG 15(2) Supplement: 125. Huerta Grande, Córdoba, Argentina.
- Grupo del Banco de germoplasma, 2004. Recursos genéticos. INTA. Pergamino. Bs.As. <http://www.inta.gov.ar/pergamino/investiga/grupos/bcogermoplasma/bcomaiz.htm>.
- Hallauer, A. R. and Miranda Filho, J. B. 1988. Quantitative genetics in maize breeding. 2nd Ed. Iowa State University Press, Ames, Iowa. U. S. A.
- IBPGR, 1991. Descriptors for Maize. International Maize and Wheat Improvement Center, Mexico City/International Board for Plant Genetic Resources, Rome.
- ISTA, 1996. International Rules for Seed Testing. Zürich, Switzerland.
- Jacob, E.A; Meneghello, G.E; Ferreira, A.L.B; Peres, W.B; Moraes, D.M; Concenço, G; 2004. Influência do tamanho e da forma de sementes de híbrido de milho simple no

- vigor e establecimiento inicial de plântulas. XIX Seminario Panamericano de Semillas. Conferencias y resúmenes presentados. Sesión 1. Resúmenes 011.pag.231. Paraguay.
- Jacob, E.A; Meneghello, G.E; Ferreira, A.L.B; Saravia, C.T; Caldeira, F.F; Peres, W.B; Moraes, D.M. 2004. Efeito da forma e da largadura na qualidade fisiológica em sementes de milho híbrido. XIX Seminario Panamericano de Semillas. Conferencias y resúmenes presentados. Sesión 1. Resúmenes 007.pag.227. Paraguay.
 - Johnson, D y Russell, A. 1982. Genetic variability and relationships of physical grain quality traits in the BSSS population of maize. *Crop Sci.*22: 805-809.
 - Karaivanov, G.L; Matichuk, V.G; Rotar, A.I. 1994. Flint maize. *Institut Kukuruzny i Sorgo*. No. 1, 19-20. Russian.
 - Kikutti, A.L; Vasconcelos, R.C; Fonseca, A.C; Marincek, A. 2001. Qualidade fisiológica e sanitária de sementes de Milho em relação à localização na espiga. *Informativo Abrates*. v.11-n.2: 175.
 - Lonquist, J.H y Graner, C.O. 1961. Heterosis in intervarietal crosses in Maize and its implications in breeding procedures. *Crop Science* 1: 179-183.
 - Lonquist, J. H. 1964. A modification of the ear-to-row procedure for the improvement of maize populations. *Crop Sci*. 4:227-228.
 - Maddonni, G.A., Otegui, M.E., Bonhomme, R. 1998. Grain yield components in maize. II. Postsilking growth and kernel weight. *Field Crops Res*. 56:257-264.
 - Mariotti, J.A. 1986. Fundamento de genética biométrica. Aplicaciones al mejoramiento genético vegetal. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos. Programa Regional de desarrollo Científico y Tecnológico. Monografía 32. Pg:33-38.
 - Miguez, F. 2004. Ecofisiología del Maíz. <http://www.agroconnection.com.ar/secciones/cultivos/maíz/S013A00052.htm>
 - Moschetti, E; Ferrero, S; Palacio, G; Ruiz, M. 2000. Introducción a la estadística para las ciencias de la vida. 1ra Ed. Ed. Fundación UNRC. Río Cuarto. Córdoba.
 - Mundo, N.L. 2002. Cosecha de cereales y oleaginosos en la República Argentina. Buenos Aires.
 - Odiemah, M. 1989. Quantitative inheritance of seed quality characteristics in maize (*Zea mays* L.). *Cereal Research Communications*., 17: 3-4, 245-251; 17 ref.
 - Pascale, A.J. 2003. Producción de granos. Bases funcionales para su manejo. Primera edición. Facultad de Agronomía de Buenos Aires.
 - Paulsen, M R; Hill, L D; White, D G; y Sprague, G F. 1983. Breakage susceptibility of corn by genotypes. *Trans. ASAE*. 26 1830-1836. 1841.
 - Peralta, M. Santini, F. 2004. Evaluación de híbridos de maíz flint y dent como grano entero en la alimentación de novillos en un engorde a corral. EEA.INTA. Balcarce.

Bs.As.

http://www.inta.gov.ar/balcarce/info/documentos/ganaderia/bovinos/nutricion/peralta_flintydent.htm

- Perry, T.W.1988. Corn as a livestock feed. En: Corn and corn improvement. G.F. Sprague and Dudley, J.W. ASA-CSSA-SSSA. Agronomy Monograph N° 18. 3rd edition. Pg 941-963.
- Peterson, J M; Perdomo, J A y Burris, J S. 1995. Influence of kernel position, mechanical damage and controlled deterioration on estimates of hybrid maize seed quality. Seed and technology 23(3): 647-657.
- Philippeau,C; Michalet Doreau,B. 1998.Influence of genotype and ensiling of corn grain on in situ degradation of starch in the rumen. Journal-of-Dairy-Science. 81: 8, 2178-2184; 33 ref. France.
- Pinter, L., Schmidt, J., Jozsa, S. Szabo, J. & Kelemen, G. 1990. Effect of plant density on the feeding value of forage maize. Maydica, 35: 73-79. <http://www.fao.org/DOCREP/003/X7650S/x7650s06.htm>.
- Pinter, L., Alfoldi, Z., Burucs, Z. & Paldi, E. 1994. Feed value of forage maize hybrids varying in tolerance to plant density. Agron. J., 86: 799-804. <http://www.fao.org/DOCREP/003/X7650S/x7650s06.htm>.
- Reddy, V.H y Daynard T.B. 1983. Endosperm characteristic associated with rate of grain filling and kernel size in corn. Maydica. 28: 339-355.
- Reynoso, L. y V. Ferreira. 1995. Mejoramiento genético de maíz para doble propósito. Jornadas. Académicas. Científicas. Universidad Nacional de Río Cuarto, Actas: 152. Río Cuarto, Córdoba.
- Reynoso, L., Grassi, E, Szpiniak .B y Ferreira, V. 2001. Evaluación de líneas de maíz para corte y ensilado. XXX Congreso Argentino de Genética / IV Jornadas Argentino Uruguayas de Genética. JBAG 14(2) Supplement: 198. Mar del Plata, Argentina.
- Richey, F.D. 1992. Experimental basis for the present status of corn breeding. Journal of American Society of Agronomy. 14: 1-17.
- Robinson, H.F; Comstock, R.E y Harvey, P.H. 1948. The characterization of genetic variances in corn. Genetics 33: 625-626.
- Rodriguez, G; Pratta, G; Zorzoli, R; Picardi, L. 2002. Variabilidad genética para la caracterización de fruto en líneas de *Lycopersicum*. XXI Congreso Argentino de Genética. Actas de resúmenes: Volumen XV. GMV 26. Pg: 114. La Plata. Argentina.
- Russel, W. 1973. Desarrollo y evaluación de líneas endocriadas de maíz. Publicación 2. Buenos Aires.

- SAGPYA.2003.Poblaciones de maíz. <http://www.sagpya.mecon.ar /17/ pag%20web/HISTOR ~1.htm>.
- Santini, F; Paván E. 2001.Del silaje al grano de maíz. Grupo de Nutrición y Metabolismo de Rumiantes - EEA INTA Balcarce. Bs.As. <http://www.inta.gov.ar/balcarce/info/Documentos/>
- Savin, R; Sorlino, D. 2003. Producción de granos. Bases funcionales del manejo. Cap III. Calidad de los granos y estimadores mas comunes. Pag 29. Ed. Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires.
- Sokal, R.R. and Rohlf, F. J. 1986. Biometry, The Principles and Practice of Statistics in Biological research. 2nd Ed. Ed. W. H. Freeman and Co. San Francisco. U. S. A.
- Solari, R.L; Gomez, S.G. 1997. Catálogo de germoplama de Maíz en Argentina. INTA e Istituto Agronomico per L'oltremare. Firenze. Italia.
- Spinola, M.C.M; Cicero, S.M; Amaral, A.F.C; Melo, M. 2001. Propiedades genotípicas, fisiológicas e bioquímicas de sementes de Milho (*Zea mays* L.) relacionadas como envelhecimento acelerado e armazenamento ds sementes. Informativo Abrates. v.11-n.2: 66.
- Szpiniak, B., L. Reynoso, V. Ferreira, E. Grassi y R. López Ovejero. 1996. Maíz doble propósito: primeros resultados de un programa de mejoramiento. XXVII Congreso. Argentino. y II Jornadas. Argentino.-Chilena de Genética. Noticiero de Biología 4(3):144. Viña del Mar, Chile.
- Tekrony, D.M y Egli, D.B. 1991. Relación entre el vigor de las semillas y el rendimiento del cultivo. Crop Science. 31(3): 816-822.
- Uhart, S.A., Andrade, F.H. 1995. Nitrogen and carbon accumulation and remobilization during grain filling in maize under different source/sink ratios. Crop Science, 35:183-190.
- www.MejorPasto.com.ar.
- Xiang DaoQuan; Huang LieJian; Cao YongGuo; Dai JingRui; Xiang, D; Huang, L; Cao,Y; Dai, J.2001.Chinese Agricultural University. Acta Agriculturae Boreali Sinica. 16: 3, 1-5; 12 ref.China.
- Zarantín, C; Baleroni, C.R.S; Silva, L.D.C; Diniz, F.C; Sá, M.E; Andrade, J.A.C. 2001. Influência do tamanho da semente em três variedades de Milho (*Zea mays* L.) na germinação e desenvolvimiento inicial de plântulas. Informativo Abrates. v.11-n.2: 184.