



Efecto de la densidad de plantas sobre la performance de distintos híbridos de maíz bajo riego gravitacional



Estudiante:

Mendez Sergio

Tutor:

Dr. Espósito Martín Eduardo

Consejeros:

Dra. Ithurrart Leticia

Mgtr. Goñi Leandro

Asesor externo:

Ing. Agr. Varela Patricio

Índice

1. Resumen.....	6
2. Introducción	7
Situación actual en Argentina	7
Regiones maiceras en el territorio nacional	9
Destino de la producción nacional	9
Generalidades del cultivo.....	10
- Características morfológicas.....	10
- Características fisiológicas	10
3. Hipótesis.....	12
4. Objetivos	12
Objetivo general.....	12
Objetivos específicos	12
5. Materiales y métodos	13
Sitio de estudio:.....	13
Caracterización climática del Partido de Villarino.....	13
Caracterización de suelo del Partido de Villarino	15
Características generales:	15
Características generales de manejo y diseño experimental.....	16
Siembra:	16
Manejo.....	17
Diseño experimental.....	17
6. Resultados	21
Contenido de humedad del grano.....	21
Proporción de plantas a cosecha.....	22
Espigas.m ⁻²	23
Prolificidad.....	24
Peso de mil Granos (P1000).....	25
Rendimiento	25
N° granos.m ⁻²	26
Discusión.....	28
- Contenido de humedad de los granos.....	28

-	Proporción de plantas a cosecha.....	28
-	Prolificidad.....	29
-	Espigas.m ⁻²	29
-	P1000	30
-	Numero de granos.metro ⁻²	32
7.	CONCLUSIONES	34
8.	Bibliografía	35

Índice de figuras

Figura 1. Principales productores de maíz a nivel mundial. Fuente: Dpto. de información y estudios económicos BCR en base USDA.	7
Figura 2. Superficie sembrada desde la campaña 2018/19 – 2023/24. Fuente: Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca (MAGyP).....	8
Figura 3. Producción de maíz en Argentina en millones de toneladas desde la campaña 2008/09 – 2023/24. Fuente: Bolsa de Comercio de Rosario (10/01/24)	8
Figura 4. Importancia de la cadena maicera en Argentina. Fuente: Dpto. de estudios económicos - Bolsa de Comercio de Rosario (campaña 2019/20).	10
Figura 5. Imagen satelital del sitio de estudio, tomada el 01/08. Fuente: Google Earth.	13
Figura 6. Evolución de las temperaturas medias, medias mínimas y medias máximas durante los meses en que se desarrolló el ensayo, comparadas con las medias históricas, correspondientes a la localidad de Hilario Ascasubi, partido de Villarino, Provincia de Bs As. (Período 1966-2024).	14
Figura 7. Evolución de las precipitaciones medias mensuales y evapotranspiración media mensual durante el periodo de estudio y valores históricos correspondientes a la localidad de Hilario Ascasubi (período 1966-2024).	14
Figura 8. Mapa de suelos de la provincia de Buenos Aires. Fuente: SAGyP – INTA (actualizado por R. Godagnone) (2008).	15
Figura 9. Diseño experimental del ensayo. Fuente: Elaborado por Varela Patricio (2023).	18
Figura 11. Evolución del porcentaje de humedad de los granos de los materiales (A) DK 7220, (B) DK 6962 y (C) P 0622 a lo largo del tiempo, sembrados a densidades de 40.000, 60.000, 80.000 y 100.000 plantas.ha ⁻¹	22
Figura 12. Proporción de plantas de cada híbrido que llegaron a cosecha en cada densidad de siembra. Letras diferentes antes y después de la coma indican diferencias significativas (p<0,05) entre híbridos y densidades, respectivamente.	23
Figura 13. Número de espigas.m ⁻² en función de la densidad de siembra; 1. 40.000 plantas.ha ⁻¹ , 2. 60.000 plantas.ha ⁻¹ , 3. 80.000 plantas.ha ⁻¹ ,4. 100.000 plantas.ha ⁻¹ . Letras distintas indican diferencias significativas (p<0,05) entre densidades de siembra.	24
Figura 14. Número de espigas.m ⁻² en función del híbrido (Deckalb 7220, Deckalb 6962 y Pionner 0622). Letras distintas indican diferencias significativas (p<0,05) entre híbridos.	24
Figura 15. Relación entre la prolificidad y el número de plantas cosechadas.ha ⁻¹	24
Figura 16. Prolificidad de cada densidad de siembra (1. 40.000 plantas.ha ⁻¹ , 2. 60.000 plantas.ha ⁻¹ , 3.80.000 plantas.ha ⁻¹ ,4 100.000 plantas.ha ⁻¹). Letras distintas indican diferencias significativas (p<0,05) entre densidades de siembra.	25
Figura 17. Prolificidad de cada material (Deckalb 7220, Deckalb 6962 y Pionner 0622). Letras distintas indican diferencias significativas (p<0,05) entre genotipos.....	25
Figura 18. P1000 en función de la densidad de siembra (1. 40.000 plantas.ha ⁻¹ , 2. 60.000 plantas.ha ⁻¹ , 3. 80.000 plantas.ha ⁻¹ ,4. 100.000 plantas.ha ⁻¹). Letras distintas indican que existe diferencia significativa.	25
Figura 19. P1000 en función del híbrido (Deckalb 7220, Deckalb 6962 y Pionner 0622). Letras distintas indican que existe diferencia significativa.	25
Figura 20. Rendimiento en kg.ha ⁻¹ en función de la densidad (1. 40.000 plantas.ha ⁻¹ , 2. 60.000 plantas.ha ⁻¹ , 3. 80.000 plantas.ha ⁻¹ ,4. 100.000 plantas.ha ⁻¹). Letras distintas indican que existe diferencia significativa.	26

Figura 21. Rendimiento en $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de cada híbrido (Deckalb 7220, Deckalb 6962 y Pioneer 0622). Letras distintas indican que existe diferencia significativa.	26
Figura 22. Número de granos. m^{-2} en función de la densidad de siembra (1. 40.000 plantas. ha^{-1} , 2. 60.000 plantas. ha^{-1} , 3. 80.000 plantas. ha^{-1} ,4. 100.000 plantas. ha^{-1}). Letras distintas indican que existe diferencia significativa.	27
Figura 23. Número de granos. m^{-2} en función del híbrido (Deckalb 7220, Deckalb 6962 y Pioneer 0622). Letras distintas indican que existe diferencia significativa.	27

1. Resumen

El maíz se ha convertido en el cereal más importante en ocupación en superficie del Valle Bonaerense del Río Colorado (VBRC) en el último decenio. Sin embargo, pese a la posibilidad de riego gravitacional que permite la infraestructura de canales provista por la corporación de fomento del río Colorado (CORFO), los rendimientos medios del cultivo son bajos ($7.500 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$). Debido a esto, el objetivo de este trabajo fue evaluar el comportamiento productivo de tres híbridos de maíz sembrados bajo riego gravitacional a diferentes densidades en la zona de Hilario Ascasubi. El ensayo se realizó en la campaña 2023/24 en la estación experimental agropecuaria INTA, más específicamente en la experimental de Hilario Ascasubi (E.E.A INTA Hilario Ascasubi, partido de Villarino). Los tres híbridos comerciales estudiados de maíz (*Zea mays*) fueron Deckalb 7220, Deckalb 6962 y Pionner 0622, donde cada uno fue evaluado en distintas densidades (40.000, 60.000, 80.000 y $100.000 \text{ plantas}\cdot\text{ha}^{-1}$). Se realizaron mediciones de pérdida de humedad en los granos y densidad de plantas por tratamiento al momento de la cosecha. La cosecha de las espigas se realizó en forma manual. Las espigas se desgranaron mediante una trilladora mecánica para luego pesar los granos y obtener el rendimiento de cada híbrido. Se calculó el número de espigas. m^{-2} , número de granos. m^{-2} , peso de mil granos, prolificidad y rendimiento en $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ entre otras características. Los datos fueron analizados por medio del software estadístico InfoStat, mediante análisis de la varianza (ANOVA) y las medias de los tratamientos se compararon con el test de Tukey. Los materiales comerciales estudiados respondieron diferente a las distintas densidades de siembra. Para la mayoría de ellos, la densidad óptima que permitió maximizar el rendimiento en grano fue de $80.000 \text{ plantas}\cdot\text{ha}^{-1}$. Además, se observó que el material hiper precoz alcanza la humedad de cosecha antes que el resto, sin embargo, su rendimiento potencial es inferior en todos los tratamientos ensayados.

2. Introducción

El maíz (*Zea mays L.*) es originario del continente americano y representa uno de los aportes más valiosos a la seguridad alimentaria en el mundo. Junto al arroz y el trigo son considerados los tres cereales más cultivados en el planeta (FAO, 1993; Alfaro et al., 2004; Ranum et al., 2014).

Actualmente, el maíz es la segunda especie más cultivada en el mundo, con un área sembrada de 192 millones de hectáreas (ha) por año, por detrás del trigo (*Triticum aestivum L.*), con 220 millones de ha. Por otra parte, el maíz es el cereal de mayor producción en el mundo con aproximadamente 1.155 millones de toneladas, sucedido por el trigo con 789 millones de toneladas (Orúz, 22 de octubre 2024).

A lo largo de la historia, los principales países productores de este cereal han sido Estados Unidos, China y Brasil, quienes concentraron la producción mundial. Actualmente Argentina ocupa el cuarto lugar a nivel mundial, con cerca de 50 millones de toneladas y es el tercer país exportador, detrás de Estados Unidos y Brasil (Figura 1).

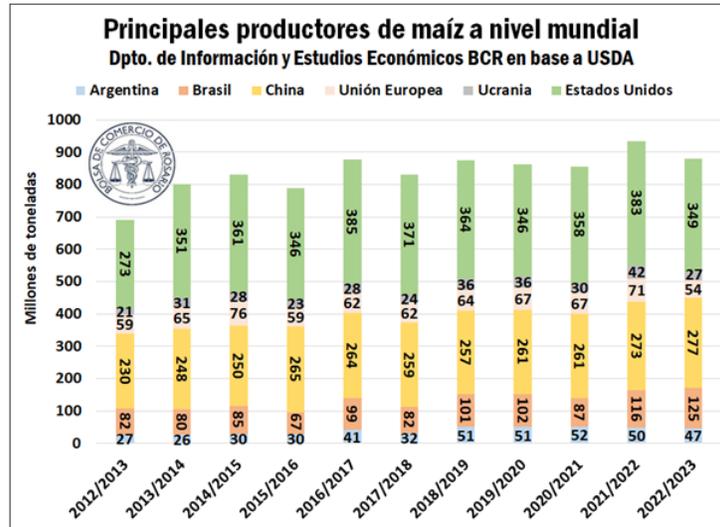


Figura 1. Principales productores de maíz a nivel mundial. Fuente: Dpto. de información y estudios económicos BCR en base USDA.

Situación actual en Argentina

Durante la campaña 2023/24 el cultivo de maíz se desarrolló sobre una superficie de 8,9 millones de ha (BCR 2024), siendo un valor inferior a la media que corresponde a 9,9 millones de ha por año, para las últimas cinco campañas (2018/19 – 2022/23) (Figura 2).

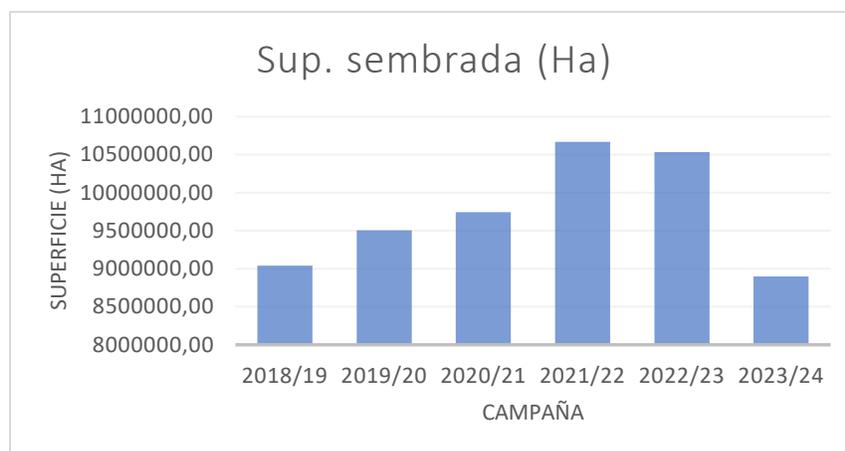


Figura 2. Superficie sembrada desde la campaña 2018/19 – 2023/24. Fuente: Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca (MAGyP).

Por otra parte, la producción a nivel nacional para la campaña (2023/24) fue de 47,5 millones de toneladas, recuperándose del registro del ciclo pasado 2022/23, que fue afectado por la sequía (Figura 3).

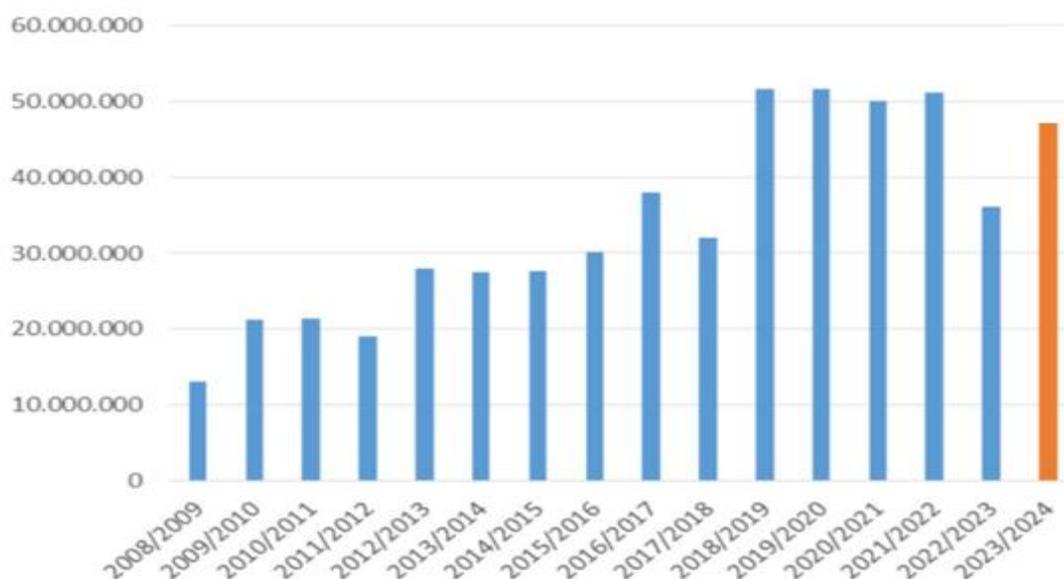


Figura 3. Producción de maíz en Argentina en millones de toneladas desde la campaña 2008/09 – 2023/24. Fuente: Bolsa de Comercio de Rosario (10/01/24)

Sin embargo, aun cuando la producción aumentó considerablemente, el rendimiento medio potencial del cereal, que se estimaba en 8.000 a 9.000 kg.ha⁻¹, se redujo en un 30 % por la bacteria (Spiroplasma) transmitida por la chicharrita (*Delphacodes kuschelli*), que afectó gran parte de la producción nacional. Es así, que con un promedio 6.500 kg.ha⁻¹, el

rendimiento aumentó si lo comparamos con la campaña anterior (2022/23) de 5,2 tn.ha⁻¹ (BCR 11 JUL 2024), pero sigue siendo inferior si se tiene en cuenta el rendimiento medio de las últimas campañas (7.000 kg.ha⁻¹) (MAGyP 23 Jun 2024).

Regiones maiceras en el territorio nacional

El cultivo se lleva a cabo en diferentes regiones agroecológicas. La división de las distintas regiones permite la evaluación de las necesidades específicas de diversas zonas y los desplazamientos de los recursos. Así, el país se divide en tres regiones principales:

Región Norte, involucra al NEA, el centro y norte de Santiago del Estero, y las provincias de Chaco, Tucumán y Salta.

Región Centro, abarca el norte de Buenos Aires, Entre Ríos, Santa Fe, Córdoba y el sur de Santiago del Estero y San Luis.

Región Sur, se encuentra el centro-sur de la provincia de Buenos Aires y La Pampa.

Para tal fragmentación se consideran varios factores como la proximidad a puertos, el transporte, patrones de comercialización entre otros factores (Presello et al. 2022).

Actualmente, la mayor parte de la producción de maíz se concentra en la Zona Núcleo Maicera, donde se involucra el norte de la provincia de Buenos Aires, el sudeste de Córdoba y el sur de Santa Fe (MAGyP 2024). Además, es relevante la producción en las provincias de Santiago del Estero, Entre Ríos, La Pampa y Chaco.

Destino de la producción nacional

Del total de la producción nacional de los últimos años (55 Mt), el 67% (o 33,5 Mt) tendría como destino el mercado externo, por otro parte, el consumo interno representa el 35% (21,5 millones de toneladas). Dentro del consumo interno, el uso para consumo animal ascendería a 12,4 millones de toneladas, absorbiendo un 25% de la producción. La industria, en tanto, absorbería el restante 8 % del producto, o 3,8 millones de toneladas, de las cuales 1,7 Mt se utilizarían como insumo en la producción de etanol y otros usos del alcohol etílico, y 2,1 millones de toneladas serían utilizadas como insumo para la molienda seca, húmeda y otras industrias (Figura 4).



Figura 4. Importancia de la cadena maicera en Argentina. Fuente: Dpto. de estudios económicos - Bolsa de Comercio de Rosario (campaña 2019/20).

Generalidades del cultivo

- Características morfológicas

El maíz es una planta alta, con un solo tallo que normalmente tiene hasta 30 hojas y un sistema radical fibroso. En la axila de las hojas ubicadas en la mitad superior de la planta, algunas veces se desarrollan una o dos yemas laterales que terminan en una inflorescencia femenina, la cual se desarrolla en una mazorca cubierta por hojas que la envuelven, constituyendo la parte de la planta que almacena reservas. La porción superior de la planta termina en una inflorescencia masculina o panoja, que con una espiga central prominente y varias ramificaciones laterales con flores masculinas que producen los granos de polen (Paliwal, R. 2001).

- Características fisiológicas

El maíz es una planta C4 muy eficiente en la producción de biomasa superando ampliamente a otros cultivos. Su alta producción de biomasa y elevado índice de cosecha hacen que en ambientes de alta radiación solar y elevada amplitud térmica, ostente muy buenos potenciales de rendimiento (Andrade et al., 1996).

La parte más importante de la planta en maíces para grano es la espiga, la cual se encuentra sujeta a la dominancia apical durante el período de floración, momento donde se determina uno de los componentes de rendimiento más relevantes (número de granos por unidad de superficie). Esto junto con su crecimiento determinado, proporcionan oscilaciones tanto en

el rendimiento en grano como en el índice de cosecha frente a situaciones de estrés durante el período de floración (Andrade et al., 1996).

Este cultivo presenta una gran respuesta al manejo, debido fundamentalmente al elevado potencial de crecimiento y la alta sensibilidad en el rendimiento. Su baja plasticidad foliar, reducido macollaje y escasa prolificidad condicionan su capacidad de compensar las mermas ante bajas densidades de plantas. En contraposición, altas densidades pueden ocasionar problemas por estrés, debido a la competencia intra-específica (Andrade et al., 1996).

El estudio de las fases fenológicas en el ciclo ontogénico del maíz, nos permite comprobar en qué momento se determina cada uno de los componentes del rendimiento y analizar los factores ambientales que intervienen en dichas fases (Alvarez, 2015). La escala desarrollada por Ritchie y Hanway (1982) es la más utilizada para describir los cambios morfológicos externos de la planta de maíz, utilizando caracteres morfológicos externos en el período vegetativo y reproductivo. Dicha escala diferencia dos grandes etapas: una vegetativa, subdividida en estadios identificados con la letra V y un subíndice, correspondiente al orden de la última hoja completamente extendida al momento de la observación (VE: emergencia, V1, V2, ... Vn y VT o panojamiento); y una reproductiva, identificada con la letra R y un subíndice que comienza en R1 (emergencia de los estigmas), R2 (cuaje o estado de ampolla), R3 (grano lechoso), R4 (grano pastoso), R5 (grano duro o indentado) y R6 (madurez fisiológica). Desde los estadios R3 hasta R5 inclusive, corresponde al llenado de los granos (Tabla 1) (Garay y Colazo, 2015).

Tabla 1. Estados fenológicos de maíz de acuerdo a la Escala de Ritchie y Hanway (1982).

Estados Vegetativos		Estados Reproductivos	
V _E	Emergencia	R ₁	Emergencia de estigmas
V ₁	1 ^o Hoja	R ₂	Cuaje
V ₂	2 ^o Hoja	R ₃	Grano lechoso
...		R ₄	Grano pastoso
V _n	N ^o hoja	R ₅	Grano dentado
V _T	Panojamiento	R ₆	Madurez fisiológica

La duración de las etapas del ciclo ontogénico tiene gran variabilidad en función del genotipo y las condiciones ambientales (Carcova et al., 2003).

3. Hipótesis

- La variabilidad en el rendimiento en grano de maíz está influenciada en gran medida por la densidad de siembra y el genotipo seleccionado.
- Los diferentes híbridos comerciales presentan variaciones significativas en sus componentes de rendimiento.
- Los híbridos de maíz con ciclos de desarrollo más cortos tienden a presentar un rendimiento inferior en comparación con aquellos de ciclos más largos.

4. Objetivos

Objetivo general

- Analizar el desempeño de diferentes híbridos de maíz sembrados a distintas densidades de siembra, a fin de determinar los genotipos más productivos en la zona del VBRC bajo riego gravitacional.

Objetivos específicos

- Comparar el desempeño de distintos materiales comerciales de maíz a diferentes densidades.
- Analizar las diferencias en los componentes de rendimiento en los híbridos evaluados.
- Identificar una densidad de siembra óptima que maximice la producción.
- Comparar las tasas de secado de diferentes genotipos de maíz.

5. Materiales y métodos

Sitio de estudio:

El área de estudio se sitúa en el sudoeste de la Provincia de Buenos Aires, en proximidades de la Colonia San Adolfo, ubicada en la Ruta Nacional 3, km 794 en el Partido de Villarino. El sector donde se desarrolló el estudio se encuentra ubicado dentro de la Estación Experimental INTA Hilario Ascasubi (E.E.A INTA Hilario Ascasubi) (Figura 5).

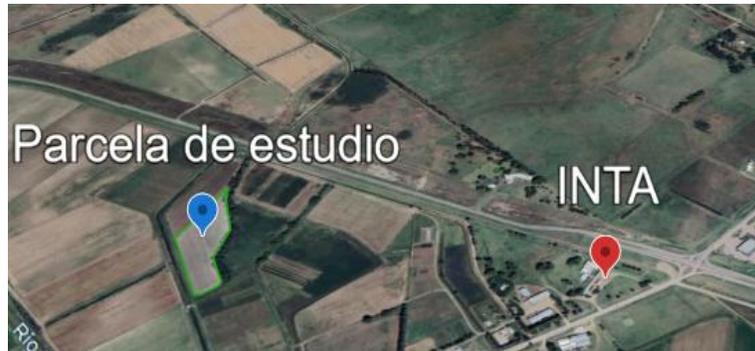


Figura 5. Imagen satelital del sitio de estudio, tomada el 01/08. Fuente: Google Earth.

Caracterización climática del Partido de Villarino

De acuerdo con el sistema que propone Thornthwaite para la región en cuestión, la región presenta un clima semiárido, mesotermal. Por otra parte, según Koeppen, el tipo de clima para el partido de Villarino es árido estepario (Sánchez et. el., 1998).

Durante el presente ensayo se tomaron datos de temperaturas medias, máximas y mínimas; precipitaciones y ETP (evapotranspiración), con una estación meteorológica ubicada en la experimental de Hilario Ascasubi.

Como se puede observar en la Figura 6, los valores obtenidos durante el año de estudio acompañaron los valores históricos, registrándose temperaturas máximas y mínimas promedio en los meses de enero y mayo respectivamente.

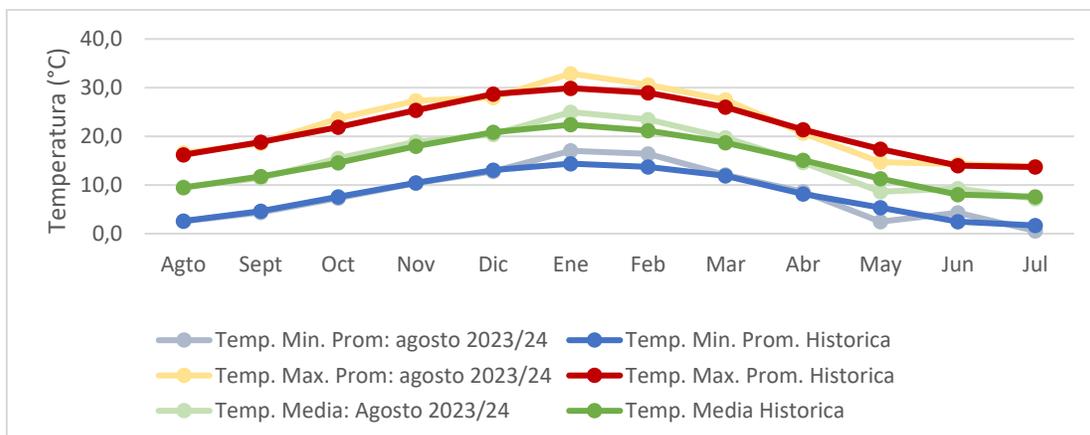


Figura 6. Evolución de las temperaturas medias, medias mínimas y medias máximas durante los meses en que se desarrolló el ensayo, comparadas con las medias históricas, correspondientes a la localidad de Hilario Ascasubi, partido de Villarino, Provincia de Bs As. (Período 1966-2024).

Los valores de evapotranspiración siguieron el comportamiento habitual de la zona, por otra parte, las precipitaciones durante el año de estudio fueron de 470,4 mm siendo similares a las precipitaciones medias históricas (480 mm) de la zona (fuente Est. Meteorológica INTA). Sin embargo, hasta el mes de siembra (noviembre) los valores registrados se encontraban muy por debajo del histórico, en contraposición con los meses de diciembre, febrero y abril donde las precipitaciones fueron notablemente superiores a la media histórica (Figura 7).

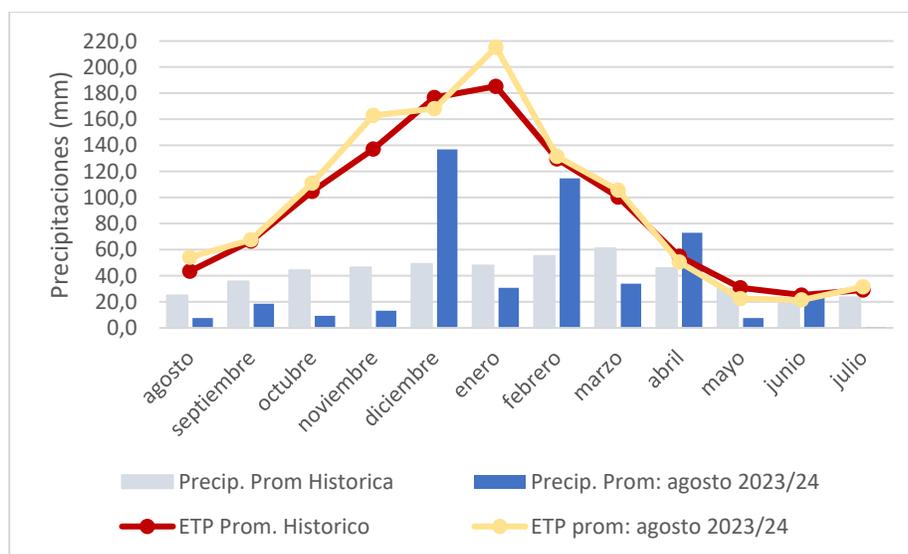


Figura 7. Evolución de las precipitaciones medias mensuales y evapotranspiración media mensual durante el periodo de estudio y valores históricos correspondientes a la localidad de Hilario Ascasubi (período 1966-2024).

Caracterización de suelo del Partido de Villarino

Los suelos de los partidos bonaerenses de Villarino y Patagones en su mayoría son clasificados como Haplustoles y Calciustoles (Figura 8). Se trata en general de suelos de textura arenosa a arenosa franca, muy sueltos, susceptibles a la erosión eólica, con bajos niveles de materia orgánica. Los niveles de fósforo por Bray Kurtz rondan los 5 y 30 ppm. El desarrollo de los suelos y la diferenciación de horizontes es escaso.

Debido a la textura del suelo, la retención de agua es baja. La humedad disponible cada 10 cm de perfil es de aproximadamente entre 8 y 12 mm, esto junto con la demanda hídrica resulta en suelos a los que se les deba aplicar agua en forma permanente en cultivos de alto consumo (Sánchez et. el., 1998).

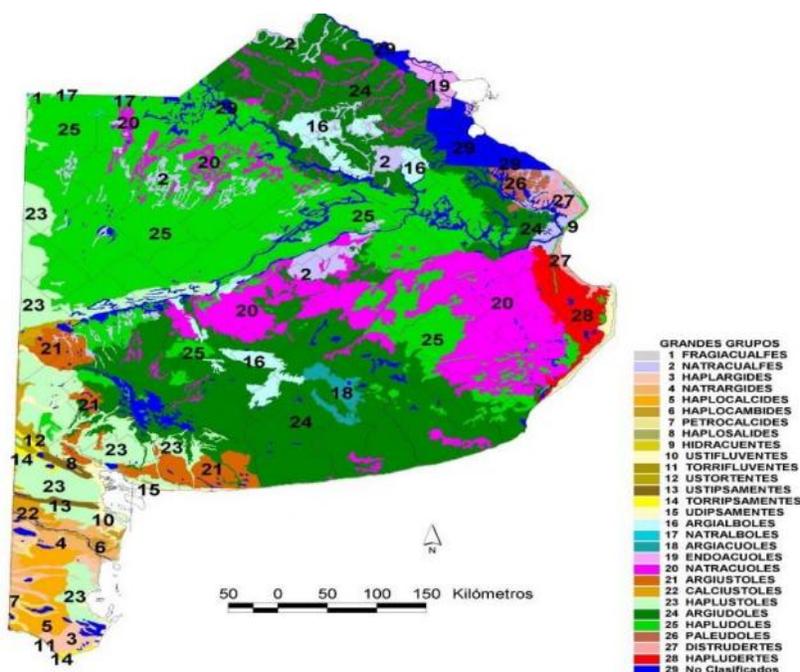


Figura 8. Mapa de suelos de la provincia de Buenos Aires. Fuente: SAGyP – INTA (actualizado por R. Godagnone) (2008).

Características generales:

La parcela del ensayo posee una superficie aproximada de 2 ha, abarcando un ancho de 100 metros por 200 metros de longitud, encontrándose delimitada por dos caminos, un alambrado perimetral y una cortina forestal de álamos que produce sombreado sobre uno de los laterales de la misma.

Para su riego, se usó el sistema de riego por gravedad, mediante una acequia paralela a uno de sus alambrados perimetrales (oeste). En el talud de esta acequia se ubicaron los sifones (caños de polietileno) para el ingreso del agua al lote impulsada por la gravedad (efecto venturi), que permite realizar el riego de los cultivos. A un lado de la parcela, se encontraba el dren principal que atraviesa el establecimiento en dirección este-oeste, encargado de evacuar el agua no utilizada por los cultivos después de cada riego, además de transportar las sales e impedir el ascenso del nivel freático, evitando de esta manera la degradación química y física del suelo.

Historial del Lote

En cuanto a la historia de uso del lote, este presenta más de 20 años de agricultura, siendo utilizado en su mayoría para ensayos de maíz granífero, con pastoreo de los rastrojos con ganado bovino luego de la cosecha, para hacer uso de todos los recursos.

Meses previos al ensayo se restringió el pastoreo sobre la parcela seleccionada para luego delimitar el sitio donde se realizarían los trabajos culturales y la construcción de las acequias de riego.

Características generales de manejo y diseño experimental

Siembra:

La preparación de la cama de siembra se inició con una aplicación de Glifosato Roundup full II para dejar limpio el lote luego de lo cual se efectuó un riego pre-siembra de manera tradicional, por manto y caudal continuo, con el fin de dejar la totalidad del suelo del sitio de estudio en iguales condiciones de humedad para el momento de la siembra.

La siembra se realizó en directa el día 13/11/2023 con una sembradora experimental con dosificación neumática por succión. El tren de siembra estaba compuesto por una cuchilla turbo, abresurco doble disco, doble rueda limitadora de profundidad, compactadora de semilla tipo “cola de castor” y doble rueda conformadora de surco con disco escotado.

Los híbridos comerciales evaluados fueron DK 7220 (ciclo intermedio), DK 6962 (ciclo intermedio/corto) y P 0622 (ciclo hiper precoz). Donde los primeros dos materiales pertenecen a la empresa Deckalb y el último a Pionner (Tabla 2).

Tabla 2. Características de los híbridos ensayados.

	DK 7220	DK 6962	P 0622
Ciclo	Intermedio	Intermedio / Corto	Precoz
Madurez relativa (días)	121	119	106
Prolificidad	Alta	Media	Baja
Inserción de la espiga (cm)	107	101	114
Velocidad de secado	Lenta	Intermedia	Rápida
Rendimiento potencial	Alto	Alto	Medio
Carac. Particular	Prolífico	Flex	Hiper precoz

Fuente: Comunicación personal Varela P. (2024), catálogos de Deckalb (2024) y Pionner (2023).

Estos híbridos fueron sembrados a 4 densidades, la primera de 40.000 plantas.ha⁻¹, la segunda de 60.000 plantas.ha⁻¹, la tercera de 80.000 plantas.ha⁻¹ y la última de 100.000 plantas.ha⁻¹.

Manejo

A la siembra se fertilizó con fosfato diamónico (DAP; 18 – 46 - 0) a razón de 90 kg.ha⁻¹, ubicando el fertilizante lateralmente en la línea de siembra. Posteriormente, se particionó la fertilización nitrogenada con urea (46 - 0 - 0) entre los estadios fenológicos V3 (tercera hoja desarrollada) y V6 (sexta hoja desarrollada) a razón de 200 kg.ha⁻¹ en cada aplicación.

En cuanto a las necesidades hídricas, estas fueron satisfechas en base a los requerimientos del cultivo. Para tal propósito, se construyó una acequia, por medio de la cual se abasteció al cultivo de forma gravitacional y homogénea, dándole tres riegos (fines de noviembre, mediados de diciembre y fines de enero) a lo largo del ciclo.

El control de malezas se realizó mediante el uso de herbicidas, como se detalla en la tabla 3.

Tabla 3. Momento, producto y dosis de herbicidas usados durante el ciclo de cultivo.

Momento de aplicación	Producto comercial	Dosis (L.ha ⁻¹)
Barbecho	Glifosato Roundup full II	3
Previo a siembra (20 d)	2,4-D	0,6
6 hojas (V6)	Glifosato Roundup full II	2,5

Diseño experimental

El diseño experimental fue completamente aleatorizado con réplicas balanceadas (n=3). Cada genotipo (H1: DK 7220, DK 6962 e H3: P0622) fue sembrado en distintas melgas a 4

densidades diferentes (D1: 40.000 plantas.ha⁻¹, D2: 60.000 plantas.ha⁻¹, D3: 80.000 plantas.ha⁻¹ y D4: 100.000 plantas.ha⁻¹).

Cada melga presentaba una longitud de 180m x 12m de ancho, en donde las densidades se distribuyeron en 4 hileras de maíz sembradas con una separación de 0,70m entre ellas. Para la toma de muestras se empleó una unidad de muestreo de 3,5m² (2,5m de longitud por 1,4m de ancho) (Figura 9).

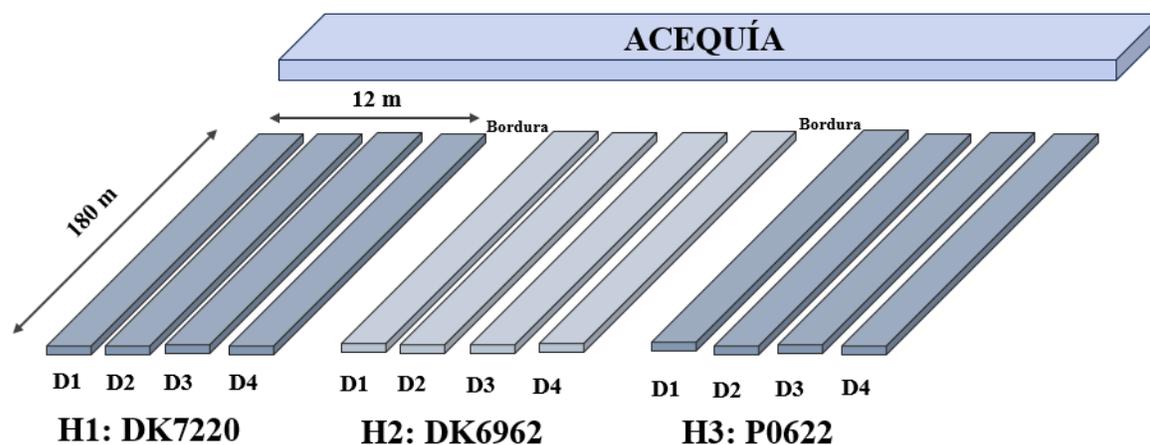


Figura 9. Diseño experimental del ensayo. Fuente: Elaborado por Varela Patricio (2023).

Variables analizadas

- Contenido de humedad del grano

A partir del estadio fenológico de grano duro (R7) se realizó semanalmente una medición de humedad para cada densidad en los distintos híbridos hasta el momento de su cosecha, mediante el uso del humidímetro de granos Tesma A-79 plus. Para cada medición de humedad se cosecharon y desgranaron 2 a 3 espigas al azar ubicadas en las dos hileras centrales de cada densidad, esto hasta llegar a la humedad de cosecha (14,5 %).

- Proporción de plantas a cosecha

Para determinar la proporción de las plantas sembradas que llegaron a cosecha, se realizó un conteo del número de plantas presentes en cada unidad de muestreo al momento en que los materiales se acercaban a humedad de cosecha.

Este valor se extrapoló a una hectárea (ha), utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Plantas a cosecha.ha}^{-1} = ((\text{plantas por unidad de muestreo} \times 10.000 \text{ m}^2) / 3,5 \text{ m}^2)$$

Finalmente se calculó la proporción de plantas a cosecha como el número de plantas a cosecha.ha⁻¹ sobre el número de plantas.ha⁻¹ sembradas.

- Espigas por unidad de superficie (m²).

Las espigas de las plantas ubicadas en cada unidad de muestreo se cosecharon manualmente luego de haber alcanzado madurez fisiológica, a medida que se acercaban a humedad de cosecha. Este valor se extrapoló a m² a fin de obtener el número de espigas por m².

Posteriormente, las espigas fueron colocadas en bolsas de polietileno tubulares de tipo malla (muestra). Cada bolsa fue debidamente rotulada, para asegurar una correcta identificación y manejo de las muestras para su posterior análisis.

- Prolificidad

La prolificidad fue obtenida a través del conteo de las espigas presentes en cada muestra, asegurando la inclusión de espigas principales y secundarias; y el total de plantas presentes en el mismo marco de muestreo.

$$\text{Prolificidad Promedio} = \text{N}^{\circ} \text{ Total de Espigas en la unidad de muestreo} / \text{N}^{\circ} \text{ Total de}$$

Plantas en la unidad de muestreo

- Peso de mil granos (P1000)

Para la determinación del peso de mil granos, se procedió a contar y pesar 3 submuestras de 800 granos por cada densidad con una balanza digital de precisión calibrada (Cs 200). Dada la medición previa del contenido de humedad de los granos, se determinó que el secado adicional en estufa no era necesario para obtener una estimación precisa del peso de los granos secos. El peso obtenido de la submuestra (Sm) de 800 granos se extrapoló para estimar el peso de 1000 granos.

- Rendimiento (Kg.ha⁻¹)

El rendimiento se obtuvo llevando a la humedad deseada y extrapolando a hectárea el peso de los granos cosechados en cada unidad de muestreo.

- Numero de granos.m⁻²

El número de granos.m⁻² se calculó dividiendo el rendimiento (kg.m⁻²) por el peso promedio de un grano.

$$\text{Rendimiento (kg.m}^{-2}\text{)} = (\text{Rendimiento (kg.ha}^{-1}\text{)} / 10.000)$$

$$\text{Peso del grano (kg)} = \text{P1000 (g)} / 100.0000$$

$$\text{Número granos. m}^{-2} = \text{Rendimiento (kg.m}^{-2}\text{)} / \text{Peso del grano (kg)}$$

Análisis estadístico:

Los datos se analizaron empleando el software InfoStat (Di Rienzo et al., 2018). El análisis realizado fue un ANOVA doble, empleando como factores los híbridos y las densidades de siembra. Para la variable prolificidad se realizó además un análisis de regresión lineal simple. Las medias fueron comparadas con el Test de Tukey, con un nivel de significancia del 5%.

6. Resultados

Contenido de humedad del grano

En la figura 10 se puede observar una mayor tasa de secado en los materiales Deckalb en las primeras semanas de las mediciones; sin embargo, los valores de humedad del tercer material (Pionner 0622) siempre estuvieron por debajo de los primeros mencionados, alcanzando valores de 14 % de humedad en un tiempo relativamente menor.

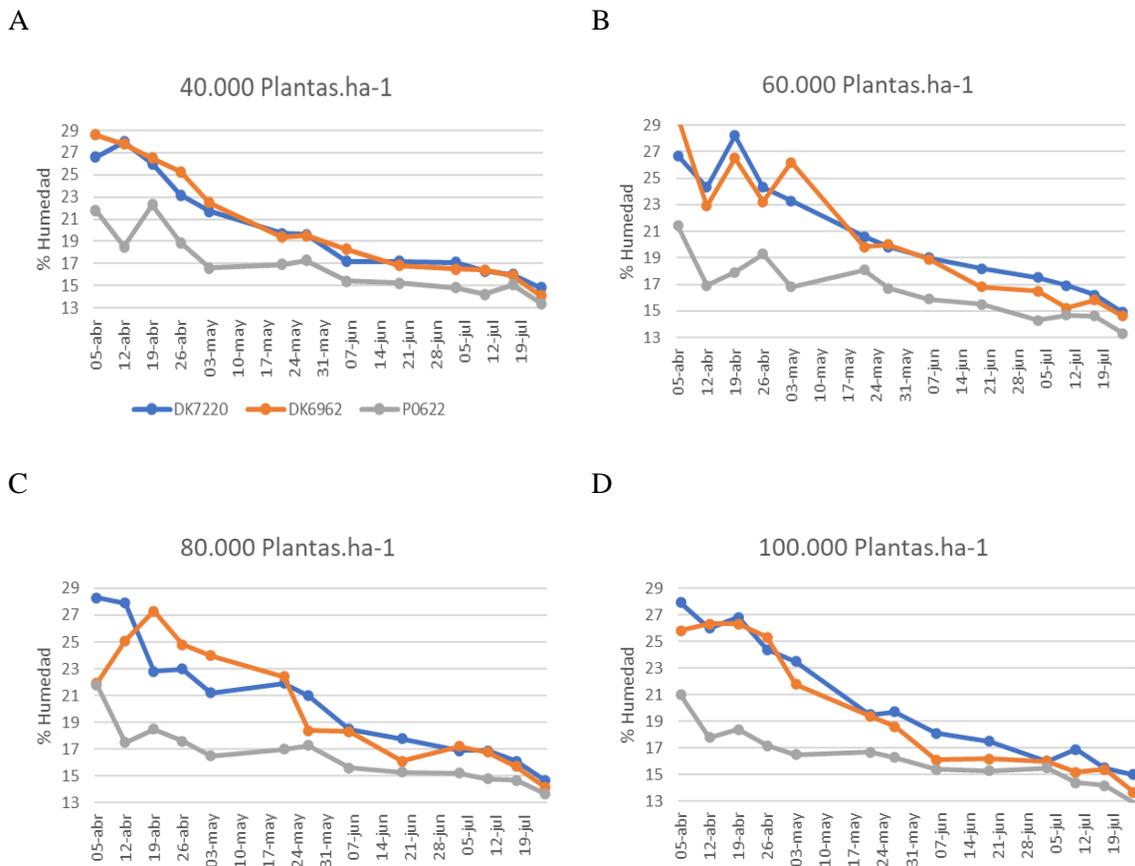
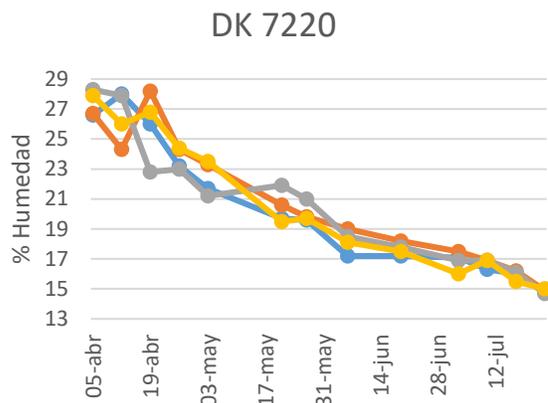


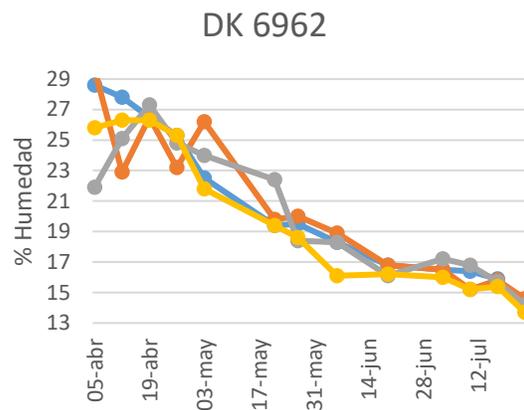
Figura 10. Evolución del porcentaje de humedad de los granos de los materiales DK 7220, DK 6962 y P 0622 a lo largo del tiempo, para las densidades de 40.000 (A), 60.000 (B), 80.000 (C) y 100.000 (D) plantas.ha⁻¹.

Al comparar la pérdida de humedad entre las distintas densidades (Figura 11) se puede denotar que la pérdida de humedad se acelera a medida que aumenta el número de plantas ha⁻¹ independientemente del material del cual se trate.

A)



B)



C)

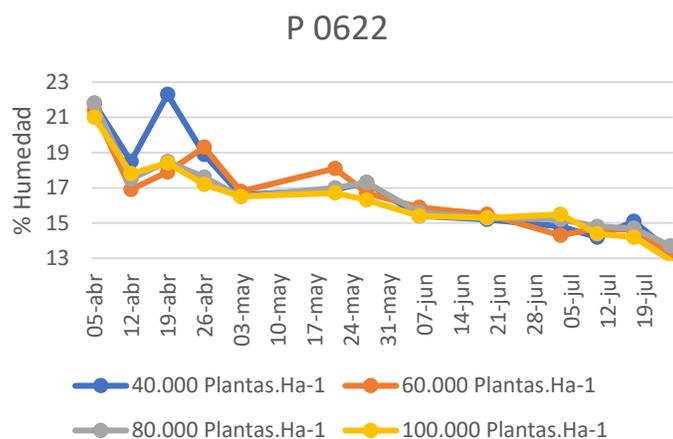


Figura 10. Evolución del porcentaje de humedad de los granos de los materiales (A) DK 7220, (B) DK 6962 y (C) P 0622 a lo largo del tiempo, sembrados a densidades de 40.000, 60.000, 80.000 y 100.000 plantas.ha⁻¹.

Proporción de plantas a cosecha

Se encontró interacción ($p < 0,05$) entre híbridos y densidades de siembra, por lo que se procedió a analizar cada factor por separado. Para Deckalb 7220, la proporción de plantas que llegaron a cosecha fue similar ($p > 0,05$) en todas las densidades; sin embargo, Deckalb 6962 presentó valores superiores ($p < 0,05$) a la dosis más baja respecto de las 3 más altas; mientras que, Pioneer 0622 sembrado a 40.000 plantas.ha⁻¹ obtuvo un valor más ($p < 0,05$) elevado que cuando fue sembrado a 100.000 plantas.ha⁻¹ (Figura 12).

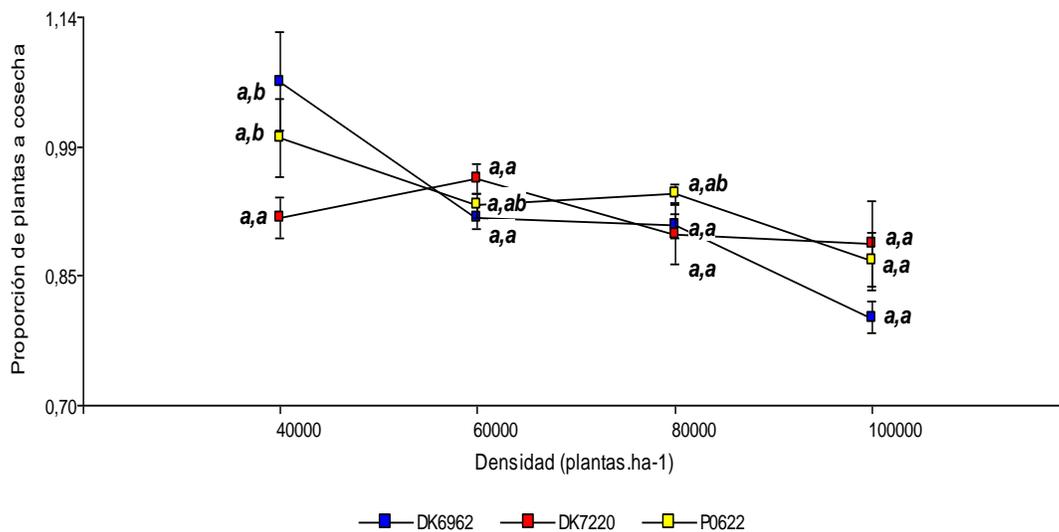


Figura 11. Proporción de plantas de cada híbrido que llegaron a cosecha en cada densidad de siembra. Letras diferentes antes y después de la coma indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre híbridos y densidades, respectivamente.

Espigas.m⁻²

No se encontró interacción ($p > 0,05$) entre híbridos y densidades. Los 3 híbridos respondieron de igual manera ante el aumento de la densidad de siembra, incrementando el número de espigas.m⁻² en las dos densidades más altas, respecto de las restantes (Figura 13). Por otra parte, se observó que DK 7220 se distinguió significativamente de P 0622, indicando una superioridad en el número de espigas.m⁻² ($p < 0,05$). Sin embargo, la diferencia entre DK 7220 y DK 6962 no fueron estadísticamente significativas ($p > 0,05$), y tampoco se encontraron diferencias significativas entre DK 6962 y P 0622 ($p > 0,05$) (Figura 14).

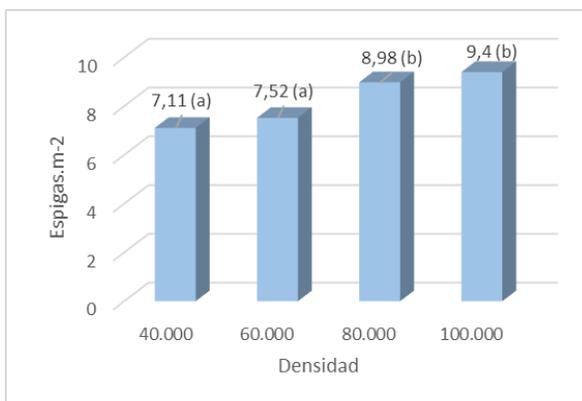


Figura 12. Número de espigas.m⁻² en función de la densidad de siembra; 1. 40.000 plantas.ha⁻¹, 2. 60.000 plantas.ha⁻¹, 3. 80.000 plantas.ha⁻¹, 4. 100.000 plantas.ha⁻¹. Letras distintas indican diferencias significativas (p<0,05) entre densidades de siembra.

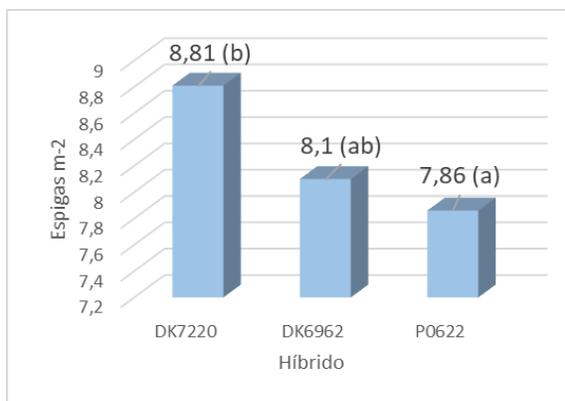


Figura 13. Número de espigas.m⁻² en función del híbrido (Deckalb 7220, Deckalb 6962 y Pioneer 0622). Letras distintas indican diferencias significativas (p<0,05) entre híbridos.

Prolificidad

No se encontró interacción entre factores (p>0,05). En los 3 híbridos, la prolificidad fue disminuyendo con el incremento en la densidad de siembra (Figura 15). El mayor valor se encontró a la densidad de 40.000 plantas.ha⁻¹, que difirió significativamente de la dos (60.000 plantas.ha⁻¹, y ambas de la última ensayada (100.000 plantas.ha⁻¹) (Figura 16); siendo el más prolífico el DK 7220, que difirió estadísticamente de Pioneer 0622 (Figura 17).

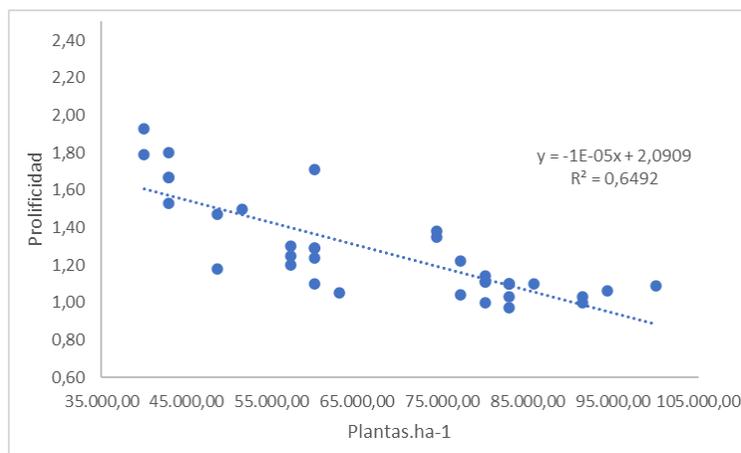


Figura 14. Relación entre la prolificidad y el número de plantas cosechadas.ha⁻¹.

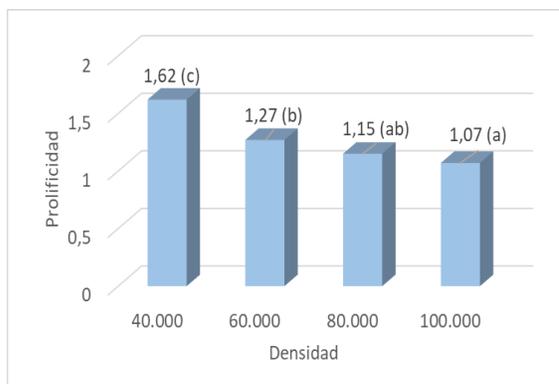


Figura 15. Prolificidad de cada densidad de siembra (1. 40.000 plantas.ha⁻¹, 2. 60.000 plantas.ha⁻¹, 3. 80.000 plantas.ha⁻¹, 4. 100.000 plantas.ha⁻¹). Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre densidades de siembra.

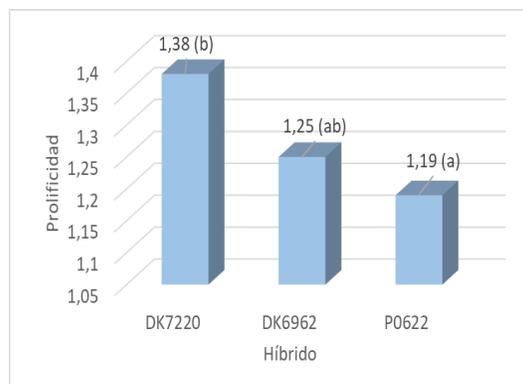


Figura 16. Prolificidad de cada material (Deckalb 7220, Deckalb 6962 y Pionner 0622). Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre genotipos

Peso de mil Granos (P1000)

No se encontró interacción entre factores ni diferencias entre densidades de siembra en el P1000 (Figura 18). En cuanto a esta variable, DK 7220 exhibió un mayor P1000 respecto de los restantes genotipos (Figura 19).

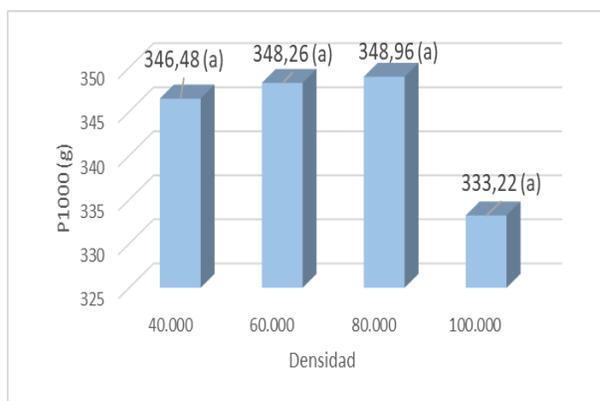


Figura 17. P1000 en función de la densidad de siembra (1. 40.000 plantas.ha⁻¹, 2. 60.000 plantas.ha⁻¹, 3. 80.000 plantas.ha⁻¹, 4. 100.000 plantas.ha⁻¹). Letras distintas indican que existe diferencia significativa.

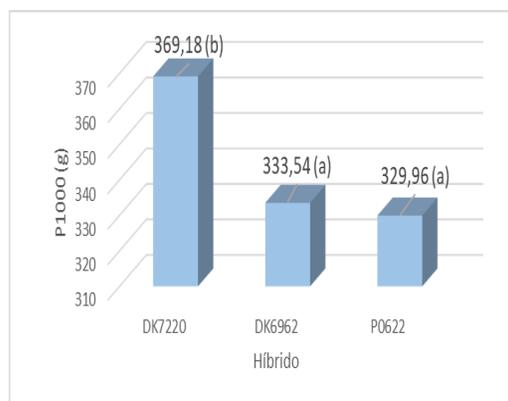


Figura 18. P1000 en función del híbrido (Deckalb 7220, Deckalb 6962 y Pionner 0622). Letras distintas indican que existe diferencia significativa.

Rendimiento

No se encontró interacción ($p > 0,05$) entre híbridos y densidades de siembra. Los mayores rendimientos se encontraron a densidades de 80.000 y 100.000 plantas.ha⁻¹, difiriendo estadísticamente ($p < 0,05$) de las plantas sembradas a las dos densidades más bajas (Figura

20). Por otra parte, los híbridos Deckalb (7220 y 6962) exhibieron mayor rendimiento que el material de ciclo hiper – precoz como se demuestra en la figura 21.

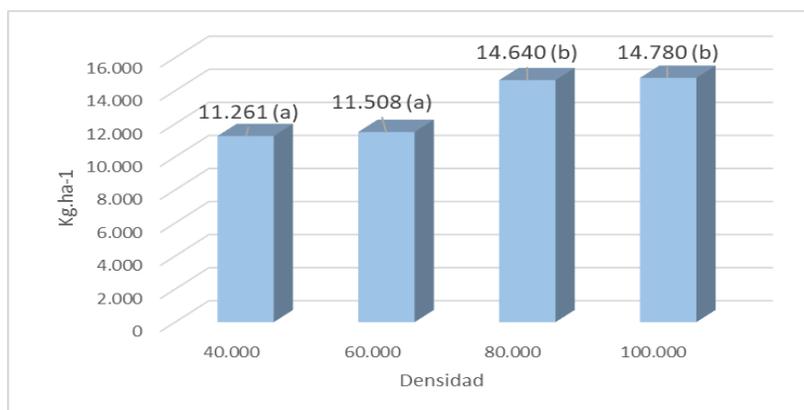


Figura 19. Rendimiento en kg.ha⁻¹ en función de la densidad (1. 40.000 plantas.ha⁻¹, 2. 60.000 plantas.ha⁻¹, 3. 80.000 plantas.ha⁻¹,4. 100.000 plantas.ha⁻¹). Letras distintas indican que existe diferencia significativa.

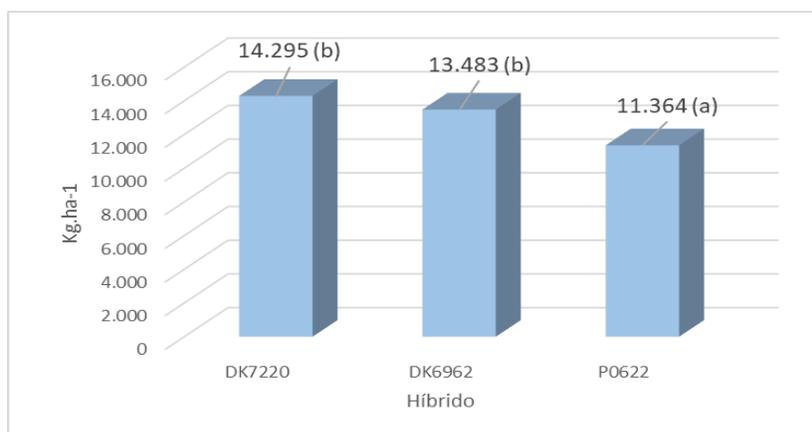


Figura 20. Rendimiento en kg.ha⁻¹ de cada híbrido (Deckalb 7220, Deckalb 6962 y Pionner 0622). Letras distintas indican que existe diferencia significativa.

N° granos.m⁻²

No se encontró interacción entre factores. A las dos densidades más altas todos los híbridos produjeron mayor cantidad de granos.m⁻² que a las dos más bajas (Figura 22). Los híbridos DK 7220 y DK 6962 no se diferenciaron entre sí ($p>0,05$) pero sí difirieron significativamente ($p>0,05$) del material provisto por Pionner (P 0622), quien ostentó los peores resultados en esta variable (Figura 23).

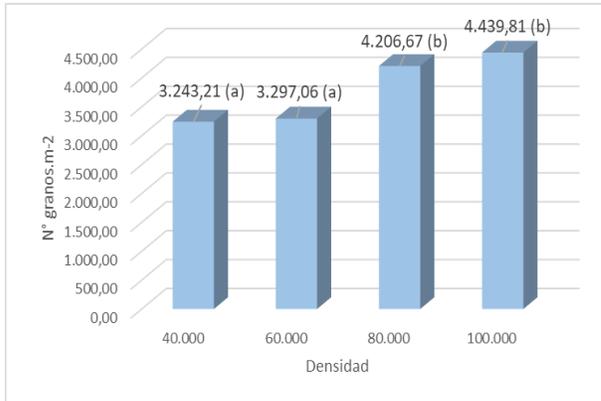


Figura 21. Número de granos.m⁻² en función de la densidad de siembra (1. 40.000 plantas.ha⁻¹, 2. 60.000 plantas.ha⁻¹, 3. 80.000 plantas.ha⁻¹, 4. 100.000 plantas.ha⁻¹). Letras distintas indican que existe diferencia significativa.

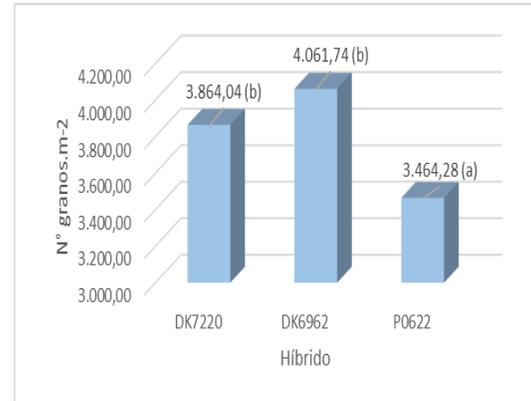


Figura 22. Número de granos.m⁻² en función del híbrido (Deckalb 7220, Deckalb 6962 y Pioneer 0622). Letras distintas indican que existe diferencia significativa.

Discusión

- Contenido de humedad de los granos

La diferencia en la humedad inicial observada entre los híbridos dificulta la comparación directa de la velocidad de secado. Esto se fundamenta en que la velocidad de secado presenta dos fases distintivas, en un principio está predominantemente controlada por factores genéticos, siendo relativamente independiente de las condiciones ambientales hasta alcanzar un 20 - 25%, etapa imperceptible en P 0622 por el bajo contenido de humedad al inicio de las mediciones. Posteriormente, la pérdida de humedad se ve influenciada principalmente por factores ambientales como la temperatura, la velocidad del viento y la humedad relativa del aire (Madonni, 2016).

- Proporción de plantas a cosecha

La presencia de interacción entre los híbridos y las densidades de siembra muestra una respuesta diferencial de los genotipos a las variaciones en la densidad de plantas. En el caso del híbrido Deckalb 7220, la proporción de plantas a cosecha se mantuvo constante en todas las densidades evaluadas, lo que sugiere que este híbrido posee una alta tolerancia a la competencia intraespecífica. Esto le permite mantener una proporción constante de plantas cosechadas en un amplio rango de densidades. Por otro lado, Deckalb 6962 mostró una mayor sensibilidad a la densidad de siembra. Lo que remarca la susceptibilidad del material ante condiciones desfavorables debido a competencia intraespecífica, resultando en una menor proporción de plantas cosechadas. No obstante, Pioneer 0622 exhibió una respuesta diferencial mayor cuando se encontró a 100.000 plantas.ha⁻¹, lo que concuerda con estudios previos que han demostrado que los híbridos precoces tienden a tolerar densidades de siembra más elevadas, debido al menor porte vegetativo (y menor número de hojas) y al menor tamaño potencial de las espigas comparado con un híbrido de ciclo completo (Ritchie y col., 1993; Edwards y col., 2005; Sarlangue y col., 2007)

Cabe aclarar que en este estudio no se pueden atribuir las faltantes de plantas a la sembradora, ya que la máquina empleada era neumática y, por ende, de alta precisión. En adición, los factores de humedad y temperatura del suelo fueron óptimas al momento de realizar la

siembra. DuPont Pioneer (2014) ha reportado que a medida que aumenta la temperatura del suelo de 10 °C a 30 °C aumenta también la tasa de crecimiento de brotes y raíces, lo cual sugiere que la temperatura fue óptima para la germinación y posterior emergencia de plántulas.

- Prolificidad

En este estudio se obtuvo que la prolificidad fue diferente dependiendo de cada genotipo, y que el valor de esta variable cae con un aumento en el número de individuos, indistintamente del material analizado.

Esto pudo deberse a que, los menores recursos por individuo inhiben el desarrollo tanto de doble espiga como el de macollos, ya que la planta de maíz prioriza el desarrollo de la espiga principal por sobre las espigas secundarias y los macollos. Por lo tanto, las posibilidades de tener más de una espiga fijada por planta disminuyen al aumentar la densidad, dependiendo no solo de la genética de cada híbrido, sino también del ambiente y del manejo que se realiza.

Los resultados aquí obtenidos son cuantitativamente inferiores a los obtenidos por Avila (2018), quien ensayando con híbridos Deckalb y Nidera a densidades de 40.000 y 60.000 plantas.ha⁻¹, obtuvo valores de 2 y 1,5 respectivamente para Deckalb y de 1,5 y 1 para los materiales Nidera, demostrándose una vez más que la prolificidad varía en función de la densidad y del genotipo.

Por su parte, los valores obtenidos para este estudio fueron superiores en las dos densidades más bajas y similares en las dos más altas a los reportados por Varela (2017), quien en similares condiciones edáficas y con sistema de riego por goteo, trabajando con densidades de siembra de 90.000 plantas.ha⁻¹ en materiales Deckalb 7210, obtuvo valores de prolificidad cercanos a 1.

- Espigas.m⁻²

A partir de los resultados obtenidos, si bien no existe interacción entre factores, tanto el híbrido como el número de individuos presente por unidad de superficie influyeron notoriamente en esta variable. Esto debido a que la determinación del número de espigas por unidad de superficie es un proceso complejo influenciado por diversos factores, tanto genéticos como ambientales y de manejo.

La cantidad de semillas sembradas por hectárea afecta directamente el número de plantas y, por ende, el número potencial de espigas. Un menor número de individuos incrementa la captura de radiación en floración, permitiendo una mayor fijación de espigas por planta, pero que puede no compensar la menor cantidad de espigas por unidad de área (Pommel et al. 2001), especialmente si son híbridos pocos plásticos (no prolíficos).

- P1000

Los resultados de este estudio demuestran que la versatilidad en el peso de mil granos se ve influenciada por la variabilidad genética, independientemente de la densidad de siembra.

Situación disímil encontraron Gonzales y Rojas (2011), quienes evaluando distintas densidades de siembra observaron cómo esta afecta el rendimiento y el peso de mil granos de maíz en el norte de Argentina, indicando que la densidad de siembra tiene un impacto significativo en el peso de los granos. Así también, ensayos propios de LG semillas (2019), durante tres campañas (2017, 2018 y 2019) concluyeron que el peso de los granos varía en función del número de individuos por unidad de superficie, obteniendo el mayor peso a las menores densidades, aunque sin llegar a compensar con este aumento de peso la disminución en el rendimiento.

Por otra parte, Defacio (2009) quien, en su tesis de postgrado, analizando seis genotipos en cuatro ambientes, obtuvo diferencias en el peso de los granos que se explican estrecha y significativamente por las variaciones entre la tasa de llenado de granos y el periodo efectivo de llenado de granos, las cuales dependen del genotipo usado. Este comportamiento concuerda con los hallazgos de la presente investigación.

La tasa de llenado de granos (TLLG) y el periodo de llenado de granos (PELLG) son atributos que actúan de forma independiente en la determinación del peso de los granos (Borrás et al., 2009), pero la TLLG es el componente que explica en mayor medida las diferencias en el PMG. Por su parte, Borrero y Ceballos (2010), destacan que la variación genética repercute en la tasa de llenado de granos del maíz, sugiriendo que el entendimiento de esta variación puede ser clave para mejorar las prácticas de selección.

Además, la partición de la biomasa durante el periodo de llenado de grano varía según el genotipo (Echarte et al. 2004; Luque et al., 2006; Amelong et al., 2015), lo cual explica las

diferencias para la respuesta del número de granos por planta con la tasa de crecimiento de las plantas alrededor de floración. Cada genotipo muestra una curva particular para esta relación (Tollenaar et al., 1992; Andrade et al., 1999; Echarte et al., 2004), dependiente de la partición de biomasa.

Algunos autores encontraron que incrementos en el peso de los granos, no influyen de forma clara en el rendimiento (Andrade, et al. 1996). -Mientras que otros afirman que el peso del grano individual influye menos en la variación del rendimiento, ya que es, en general, más estable que el número de granos en la mayoría de las condiciones de crecimiento (Borrás et al., 2004; Borrás y Gambín, 2010) y tiene escasa plasticidad para compensar potenciales pérdidas en el número de estructuras reproductivas (Charles-Edwards y Beech, 1984; Sadras y Denison, 2009; Gambín y Borrás, 2010; Cerrudo et al., 2013; Egli, 2019).

- Rendimiento

Según los resultados obtenidos en este estudio, las mayores densidades de siembra lograron rendimientos superiores que las densidades más bajas. Sin embargo, no hay una diferencia relevante entre la penúltima y última densidad. Este hallazgo está en línea con lo que han reportado diversos autores, quienes indicaron que un aumento en la densidad de siembra puede optimizar la captura de luz y el uso de recursos, lo que a su vez se traduce en un mayor rendimiento (González et al., 2019; Pérez y López, 2020). Por su parte, Andrade, et al. (1996) afirma que a densidades de siembra superiores a la óptima los recursos se tornan limitantes, por lo que se reduce la capacidad de la planta para crecer durante el período crítico cercano a la floración y aumenta el riesgo de aborto de granos. Por consiguiente, se produce la caída del número de granos por superficie y disminuye la tasa de crecimiento por planta alrededor de floración, repercutiendo en una disminución en el número de granos fijados por planta, que no son compensadas por el aumento en el número de individuos por unidad de superficie.

Además, es importante destacar que el rendimiento del grano no solo depende de la densidad de siembra, y del tipo de manejo, sino también del tipo de híbrido utilizado. En el presente ensayo, los híbridos de ciclo corto mostraron un rendimiento superior en comparación con los híbridos de ciclo hiper precoz. Esta variabilidad en el rendimiento puede atribuirse a las diferencias en la capacidad de los híbridos para adaptarse a las condiciones ambientales y a su potencial genético (Martínez et al., 2021).

- Numero de granos.metro⁻²

El número de granos, en general, presenta una relación directa (asintótica), en respuesta a un aumento en la densidad; hasta cierto punto (óptimo), por encima del cual, frente a un aumento en el número de individuos, el número de granos disminuye o su respuesta ante aumentos en la densidad no es tan marcada. Por otro lado, esta variable se ve afectada por el material en cuestión, es decir por el genotipo.

Los resultados obtenidos en este trabajo fueron inferiores en comparación con los evaluados en fechas tempranas por Varela (2017), quien en similares condiciones edáficas y con sistema de riego por goteo, trabajando con densidades de siembra de 90.000 mil plantas.ha⁻¹, obtuvo valores de 5.625 granos.m⁻². No obstante, se encuentran en concordancia con los resultados obtenidos en fechas tardías (4.392 granos.m⁻²) en el mismo ensayo.

En contra posición a las comparaciones anteriormente realizadas, los resultados son superiores a los presentados por Rusoci y Riglos (2021) de la E.E.A INTA San Luis , quienes ensayando con híbridos Dekalb 7210 (simil a DK 7220) en distintas fechas de siembra (FS1: temprana y FS2: tardía) a diferentes densidades (30.000 pl.ha⁻¹, 55.000 pl.ha⁻¹, 80.000 pl.ha⁻¹), obtuvieron un máximo de 4.183 granos.m⁻² en la FS2 a la mayor densidad, mientras que para las demás densidades (a igual fecha de siembra) no lograron sobre pasar los 3.000 granos.m⁻², y en siembras tempranas estas densidades no sobrepasaron los 2.000 granos.m⁻².

La planta de maíz presenta escasa capacidad para diferenciar estructuras reproductivas adicionales, frente al incremento en su tasa individual de crecimiento en densidades subóptimas. Es decir, el número de granos fijados por espiga en densidades bajas se encuentra cercano a su número potencial (Andrade, et al. 1996). Pero debido a limitaciones morfogénicas del maíz, la falta de plantas no necesariamente es compensada por una mayor producción individual (Edmeades y Daynard, 1979; Andrade et al., 1999; Sarlangue et al., 2007). Por otra parte, en la medida en que aumenta la densidad de siembra, la competencia intraespecífica hace que disminuya drásticamente la tasa de crecimiento por planta, llegando incluso a valores menores que el valor umbral para la producción de granos.

El aumento en el rendimiento de los híbridos debido a la mejora genética a través del tiempo, se atribuye principalmente a incrementos en el número de granos por unidad de área,

resultantes de una mayor habilidad de los cultivos para tolerar los estreses abióticos, las mayores densidades poblacionales y al hecho de utilizar con mayor eficiencia el nitrógeno disponible (DeBruin et al., 2017; Di Matteo et al., 2016; Duvick, 2005; Echarte y Tollenaar, 2004; Egli, 2015; Haegele et al., 2013; Mueller et al., 2019b). Asimismo, el número de granos producidos en una espiga varía significativamente entre los diferentes híbridos disponibles en el mercado. Híbridos hiper precoces presentan un menor número potencial granos en comparación con materiales de ciclo más extendido, debido a que tienen un período de crecimiento más corto, lo que limita la cantidad de biomasa y granos que pueden producir (Sarlangue, 2008).

7. CONCLUSIONES

Los híbridos no respondieron de la misma forma a la variación de la densidad de siembra, quedando Deckalb 7220 como el material que mejor rendimiento mostró en todos los casos.

Para los materiales evaluados en el presente ensayo, la densidad óptima de siembra sería de 80.000 plantas.ha⁻¹.

El material hiper precoz (P 0622) presentó una performance productiva significativamente inferior en todos los parámetros evaluados en comparación con los híbridos Deckalb.

DK 6962 presentó un mayor número de granos en comparación con el material prolífico (DK 7220), sin embargo, esta superioridad en el número de granos no se tradujo en un mayor rendimiento; ya que, a pesar de tener un menor número de granos DK 7220 presentó un mayor número de espigas por metro cuadrado.

Pionner llegó de forma anticipada a la humedad de cosecha, sugiriendo que, a pesar de su menor rendimiento potencial, ofrecería otro tipo de flexibilidad y capacidad de adaptación en situaciones específicas.

8. Bibliografía

- Alfaro, C., Cabrera de Bisbal, E., & Bisbal, F. (2004). El maíz (*Zea mays* L.): origen, clasificación y etnobotánica. *Revista Alcance*, 13(1), 5-15.
- Amelong, W., Sadras, V. O., & Andrade, F. H. (2015). Grain weight and its components in maize: responses to source–sink manipulations and water stress during grain filling. *Field Crops Research*, 171, 10-19.
- Andrade F., Cirilo A., Uhart S., Otegui M. 1996. *Ecofisiología del cultivo de maíz*. Editorial la Barrosa. Balcarce. 292 pp.
- Andrade, F. H., Otegui, M. E., & Slafer, G. A. (1996). Analysis of factors affecting grain weight in maize. *Crop Science*, 36(5), 1146-1150.
- Andrade, F. H., Vega, C., Uhart, S., Cirilo, A., Cantarero, M., & Valentinuz, O. (1999). Kernel number determination in maize. *Crop Science*, 39(2), 453-459.
- Avila, A. 2018. *Maíz tardío, análisis de dos factores que afectan el rendimiento: densidad y genotipo*. Tesis de grado, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires.
<file:///C:/Users/sergio/Documents/TESIS%20bosetos%20y%20+/Similar%20a%20mi%20tesis.%20evaluacion%20de%20rto%20de%20hib%20comerciales%20a%20fecha%20tardia.pdf>
- Bayer S.A. (2024). Portafolio Deckalb 2024. https://www.agropulso.com.ar/wp-content/uploads/2024/04/Catalogo_DEKALB_2024_baja.pdf
- Bolsa de Cereales de Rosario, Estimaciones Nacionales de Producción – Especial Campaña de Maíz disponible en: <https://www.bcr.com.ar/es/mercados/gea/estimaciones-nacionales-de-produccion/estimaciones>
- Bolsa de Comercio de Rosario. (2020.). Producción y clima: ¿cómo se perfila el nuevo ciclo maicero? <https://www.bcr.com.ar/es/mercados/investigacion-y-desarrollo/informativo-semanal/noticias-informativo-semanal/produccion-y>
- Bolsa de Comercio de Rosario. (2023, 11 de mayo). Por primera vez, Brasil superaría a EE.UU. como el mayor exportador de maíz. <https://www.google.com/search?q=https://www.bcr.com.ar/es/mercados/investigacion-y-desarrollo/informativo-semanal/noticias-informativo-semanal/por-primera-vez>.

- Bolsa de Cereales de Rosario. (2024). Balance regional. - Edición N° 2136 - Especial Campaña Maíz. <https://www.bcr.com.ar/es/mercados/investigacion-y-desarrollo/informativo-semanal/noticias-informativo-semanal/balance-13#:~:text=Tras%20la%20sequ%C3%ADa%20del%20ciclo,alcanzando%2039%20millones%20de%20toneladas.>
- Bolsa de Comercio de Rosario, GEA - Guía Estratégica para el Agro (s.f.). Estimaciones Nacionales de Producción. Recuperado el día 15/08/2024 de <https://www.bcr.com.ar/es/mercados/gea/estimaciones-nacionales-de-produccion/estimaciones>
- Borrás, L., Slafer, G. A., & Otegui, M. E. (2004). Seed dry weight response to source–sink manipulations in wheat, maize and soybean: a quantitative reappraisal. *Field Crops Research*, 86(2-3), 131-146.
- Borrás, L., Slafer, G. A., & Otegui, M. E. (2009). Source–sink relations in determining grain weight in wheat and maize: a quantitative appraisal. *Field Crops Research*, 114(1), 73-81.
- Borrás, L., & Gambín, B. L. (2010). Source-sink relationships and crop yield determination. In *Crop physiology: Applications for genetic improvement and agronomic management* (pp. 173-206).
- Borrero, J. C., & Ceballos, H. (2010). Genetic variation for grain filling rate in tropical maize. *Crop Science*, 50(5), 1619-1627.
- Cárcova, J., Borrás, L. & Otegui, M. (2003). Ciclo ontogénico, dinámica del desarrollo y generación del rendimiento y la calidad del maíz. *Producción de granos: 1 bases funcionales para su manejo* (4a ed., pp. 145-172). Editorial Facultad de Agronomía.
- Cerrudo, A., Sadras, V. O., & Andrade, F. H. (2013). Grain weight response to source–sink manipulations in maize: Dynamics during grain filling and sensitivity to plant density. *Field Crops Research*, 142, 37-46.
- Charles-Edwards, D. A., & Beech, D. F. (1984). Carbon assimilation and partitioning in relation to yield of grain crops. In *Advances in Agronomy* (Vol. 37, pp. 267-306).
- DeBruin et al., 2017: DeBruin, J. L., Chen, C., & Vyn, T. J. (2019). Simultaneous gains in grain yield and nitrogen efficiency over 70 years of maize genetic improvement. *Scientific Reports*, 9(1), 9152. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6591295/>

- Defacio, A. 2009. Caracterización y evaluación de la variabilidad genética en poblaciones nativas de maíz (*zea mays* l.) de la provincia de buenos aires en base a descriptores morfológicos y agronómicos. Tesis de postgrado, Universidad Nacional de Rosario. <https://rephip.unr.edu.ar/server/api/core/bitstreams/2054ff4b-e869-4958-98eb-27b302e21f09/content>
- Di Matteo et al., 2016: Di Matteo, J. A., Ferreyra, J. M., Cerrudo, A. A., Echarte, L., & Andrade, F. H. (2016). Yield potential and yield stability of argentine maize hybrids over 45 years of breeding. *Field Crops Research*, 197, 107–116.
- Di Rienzo, J.A., Casanoves, F., Balzarini, M.G., Gonzalez, L., Tablada, M. y Robledo, C.W., 2018. InfoStat versión 2018. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. <http://www.infostat.com.ar>
- DuPont Pioneer. 2014. Temperatura del suelo y emergencia del maíz. Acceso en octubre 2019. https://www.pioneer.com/CMRoot/International/Latin_America_Central/Chile/Servicios/Informacion_tecnica/ais2182_2014_SP_Soil_Temp_and_Emergence.pdf
- Duvick, 2005: Duvick, D. N. (2005). Genetic progress in yield of United States maize (*Zea mays* L.). *Maydica*, 50, 193-202.
- Echarte, L., Andrade, F. H., Sadras, V. O., & Vega, C. R. C. (2004). Grain weight and kernel number in maize hybrids differing in maturity. *Field Crops Research*, 86(1), 65-72.
- Edmeades, G. O., & Daynard, T. B. (1979). The effect of flowering date, plant height, and grain filling period on grain yield of corn. *Canadian Journal of Plant Science*, 59(3), 585-601.
- Edwards, J., & Vodichka, H. (2005). *Corn Production Handbook*. University of Nebraska-Lincoln Extension.
- Egli, D. B. (2019). Seed size and yield of grain crops. *Field Crops Research*, 233, 1-9
- FAO (1993). FAOSTAT database. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/home/es>
- Gambín, B. L., & Borrás, L. (2010). Maize kernel weight and grain yield response to changes in source–sink ratio during grain filling. *Field Crops Research*, 116(2), 144-153.

- Garay, L. A., & Colazo, J. C. (Eds.). (2015). El cultivo de maíz en San Luis. Información Técnica 188. IISN 0327-425X/MARZO 2015.
- Gonzalez V.H., E.A. Lee, L. Lewis Lukens y C.J. Swanton. 2019. The relationship between floret number and plant dry matter accumulation varies with early season stress in maize (*Zea mays L.*). Field Crops Research 238: 129-138.
- Haegele et al., 2013: Haegele, J. W., & Below, F. E. (2013). Hybrid and nitrogen effects on grain yield and nitrogen use efficiency of maize. Field Crops Research, 143, 1-12
- LG semillas. 2019. Densidad en maíz. (Informe Técnico N° 2). <https://www.lgsemillas.com/ensayos/Informe-Tecnico-N2-LG-Semillas.pdf>
- Luque, S., Andrade, F. H., & Sadras, V. O. (2006). Partitioning of biomass and nitrogen during grain filling in maize: Genotypic and environmental effects. Field Crops Research, 95(2-3), 276-286.
- Madonni, G. A. (septiembre de 2016). ¿Cuál es la ventaja óptima de siembra en maíz tardío y cuáles son los riesgos climáticos?. Congreso Nacional de Maíz Tardío. <https://www.maizar.org.ar/seccion.php?id=27>
- Orúz, A. (22 de octubre de 2024). Principales países productores de maíz en el mundo. Statista. (s.f.). <https://es.statista.com/estadisticas/613419/principales-productores-de-maiz-en-el-mundo/>
- Otegui, M. E., & Melón, S. (1997). Grain yield determination in maize with different growth habits. Agronomy Journal, 89(5), 745-751.
- Paliwal, R. L. (2001). El maíz en los trópicos: Mejoramiento y producción. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT).
- Pioneer Argentina S.R.L. (2023). Catalogo 2023 de Híbridos de maíz. https://www.pioneer.com/content/dam/dpagco/pioneer/la/ar/es/files/Catalogo_maizPioneer_2023.pdf
- Pommel, B., Picard, D., & Goldringer, I. (2001). Grain number determination in maize: effects of plant density and source–sink balance during early reproductive development. Crop Science, 41(5), 1594-1601.
- Presello, D.A. et al. 2022. La producción de maíz en Argentina. ACI Avances en Ciencias e Ingenierías. 14, 1 (2022), 13. <https://doi.org/10.18272/aci.v14i1.2573>

- Ranum et al., 2014: Ranum, P., Peña-Rosas, J. P., & Garcia-Casal, M. N. (2014). Global maize production, utilization, and consumption. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1312(1), 1 105-112.
- Ritchie S. W y Hanway J.J. 1982. How a corn plant develops. Iowa State Univ. Of Science and Technology. Coop. Ext. Service. 48 pp.
- Ritchie, S. W., Hanway, J. J., & Benson, G. O. (1993). How a corn plant develops. Iowa State University of Science and Technology Cooperative Extension Service.
- Rusoci, N. Riglos, M. 2023. Maíz en San Luis: efecto de fechas y densidades de siembra sobre el rendimiento y sus componentes ecofisiológicos (Informe Técnico N° 199). INTA E.E.A San Luis.
file:///C:/Users/sergio/Documents/TESIS%20basetos%20y%20+/INTA_CR_LaPampa-SanLuis_EEASanLuis_Rusoci_N._Ma%C3%ADz%20en%20San%20Luis.pdf
- Sadras, V. O., & Denison, R. F. (2009). Does source–sink balance control grain number in cereals? A critical review. *Field Crops Research*, 114(2-3), 351-360.
- Sánchez R, A Pezzola & J Cepeda. 1998. Caracterización edafoclimática del área de influencia del INTA EEA Hilario Ascasubi. Partidos de Villarino y Patagones, Prov. de Buenos Aires. Boletín de divulgación N° 18. ISSN 0328-3321.
- Sarlangue, P., Tollenaar, M., & Stewart, D. W. (2007). Changes in biomass partitioning during the grain-filling period in maize hybrids released between 1930 and 2000. *Agronomy Journal*, 99(1), 145-151.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca. (29 de abril de 2016). Tablero de Cultivos. Recuperado el día 20/08/2024 de <https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/estimaciones/tableros/tablero-cultivos.php?accion=imp>
- Tollenaar, M., Dwyer, L. M., & Stewart, D. W. (1992). Ear and kernel development in maize. *Plant Physiology*, 98(1), 148-153.
- Van Roekel, R. J., & Coulter, J. A. (2012). Agronomic responses of corn to planting date and plant density in the Northern Corn Belt. *Agronomy Journal*, 104(6), 1424-1432.
- Varela, P. 2017. Análisis del impacto del riego por goteo subterráneo para maíz en el Valle Bonaerense del Río Colorado (Informe Técnico N° 53). INTA E.E.A Hilario

Ascasubi.

[file:///C:/Users/sergio/Documents/TESIS%20bosetos%20y%20+INTA CRBsAsSur
EEAHilarioAscasubi Varela P Analisis impacto riego por goteo subterraneo ma
iz.pdf](file:///C:/Users/sergio/Documents/TESIS%20bosetos%20y%20+INTA%20CRBsAsSur%20EEAHilarioAscasubi%20Varela%20P%20Analisis%20impacto%20riego%20por%20goteo%20subterraneo%20maiz.pdf)