

XXXXXXXXXXXXXXXXXX

XXXXXXXXXXXXXXXXXX

CULTIVO DE MAÍZ TARDÍO EN BAJA DENSIDAD: COMPARACIÓN DE RENDIMIENTO Y CUALIDADES EN SITIO Ea. Funke (Pdo. de Tornquist)



*Universidad Nacional del Sur
Departamento de Agronomía*

Autora: María Eugenia Angarola

Docente tutor: Dr. Oscar Bravo

Docentes consejeros:

 *Dr. Alejandro Presotto*

 *Ing. Agr. (Mag.) Erica Schmidt*

2020

Bahía Blanca



AGRADECIMIENTOS

Primero y principal a mis papás que gracias a ellos hoy pude recibirme de Ing. Agrónoma.

A mi hermano, mis tíos y mis abuelos por tener fe y seguir alentándome.

A mi tutor Dr. Oscar bravo, por ayudarme y guiarme en mi tesis.

A mis consejeros Alejandro Presotto y Erica Schmidt por ayudarme en las correcciones de la tesina.

A la Universidad Nacional del Sur y Departamento de agronomía por permitirme estudiar esta hermosa carrera y formarme como profesional.

A mis amigas de agro, anita, juli, pancha, sofi, agus, y principalmente a mi prima postiza ruis, nato y yessi por acompañarme en cada etapa de mi carrera.

A guille, ro, may y maqui que a pesar de la distancia siempre estamos juntas, apoyándonos y estar ahí para todas.

Al Dojo Fragata Sarmiento por ser una familia que te acompaña en todo momento.

A yani y ange que después de tantos años de estar en el hípico dándome aliento y alegría.

A mis caballos, mis perros y mi joey por su compañía.





Índice

RESUMEN.....	Pág.3
1. INTRODUCCIÓN.....	Pág.4
2. ORIGEN, ÁREAS DEL CULTIVO EN ARGENTINA, SITUACIÓN Y PRODUCCIÓN MUNDIAL.....	Pág.5
3. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL CULTIVO DE MAÍZ.....	Pág.11
3.1. CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS.....	Pág.11
3.2. FACTORES DE MANEJO Y COMPONENTES DE RENDIMIENTO.....	Pág.15
3.3. RELACIÓN CULTIVO Y MEDIO AMBIENTE.....	Pág.20
4. OBJETIVOS.....	Pág.23
5. MATERIALES Y MÉTODOS.....	Pág.23
5.1. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	Pág.23
5.1.1.1. UBICACIÓN DE LA <i>ESTANCIA FUNKE</i>	Pág.23
5.1.1.2. CLIMA.....	Pág.24
5.1.1.3. UBICACIÓN DEL LOTE DE ENSAYO.....	Pág.27
5.1.1.4. CARACTERIZACIÓN EDÁFICA.....	Pág.27
5.1.1.5. DATOS CLIMÁTICOS FUNKE.....	Pág.31
6. MÉTODOS DE TOMA DE MUESTRA Y ANÁLISIS DE DATOS.....	Pág.32
6.1. DISEÑO DE LA EXPERIENCIA.....	Pág.32
6.2. EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE RENDIMIENTO.....	Pág.34
6.2.1.1. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	Pág.35
7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	Pág.36
8. CONCLUSIONES.....	Pág.51
9. ANEXO TABLAS	Pág.53
10. BIBLIOGRAFÍA.....	Pág.59





CULTIVO DE MAÍZ TARDÍO EN BAJA DENSIDAD: COMPARACIÓN DE RENDIMIENTO Y CUALIDADES EN SITIO Ea. Funke (Pdo. de Tornquist)

RESUMEN

La industrialización del maíz es una de las actividades agroindustriales que genera mayor valor agregado, primeramente, por las exportaciones, seguido de su destino interno como consumo animal, humano y bioetanol. Es un cultivo que genera gran variedad de materia prima debido a que se aprovecha toda la planta según en qué estadio se lo coseche. Además de la importancia productiva, otorga beneficios a las condiciones físicas del suelo. Su incorporación en las rotaciones ha sido una buena práctica de manejo a implementar, acompañándolo por un sistema de siembra tardío que se viene beneficiando año tras año por su ventaja en la estabilidad y productividad del cultivo.

La experiencia de la tesina se llevó a cabo sobre una parcela ubicada en la Estancia Funke mediante un proyecto de Aapresid (que viene con una continuidad de hace ya 5 años implementando rotación con maíz). En el lote elegido se sembraron líneas de híbridos (seleccionados por el productor) y se compararon los rindes y adaptación tanto con un testigo (N 7784), según las características de suelo y clima del área de estudio. Luego de la toma de muestra y con el consiguiente estudio de las mismas se pudo determinar que los híbridos que mayor rendimiento fueron: DK 7310 (4875 Kg/ ha), DM 2738 (4755 Kg/ ha), y ACA 470 (4385 Kg/ ha). Los mismos contaron también con un mayor número de espigas. m² que favoreció el rinde, característica a tener en cuenta cuando se trata con baja densidad.





1. INTRODUCCIÓN

En el marco de los escenarios agronómicos actuales caracterizados por cambios en el clima (i.e aumentos en la temperatura global y en la variabilidad de la disponibilidad hídrica (Easterling et al. 2000; Holzkämper *et al.*, 2013), e incrementos en la demanda de manejos sustentables y eficientes en el uso de los recursos (Viglizzo *et al.*, 2011), las tecnologías de procesos permiten identificar limitantes del rendimiento de los cultivos y/o de su estabilidad (Andrade, 2016). En particular, y en referencia al impacto del cambio climático, se proyecta que la falta de adaptación de prácticas de manejo afectará significativamente el rendimiento de los cultivos en secano (Deryng et al., 2014; Rose *et al.*, 2016). A nivel global, las practicas principales para evitar el estrés abiótico han sido la fecha de siembra (tanto por adelantamiento como por atraso), y el uso de genotipos de distintas precocidades (Liu et al., 2013; Iizumi *et al.*, 2014; Tao *et al.*, 2016). Dichas estrategias de manejo serán cada vez más importantes para la mitigación del efecto detrimental del cambio climático sobre el rendimiento de los cultivos (Teixeira *et al.*, 2013; Gabaldón-Leal *et al.*, 2015; Senthikumar *et al.*, 2015).

En las zonas templadas se usaba tradicionalmente fechas de siembra tempranas de maíz, para evitar principalmente daños causados por lepidópteros como, barrenador del tallo "*Diatraea saccharalis*" y la oruga militar tardía "*Spodoptera frugiperda*", con la finalidad de obtener rendimientos potenciales elevados. Posteriormente con la posibilidad de utilizar cultivares Bt se priorizó como importante la fecha de siembra, buscando una menor ocurrencia del déficit hídrico en el período crítico del cultivo, a costa de menores rendimientos de grano potenciales (Aapresid, 2017), pero con una mayor estabilidad interanual de los rindes alcanzables. Argentina se encuentra transitando un cambio en su sistema productivo, donde la superficie cultivada del maíz con siembra tardía ocupa entre un 40 y 60% (PAS, 2017). La misma se ha convertido en una alternativa interesante por los buenos y estables rendimientos que obtuvieron durante los últimos años, a pesar de su menor potencialidad respecto a las fechas tempranas (Aapresid, 2017).

La siembra tardía de maíz ha aumentado su importancia regional. En este sistema, al atrasar la siembra permite una mayor acumulación de agua en el perfil del suelo, asegurando en la etapa crítica de la floración a una mejor oferta hídrica. Asimismo, las altas temperaturas aceleran el desarrollo fenológico y anticipan la floración (Cirilo, 2015). Por otro





lado, la implementación del maíz en la rotación es muy efectiva debido a que contribuye de forma favorable al balance de carbono y por ende a la acumulación de materia orgánica del suelo, por el volumen de rastrojo que deja en la superficie y la masa radicular de gran desarrollo, dando buenos resultados en el rendimiento de cultivos que se siembren seguido del maíz.

Es importante considerar que a través del mejoramiento genético y biotecnología generan nuevos materiales con una alta frecuencia de recambio, deben ser evaluados en diferentes ambientes para su posterior recomendación de uso. (INTA, 2018).

2. ORIGEN, ÁREAS DE CULTIVO EN ARGENTINA, SITUACIÓN Y PRODUCCIÓN MUNDIAL

El Maíz (*Zea mays*) es una gramínea anual originaria y domesticada por el hombre en México como resultado de la selección de su antecesor silvestre, teosinte (*Zea mays ssp. parviglumis*), hace ya unos 10.000 años (R.L.Paliwal, 2001) (Figura 1). La evidencia más antigua del maíz como alimento humano proviene de algunos lugares arqueológicos en México, donde algunas espigas de maíz de 5.000 años de antigüedad fueron encontradas en cuevas de los habitantes primitivos (Wilkes, 1979, 1985).

Se considera que alrededor del año 1.000 DC la planta de maíz comenzó a ser desarrollada por agricultores mejoradores siguiendo un proceso de selección en el cual conservaban las semillas de las espigas más deseables para sembrar en la próxima estación. Cuando Cristóbal Colón llegó a Cuba en el año 1492 los agricultores americanos, ya estaban cultivando variedades mejoradas de maíz. Cuando regresó a Europa, probablemente llevó consigo semillas de varios cultivares locales de maíces duros. Hacia fines de los años 1500 el maíz era extensivamente cultivado en el Viejo Mundo. Se cree que los navegantes portugueses introdujeron el maíz en África a principios de 1500 con el tráfico de esclavos. El maíz también llegó al sur Asia en la misma época, por medio de los comerciantes portugueses y árabes desde Zanzíbar, donde posteriormente se difundió a regiones vecinas. De esta manera, en menos de 300 años el maíz se extendió alrededor del Mundo y se estableció como un importante cultivo alimenticio en numerosos países (Paliwal y otros, 2001).





El cultivo mundialmente tuvo como producción total en la campaña 2018/2019 de 1000 millones de t (con una participación del 16% provenientes de campos argentinos) donde se lo considera el 1° seguido del trigo y el arroz. El consumo mundial del maíz se destina principalmente para producción en alimentación animal (58%), en segundo lugar, se industrializa el 27% y finalmente el 15% es de consumo humano.

Es un cultivo de maíz es uno de los cultivos más importantes, que por su gran capacidad de crecer en climas diversos tuvo una gran expansión al resto del mundo de forma notable y rápida (así también como una planta cultivada y productora de alimentos). Argentina para el 2018/2019 se ubica en el 5^{to} lugar con una producción de 48mTn (que superó en un 51% la campaña anterior y en un 51,4% al promedio de los últimos 5 años), rinde de 83,6 qq/ha y un área sembrada de 6,66 Mill de hectáreas (siendo un 35% superior al promedio de los últimos 5 años) (agroverdad, 2019), siendo EEUU y China los que llevan el 1° y 2° puesto respectivamente (Tabla 1).

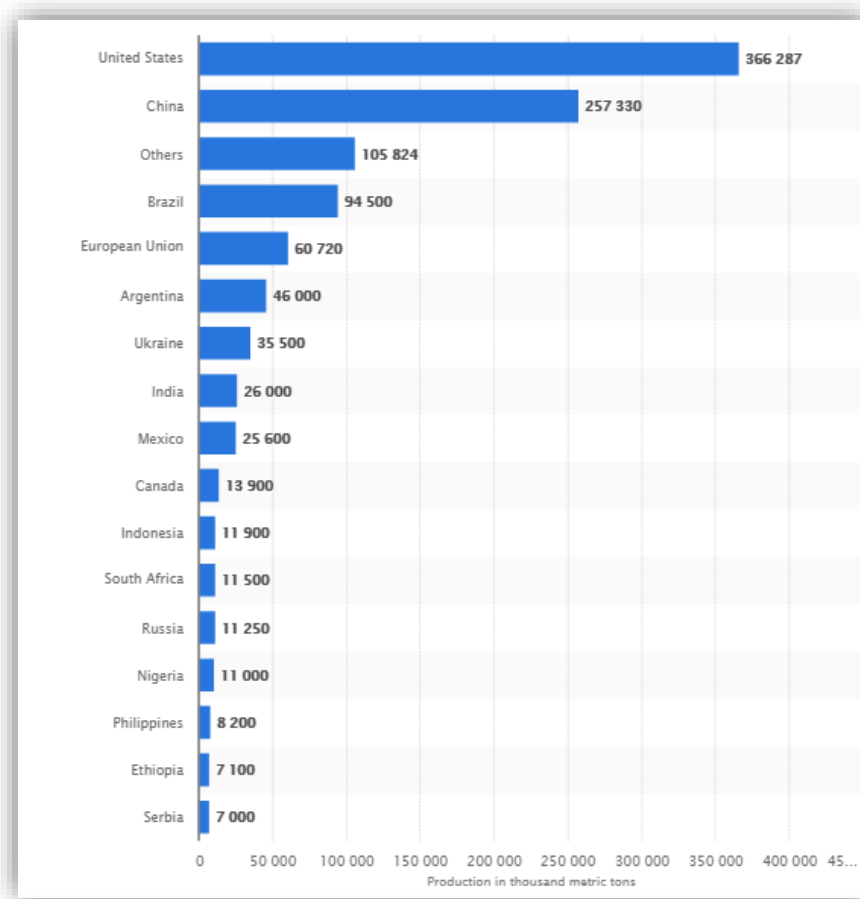
Según un informe de la Fundación Agropecuaria para el Desarrollo de la Argentina (FADA) toma a la argentina como el 3° exportador con 36 Mtn que sería un 69,7 % mayor al último record del ciclo 2016/2017, y resalta que *“el maíz es un cultivo de importancia significativa en la matriz productiva de la argentina. Por un lado, genera un efecto multiplicador a través de su cadena de valor, y por otro, a través de la rotación agrícola, mejora los suelos dado que aporta carbono y consume más agua por hectárea, dato importante en caso de inundaciones”*.





Figura 1. Teoría relacionada con la evolución del maíz, adaptado de Wilkes and Goodman, 1995

Tabla 1. Producción mundial del maíz por país (en millones de toneladas). Fuente: Statista, 2019





En Argentina su producción data del siglo XVI (Parodi, 1998). En 1875 comenzó el cultivo comercial del maíz y en la campaña de 1935/1936, se sembraron 7 millones de hectáreas, que fue el máximo histórico, que hasta ahora no se ha superado. De esta fecha hasta la década del 50' la producción del maíz disminuyó debido a los bajos precios fijados por el estado y a los efectos de sucesivos cultivos que hicieron perder fertilidad a las tierras y dieron origen a la proliferación de las malezas. Entre 1950 y 1970, se revirtió la tendencia y lentamente aumentó la superficie sembrada. La producción se incrementó como consecuencia de mejores rendimientos por unidad de superficie. Esto fue consecuencia de la utilización de híbridos, herbicidas (2,4 D, atrazina), mayor mecanización y la difusión de la cosechadora que permitió trabajar el maíz a granel (Boy, 2004).

En la campaña 1978/1979 comenzaron a introducirse los avances de la Revolución Verde: híbridos, riego, herbicidas, insecticidas, cosecha anticipada, secado artificial. Con la mitad de la superficie record de la década del 30' se obtuvieron alrededor de 9 millones de toneladas. Durante esta etapa el cultivo de maíz se expandió en forma importante. Es así que, a mediados de la década del 70, se difundió el maíz hacia el sur y el sudoeste del país, avanzando sobre tierras que eran hasta entonces dedicadas a la ganadería. Estas tierras con fertilidad permitieron un laboreo sencillo e incentivaron el empleo de avances tecnológicos que resultaron en rendimientos comparables a la región maicera tradicional (Boy, 2004).

Desde comienzos de la década del 90', Argentina comenzó a ocupar un lugar relevante en la producción y comercialización de granos. Sin embargo, a partir de dicha campaña, se produjo un continuo desplazamiento del cultivo del maíz por parte de la soja a zonas consideradas marginales para la producción maicera, producto de una serie de factores locales e internacionales, que se fueron agudizando ante la mayor rentabilidad de la soja con respecto al maíz (Centro de corredores, 2014).

En Argentina para la campaña 2018/19 se vio una producción total de granos (de todos los cultivos) de 147Mtn (argentina.gob.ar, 2019), siendo la soja en el 1° lugar seguido del maíz. Las áreas potencialmente cultivables con Maíz se extienden desde el centro norte de Santa Fe hasta el noreste de la región Pampeana, siendo Córdoba la de mayor concentración en producción (Tabla 3); también zonas que se incluyen son Jujuy, Salta, Tucumán y Formosa (Figura 2). El principal destino del maíz argentino es la exportación





(65%), lo que ubica a nuestro país como 3° exportador a nivel mundial con una participación del 15,9 % y 4° como productor (MAIZAR, 2018) con una participación del 3,4 % por esto se lo toma a la Argentina como uno de los líderes mundiales en la producción de maíz. El resto de la producción (12 millones de toneladas) se utiliza para forraje (86%) para producción de carnes, huevos y leche, consumo humano (11%) en molienda húmeda y seca, y por último para producción de etanol (3%), (Taller de producción vegetal, 2017). El cultivo tiene un gran peso en la agroindustria debido a que, a nivel nacional, por sus ingresos provenientes de la exportación y a nivel local como materia prima para la industria de la molienda, la transformación en proteínas animales y, más recientemente, para la sustitución parcial de combustibles líquidos fósiles (Heiland, 2019).

Para la campaña 2018/2019 el volumen de producción de maíz fue récord debido a que *“pese al fatal efecto que tuvo la sequía en la campaña pasada en la actividad económica en general y los ingresos del productor en particular, este redoblo su esfuerzo no solo aumentando la superficie productiva del país sino también invirtiendo en inversión en tecnología de punta (lo cual incluye las semillas) y mejores prácticas agrícolas, apuntalando los rindes”* (BCR, 2019) *“fue relevante el aumento de la temperatura en la franja central del pacífico ecuatorial que indicó el desarrollo del fenómeno climático de “el Niño”, estando correlacionado con mejores condiciones climáticas para los cultivos de verano de Argentina” “ esta conjunción de factores endógenos (mejoramiento en la tecnología) y exógenos (buenas temperaturas y lluvias) posibilitaron la obtención de rendimientos altos o máximos históricos en los principales cultivos como soja, maíz, maní, cebada y trigo.”*(BCR, 2019).





Figura.2 Áreas de producción del Maíz a nivel nacional.





Tabla 2. Producción nacional del Maíz.

Campaña de Maíz 2018/19

GEA - Guía Estratégica para el Agro, BCR

	Superficie Sembrada	Sup. Cosechada	Rinde	Producción Nacional
Nacional	6,66 M ha	5,66 M ha	82,3 qq/ha	46,5 Mt
	Sup. Sembrada	Rinde estimado 09-01-2019	Rinde estimado 13-02-2019	Producción
Buenos Aires	1,70 M ha	81,0 qq/ha	83,5 qq/ha	12,17 Mt
Córdoba	2,29 M ha	86,2 qq/ha	91,6 qq/ha	18,78 Mt
Santa Fe	0,71 M ha	96,5 qq/ha	98,2 qq/ha	5,99 Mt
Entre Ríos	0,30 M ha	72,0 qq/ha	75,0 qq/ha	2,02 Mt
La Pampa	0,36 M ha	61,5 qq/ha	66,0 qq/ha	1,32 Mt
Otras prov.	1,30 M ha	56,9 qq/ha	58,4 qq/ha	6,25 Mt

3. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL CULTIVO DE MAÍZ

3.1. Características morfológicas

El Maíz tiene un ciclo promedio de 130-150 días que dependen de distintos factores ya que bajo condiciones óptimas hídricas, nutricionales y sanitarias, los factores ambientales de alta radiación solar y temperaturas propias de zonas templadas, están asociadas con altos rendimientos de maíz (Andrade, 1992). La mayor radiación diaria capturada por el cultivo en floración aumenta su tasa de crecimiento y por lo tanto su granazón (Andrade y col., 2000), mientras que la cantidad aprovechada durante el llenado de los granos, garantiza su peso final (Borrás y Otegui, 2001). Por su parte, las temperaturas templadas prolongan la duración de las etapas del cultivo y el tiempo de aprovechamiento de la oferta radiativa.

El cultivo presenta las siguientes características botánicas:

- Planta:** La planta de maíz pertenece a la familia gramínea, es de régimen anual, herbácea. Es una planta de tallo erguido, macizo y ahueco. La altura es muy variable. (Calero, 2006).
- Raíces:** presenta un sistema radicular fasciculada de muy buen desarrollo, donde también se lo puede separar en tres tipos de raíces:





. *Seminales*, que nacen de la semilla, después de la radícula para afirmar la planta cuando nacen.

. *Permanentes*, tenemos las raíces principales (que nacen sobre las raicillas) y las secundarias, ambas se desarrollan sobre una estructura llamada corona, donde a este conjunto se denomina *sistema radicular principal*.

. *Adventicias*, son las que nacen de los nudos inferiores del tallo y su función es la de sostener la planta en sus últimas etapas de crecimiento, absorbiendo agua y nutrientes.

El desarrollo de la raíz tiene un crecimiento desde la emergencia hasta llegar a un máximo, que es entre polinización y llenado de grano, etapa donde ocurre la mayor exigencia de humedad entre 5-6 mm/día (Figura 3).

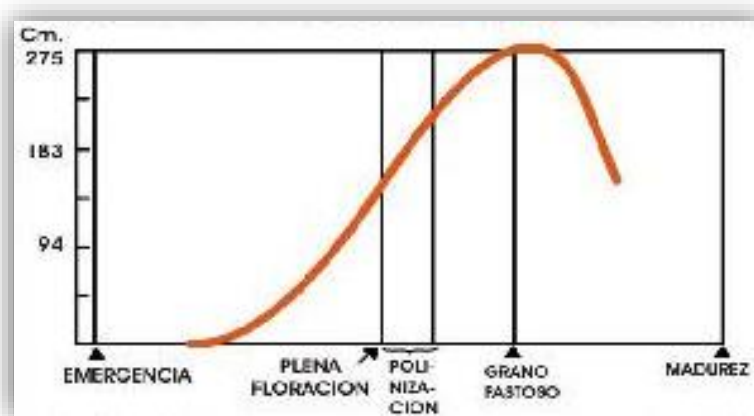


Figura 3. Evolución del desarrollo radical desde emergencia.

La importancia de hablar sobre esta estructura es que el Maíz posee un mecanismo que bajo ciertas condiciones de deficiencia hídrica tienen la capacidad de poder ir hacia capas más profundas en busca de agua, llegando a veces hasta los 1,20 a más metros de profundidad, y con grandes expansiones laterales para cubrir más áreas de búsqueda, donde se ve un aumento en la velocidad de exploración, permitiendo así posponer por un tiempo su marchitez.

🌽 **Tallo:** es erecto en forma de caña, formado por una sucesión de nudos y entrenudos, macizo por dentro sin ramificaciones, puede alcanzar hasta 4 metros de altura.





Dependiendo la precocidad del cultivar pueden alcanzar entre 12-24 nudos aéreos (Cruz, 2006).

- 🌽 **Hojas:** largas, lanceoladas, paralelinervadas, alternas y de gran tamaño (Maroto, 1998).
- 🌽 **Inflorescencia:** es una planta monoica donde la inflorescencia masculina y femenina están dentro de la misma planta por separado; el masculino es una panoja amarilla en el extremo superior de la planta con tres estambres por flor donde libera el polen, la misma cuenta con una cantidad en el orden de 20 a 25 millones de granos de polen, por otra parte, las flores femeninas aparecen agrupadas en una larga espiga rodeada de largas brácteas (Bustamante, 2010). En las axilas de las hojas a media altura luego de que es polinizada se forma la mazorca (espiga compacta) compuesta de granos.
- 🌽 **Grano:** integrado por distintos tejidos que lo componen como el germen o embrión (12%) que da la nueva planta, el endospermo (82%) que es la principal reserva energética y el pericarpio que es la estructura de protección. Según la dureza del grano puede ser corneo o harinoso donde las distintas proporciones de los mismos puede dar variedades de granos, dando distintos destinos en la producción (Maroto, 1998).

El cultivo de Maíz tiene una gran capacidad de adaptarse a distintos climas debido, entre otros factores, a que el crecimiento del cultivo es función de la radiación incidente, de la capacidad para interceptarla (porcentaje de intercepción) y la eficiencia con que convierta la radiación interceptada en crecimiento. Otro factor es que se trata de una planta de tipo C4, megatérmica, estival, con un rango óptimo de temperatura entre 30-45°C. Posee anatomía foliar tipo Kranz cuya función es mantener una elevada concentración de dióxido de carbono (CO₂) alrededor de la enzima RuBisCO (ribulosa-1,5-bifosfato carboxilasa oxigenasa), evitando así la foto-respiración. Las especies C4 presentan mayor contenido de fibras por su anatomía foliar, mayor lignificación de la fibra y mayor relación tallo: hoja. presenta alta eficiencia fotosintética con bajo costo energético en la producción de biomasa, con alta fotosíntesis neta resultando de una rápida acumulación de materia seca, con mayor eficiencia de uso del agua (Figura 4). Al tener en cuenta la disposición de las hojas (erectas), donde a mayor número de hojas desplegadas y superficie foliar por unidad de superficie, el





índice de área foliar (IAF) es mayor (IAF óptimo para interceptar el 95% de la radiación es 5) que, por ejemplo, girasol y soja (IAF 2, Figura 5). El coeficiente de extinción es menor ya que los rayos solares pueden llegar hasta la base de la planta, siendo en los otros cultivos más difícil alcanzarlo. Es importante tenerlo en cuenta ya que con la elección de la densidad debería procurar que se supere dicho IAF desde aproximadamente 15 días antes de la floración y durante los 30 días siguientes (Satorre, 2008, Figura 6).

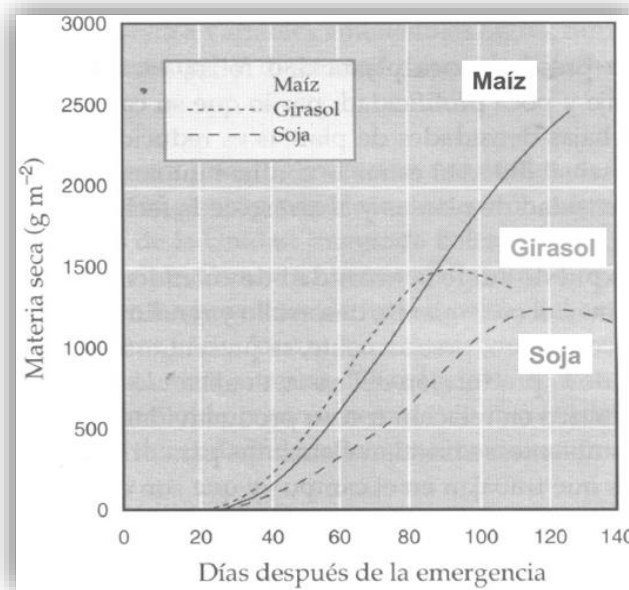


Figura 4. Comparación de una planta de Maíz (C4) con Girasol y Soja (C3)

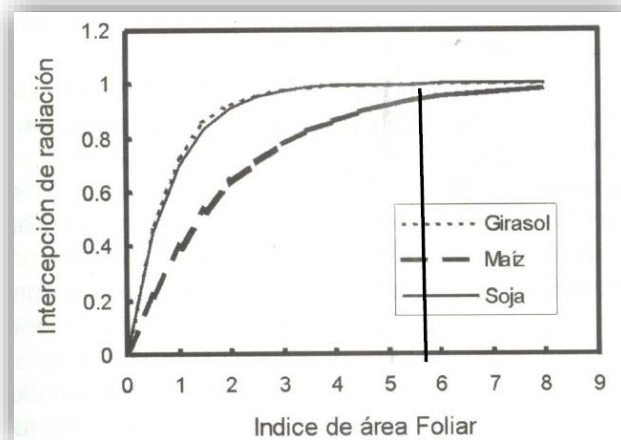


Figura 5. Índice de área foliar del Maíz con respecto al Girasol y Soja.



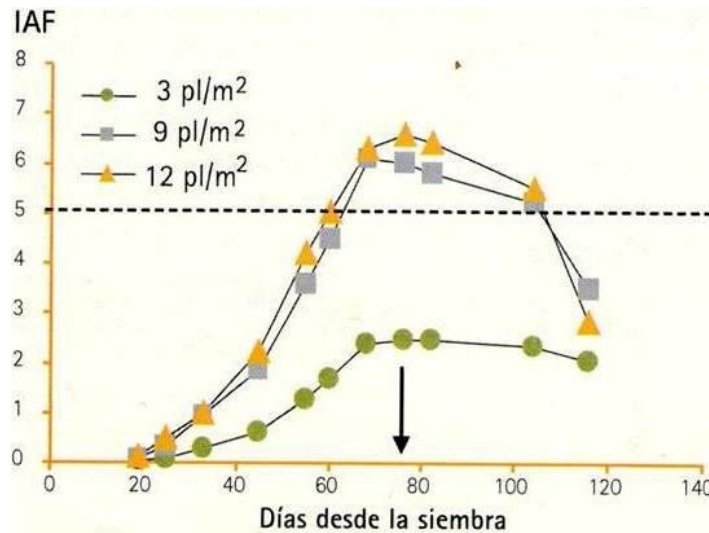


Figura 6. Evolución del IAF para tres densidades de siembra. La flecha indica la floración. Fuente adaptado de Satorre, 2008.

3.2. Factores de manejo y componentes de rendimiento

Las interacciones entre la fecha de siembra y otras prácticas de manejo pueden interpretarse a través de su efecto sobre la captura y la eficiencia del uso de radiación solar, factores que determinan la condición fisiológica del cultivo y la partición de asimilados hacia estructuras reproductivas en momentos críticos para la determinación del número de granos o durante el llenado. Entre los principales factores de manejo que interactúan significativamente con la fecha de siembra se pueden citar al genotipo en términos de diversos caracteres, entre ellos su precocidad, tipo de germoplasma, respuesta al estrés biótico y abiótico en general y eficiencia en la absorción y uso del N. Otras importantes prácticas que interactúan con la fecha de siembra son la densidad de plantas (Vega y col., 2017).

La elección del híbrido depende del lugar donde se vaya a sembrar, analizando si las condiciones del *suelo* y *clima* admiten híbridos de alto potencial de rendimiento o de menor rinde y mayor adaptabilidad a las restricciones.





Fecha de siembra

Su elección está fuertemente condicionada por razones operativas (oportunidad de labranzas y/o siembra, humedad y temperatura de suelo, disponibilidad de insumos) o estratégicas (escape adversidades climáticas o biológicas, rotaciones, oportunidad de mercados, rentabilidad de la explotación). La modificación de la fecha de siembra del cultivo altera la combinación de las variables ambientales (niveles de radiación, registros térmicos y el largo del día) a lo largo de toda su estación de crecimiento. Tales factores tienen una marcada influencia sobre el desarrollo y crecimiento del cultivo y sobre su rendimiento (Otegui y col., 1996; Andrade y Cirilo, 2000) principalmente el fotoperíodo (horas de luz) y la temperatura. En una siembra tardía las mayores temperaturas que experimenta el cultivo durante las etapas iniciales de su ciclo de crecimiento provocan la aceleración de su desarrollo fenológico, acortándose el período entre la siembra y la floración. El rápido despliegue de las hojas permite un canopy eficiente para capturar radiación, ya que en maíz, la respuesta foto periódica es del tipo cuantitativa de días cortos: esto implica que los típicos fotoperiodos largos en siembras de verano conlleva a alargamientos en la etapa de diferenciación de hojas y por ello maíces tardíos tienen un mayor número de hojas final (Kiniry y col., 1991). Este efecto, sumado a los niveles crecientes de radiación solar incidente hacia el verano, les permite a las siembras tardías acumular una cantidad de radiación interceptada hasta la floración semejante a la de las siembras tempranas a pesar del menor número de días transcurridos. Las mayores temperaturas durante la fase vegetativa que experimentan las siembras tardías favorecen una alta eficiencia de conversión de luz en crecimiento (Andrade y col. 1993), acumulando generalmente más biomasa al momento de floración que las siembras tempranas. Sin embargo, los niveles de radiación solar incidente y temperatura durante la etapa posterior a la floración decaen progresivamente al avanzar la estación cuando se demora la siembra, y en mayor grado cuanto mayor es la latitud de la localidad y más se retrasa la siembra, reduciendo la producción de biomasa en la etapa posterior a la floración (Cirilo y Andrade, 1994a), por eso hay que tener en cuenta que el atraso de la fecha de siembra no se aleje de la fecha tardía óptima para que no baje tanto el rendimiento del grano. Con el maíz tardío corren





menores peligros de sufrir heladas tardías, con mejores emergencias. Es frecuente observar una notable reducción en el peso de los granos asociada con los menores niveles de radiación y temperatura durante el llenado de grano (Andrade y col., 1998a; Cirilo y Andrade, 1996; Maddonni y col., 1998). Elevadas temperaturas en la antesis pueden reducir la viabilidad del polen en maíz (Schoper y col., 1986) o afectar el llenado del grano, por esto es conveniente demorarla para escapar de la mayor temperatura durante la floración y llenado del grano. Aunque debe advertirse que su atraso en la fecha de siembra a partir de noviembre-diciembre se asocia con disminuciones significativas del rendimiento, en particular a través de la regulación del número de granos (Cantarero y col, 2000) (Eyhérbide, 2015) pero mantiene buena estabilidad. Por otra parte, en las siembras tempranas durante el estado de floración le permiten al cultivo el aprovechamiento de los altos niveles de radiación incidente de diciembre y principios del verano, con elevadas amplitudes térmicas, condiciones favorables para el crecimiento del cultivo y la fijación de un alto número de granos. Junto también a un mayor peso de los granos ya que el llenado de granos tiene lugar en momentos de alta radiación solar y buenas temperaturas para la producción de asimilados en la planta, favoreciendo el peso final. Como desventaja si están expuestos a la ocurrencia de estrés hídrico en floración de diciembre- enero con altas temperaturas y radiación, puede dar variabilidad provocando techos de rendimientos mayores, pero también pisos menores al de cultivos tardíos, es decir no tiene una estabilidad.

Densidad de siembra

El crecimiento del maíz está estrechamente relacionado con la capacidad para aprovechar la luz solar. El cultivo es capaz de alcanzar su máxima tasa de crecimiento recién cuando el área foliar desplegada le permite capturar el 95% de la luz incidente. Alcanzar esa cobertura al inicio del periodo crítico y mantenerla durante el mayor tiempo posible son los objetivos buscados con el manejo de la densidad, pues se traducen en mayor producción de biomasa y rendimiento en grano (Andrade y Col., 1996). El maíz tiene una capacidad limitada para compensar una baja densidad de plantas a través de una mayor superficie de sus hojas (Cox, 1996; Doebley y Col., 1997), por ser plantas poco





filosas, a diferencia de especies con mayor plasticidad fenotípica (Vega y Andrade, 2000) como el girasol (expansión foliar muy variable), la soja (capacidad de ramificar) o el trigo (capacidad de macollar). Por esto el maíz tiene buena respuesta cuando va en aumento la densidad en términos de producción de biomasa por mayor captura de luz, es así pero hasta que no supere el límite máximo de la cobertura optima, ya que no va a haber una mejora en la producción y va a dar una disminución en el

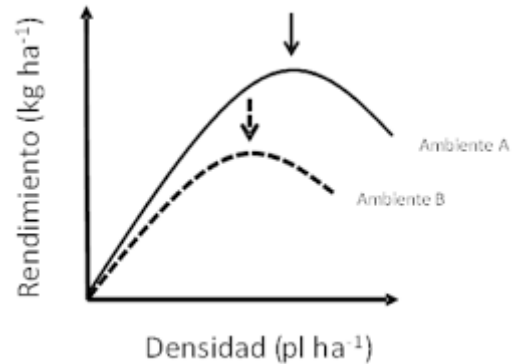


Figura 7. Relación aumento de la densidad y su efecto en rendimiento (por la componente granos m⁻²)

crecimiento por que puede conllevar la aparición de individuos estériles o de muy bajo número de granos (Eyhérbide, 2015), por la competencia entre ellas (Andrade y otros, 1996). La densidad óptima, (la menor densidad que posibilita maximizar el rendimiento) se modifica sensiblemente a través de los ambientes (Figura 7), respondiendo a las variaciones en la oferta de recursos para el crecimiento. Cuando estos recursos se tornan limitantes, se reduce la capacidad de las plantas para crecer durante la floración y aumenta el riesgo de aborto de granos.

Distancia entre surcos

Una menor distancia entre hileras de siembra en maíz permite una mayor equidistancia en la distribución de las plantas y posibilita cubrir mejor el suelo y capturar más luz desde etapas tempranas del cultivo (Maddonni y Col, 2001a) incrementando la reducción de biomasa (Andrade y Col., 1996; Cirilo, 2000). En distancias cortas contribuye a asegurar una mayor cobertura durante la floración. Al reducirse la superposición de hojas sobre el surco, el área foliar mejora su eficiencia de cobertura (Flénet y Col., 1996; Maddonni y Col., 2001b) por mayor proporción de hojas que captan luz y reduce el suelo descubierto, lo que incrementa el consumo de agua, ya que las hojas ofrecen menos resistencia a la pérdida de agua que el suelo en superficie. Con esto vemos que disminuyen los efectos negativos de sequía en floración dando un buen aprovechamiento del agua en esta etapa con la consiguiente incidencia positiva de un óptimo rendimiento en grano.





Cuando ocurren limitaciones para la normal instalación del canopeo (siendo de mayor importancia antes del período crítico de floración) por ser de plantas chicas o plantas de poca foliosidad, sequias tempranas transitorias, defoliaciones o limitaciones nitrogenadas, la siembra con entresurcos angostos es lo más aconsejable ya que se pueden esperar resultados óptimos de rendimiento.

Manejo de la fertilización y de malezas en maíz tardío

Al momento de la floración femenina, el cultivo de maíz ha absorbido aproximadamente el 70% del N total requerido durante el ciclo (Ciampitti et al., 2013). En maíces de siembra tardía, el crecimiento durante este periodo ocurre en condiciones de temperaturas más altas que los maíces de siembra temprana, incrementando las tasas de crecimiento (y absorción de nutrientes) del cultivo. Entonces, el manejo del nitrógeno debe contemplar esta dinámica para asegurar que el N esté disponible en el periodo de definición del número de granos. La disponibilidad del nitrógeno para el maíz también va a estar afectado por el cultivo antecesor. cuando el maíz es implantado luego de un cultivo invernal gramínea, como por ejemplo trigo el maíz estará en un ambiente de baja disponibilidad de N (sumando el consumo de N del antecesor trigo más la inmovilización de los residuos con alta relación C:N) y con mayores restricciones en la disponibilidad de agua debido al consumo que hizo el trigo, que puede llegar a extraer agua hasta los 2 m de profundidad. Por otra parte, si el cultivo antecesor es una leguminosa existe un aporte de N a través de la fijación biológica de N (FBN), y este aporte tendrá diferente impacto según la leguminosa sea utilizada como cultivo de cobertura (todo el N formara parte del N del suelo) o como cultivo de grano (parte del N es exportado con la cosecha) (Salvagiotti,2017).

El diagnóstico de la fertilización nitrogenada consiste en estimar la cantidad de N necesaria para alcanzar la producción máxima, teniendo en cuenta los requerimientos del cultivo (22 kg N/t de grano), tiene en consideración el nitrógeno disponible como nitrato en los primeros 60 cm de suelo y el nitrógeno aportado por el fertilizante. La desventaja que presenta la siembra tardía con respecto a la fertilización nitrogenada es que, a medida que se atrasa la implantación, la temperatura y humedad del suelo son mayores provocando el aumento de las pérdidas de N por volatilización y desnitrificación. La primera es la más relevante, las pérdidas son mayores en aplicaciones al voleo con respecto de las





incorporadas al suelo. A partir de urea ocurre la volatilización como amonio, el cual se pierde del sistema. Por otro lado, la desnitrificación es menos frecuente por el simple hecho de estar asociada a condiciones de anegamiento por excesivas precipitaciones. Las pérdidas en este caso ocurren por un proceso del tipo anaeróbico (Salvagiotti, 2017).

Otro punto de interés es el control de las malezas. En los últimos años, atravesar el periodo de barbecho del maíz tardío sin presencia de malezas ha sido uno de los grandes desafíos. Si bien es variable a nivel de país, en general el maíz tardío se siembra en los últimos días de noviembre o durante el mes diciembre. Esto implica que, en todos los casos, el barbecho cercano a la siembra debe hacerse en primavera cuando la emergencia de malezas y su tasa de crecimiento se maximiza o es muy elevada. Una vez identificada/s la/s especie/s más problemática/s, la mejor estrategia de control de malezas contemplará aspectos de la estructura del cultivo como antecesor, fecha de siembra, densidad y nutrición y de protección como uso de herbicidas residuales y de contacto, control de insectos y enfermedades, etc.

Componentes del rendimiento a tener en cuenta para el cultivo del maíz

$$\text{Rendimiento (g m}^{-2}\text{)} = \text{granos m}^{-2} \times \text{biomasa (g) grano}^{-1}$$
$$\text{Granos m}^{-2} = \text{plantas m}^{-2} \times \text{espigas planta}^{-1} \times \text{hileras espiga}^{-1} \times \text{granos hileras}^{-1}$$

Figura 8. Componentes del rendimiento del Maíz

3.3. Relación del cultivo y el medio ambiente

Cuando colocamos una semilla de maíz sabemos que está formada por una raíz, 5 hojas preformadas y el ápice de crecimiento, donde esto forma el embrión, en que si las condiciones son óptimas (debe absorber el 30% de su peso seco, y la temperatura del suelo debe estar a $>10^{\circ}\text{C}$) la semilla germina y por último emerge a la semana. El coleoptile (estructura que protege las hojas preformadas) se eleva alcanzando la superficie, esto es da por alargamiento del mesocótilo, pasando de ser heterótrofa (que se alimenta de las reservas que posee) a ser autótrofa (produce su propio alimento por fotosíntesis). La velocidad de emergencia depende de dos factores: *temperatura y disponibilidad de agua*, donde estos deben ser óptimos al comienzo del ciclo ya que si no se dan pueden afectar





su futuro desarrollo y crecimiento, debido a que no poseen la capacidad de compensarlo más adelante. Cuando hablamos de bajas temperaturas a principios del ciclo (temperatura del suelo) la velocidad de emergencia se independiza de la disponibilidad del agua, pero si la temperatura no es limitante la disponibilidad de agua determinará la velocidad de emergencia, por esto es importante sembrar con buena humedad, ya que por debajo del 50% de agua útil se ve un retraso del proceso fenológico del cultivo; pero más importante que tenga una temperatura favorable debido a que si ésta es baja, el cultivo nace de forma desperejada afectando al rendimiento desde temprana edad (Andrade, 2006).

El estado fenológico V6 nos indica un cambio de estado del ápice del vegetativo al reproductivo, en el cual se determina el N° potencial de hojas que emergen. Si el ápice está protegido, es decir, que se encuentra por debajo de la superficie del suelo, y si se produce una helada, no lo afecta y las hojas preformadas se desarrollan normalmente, llegando a floración con una óptima superficie foliar y el rendimiento no se ve afectado, pero si el ápice pasa la superficie de la tierra y se produce una helada se ve un desbloqueo de las yemas produciendo muchos macollos de los cuales los más protegidos son los que desarrollan buenos macollos. Si la adversidad climática se da cuando el ápice está muy desarrollado, se observan macollos deformados susceptibles a otras adversidades como pájaros o enfermedades afectando el rendimiento a futuro (Andrade, 2006). Hay que saber que desde siembra a emergencia se deben acumular 60 grados - día ($^{\circ}\text{C día}^{-1}$). Por esto la temperatura es importante a la hora de la siembra para el crecimiento del cultivo. En V9 ya se empezará a cambiar de estado vegetativo a reproductivo las yemas axilares (son las que van a dar espigas potenciales) a partir del 5to nudo hacia arriba de la planta por la dominancia apical y además frente a un estrés la planta va a preferir salvar la panoja antes que la espiga, donde darán 1-2 por planta dependiendo del híbrido, densidad y condiciones ambientales. También se va a determinar el n° de hileras por espiga que está influenciado por el genotipo.

Desde la siembra a V6 el cultivo está controlado por las temperaturas del suelo, pero a partir de V6 – V9 en adelante, están controladas por temperaturas del aire. En V12 se determina el n° de granos potenciales por espiga donde frente a un déficit de agua o nutrientes puede darse su disminución. De acá en adelante en V15 se ve el desarrollo de los estigmas que tardan 10 días hasta R1 donde emergen, pero el panojamiento (liberación





del polen) se da antes en VT y su duración es de 14 días. A este proceso se lo denomina protandria,

Las condiciones ambientales deben asegurar que al momento de la siembra se disponga de una óptima cantidad de agua almacenada en el perfil de suelo, de manera de alcanzar una buena uniformidad y rapidez de emergencia. Durante el periodo vegetativo se debe alcanzar la mayor superficie de área foliar para obtener una cantidad de luz posible logrando así una óptima cobertura en el suelo aumentando también el peso seco del cultivo (Figura 9) que es de importancia ya que mediante la fotosíntesis aumentamos el contenido de carbohidratos y azúcar en el periodo más crítico que es la floración, ayudando luego al llenado de grano.

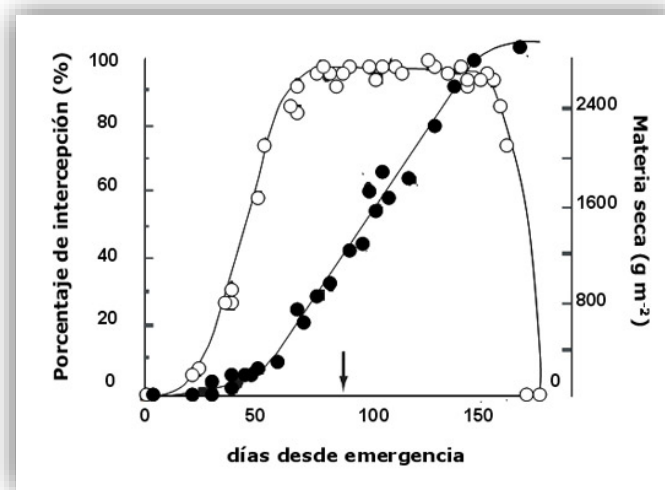


Figura 9. Evolución de la materia seca junto con el % de intercepción solar.





4. OBJETIVOS

Los objetivos del presente trabajo de intensificación fueron:

- 🌽 Establecer las características del sitio de estudio (suelo y clima) para tener un mayor conocimiento del mismo y poder realizar una adecuada interpretación de los resultados del cultivo de maíz en la zona.
- 🌽 Comparar el desempeño de parámetros del cultivo asociados al rendimiento en grano de catorce híbridos comerciales de maíz respecto a un testigo, elegido por los productores de la Regional Apresid Bahía Blanca.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Descripción del área de estudio

5.1.1.1. Ubicación de la Estancia Funke (partido de Tornquist)

El ensayo se llevó a cabo en la Estancia Funke, partido de Tornquist. La estancia se ubica a una altura de 400 m.s.n.m en un parque de 30 ha con una amplia cantidad de especies arbóreas de más de 60 años, donde la misma es atravesada por un arroyo de montaña al pie de la sierra de la ventana (<http://www.fundacionfunke.org.ar/>). El partido de Tornquist se haya limitado al norte por los partidos de Coronel Suárez y Saavedra (Pigüé), al este por el partido de Coronel Pringles, al sur por el partido de Bahía Blanca y al oeste por el partido de Púan, (Figura 10).





Figura 10. Ubicación del partido de Tornquist. Fuente brindada por google maps.

5.1.1.2. Clima

Los datos a continuación fueron extraídos de una base de datos históricos que contempló un período desde 1 de enero de 1980 a 31 de diciembre de 2016. El clima se clasifica como subhúmedo, con una precipitación media anual de 727 mm, con mayor precipitación en otoño (mes de marzo, con promedio de 76 mm) y un mínimo en invierno (mes de junio, con una acumulación promedio de 21 mm) (Figura 11).



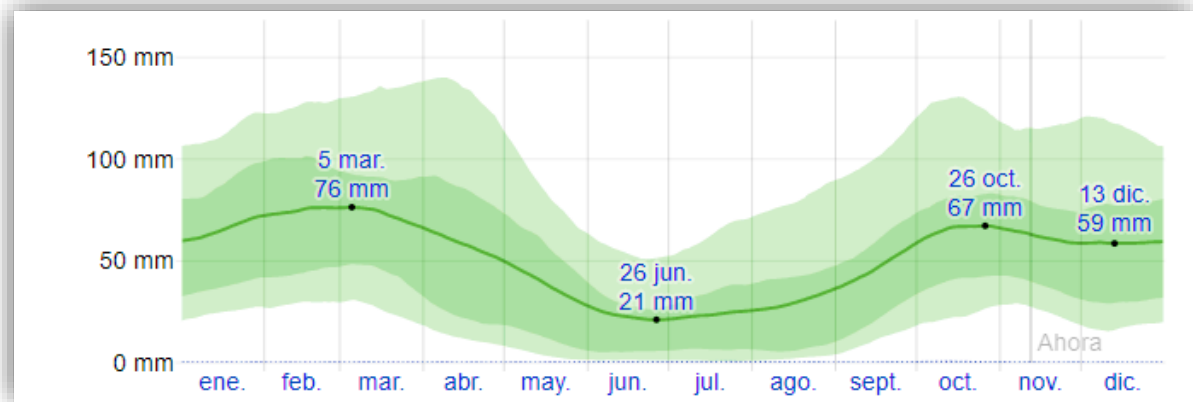


Figura 11. Datos históricos 1980- 2016 de precipitaciones promedio mensuales. Información brindada por la página Weather Spark

En cuanto a las *temperaturas*, el promedio anual es de 13,9 °C, siendo el valor máximo mensual en enero con 30°C. Los valores mínimos de corresponden al mes de julio con 2°C (Figura 12).

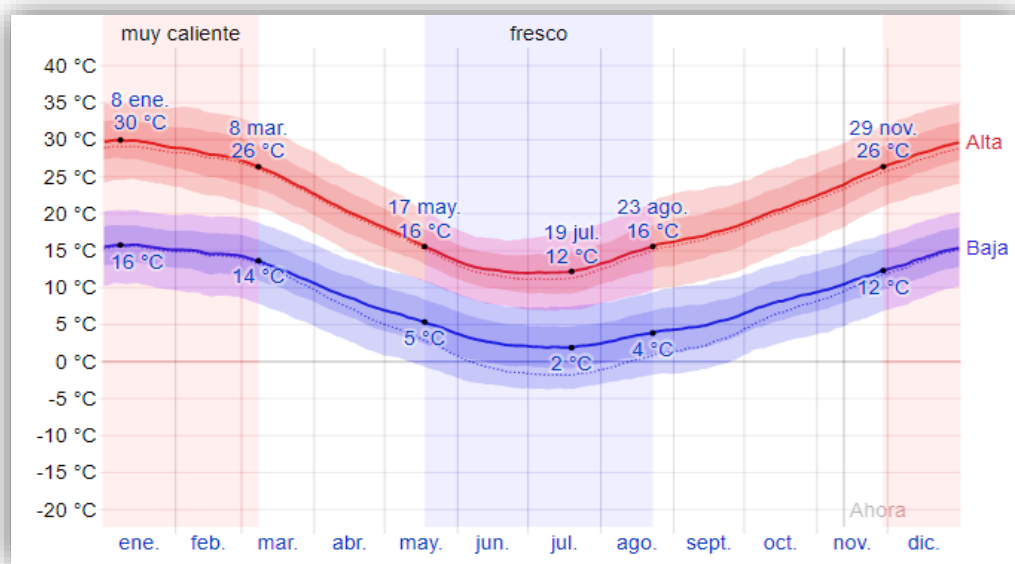


Figura 12. Datos históricos 1980- 2016 de temperaturas máximas y mínimas mensuales. Información brindada por la





Los *vientos* predominantes son del sector oeste y norte con una velocidad máxima promedio de 19,1 Km/hr en diciembre, y una velocidad mínima promedio de 16,4 Km/hr en mayo (Figura 13).

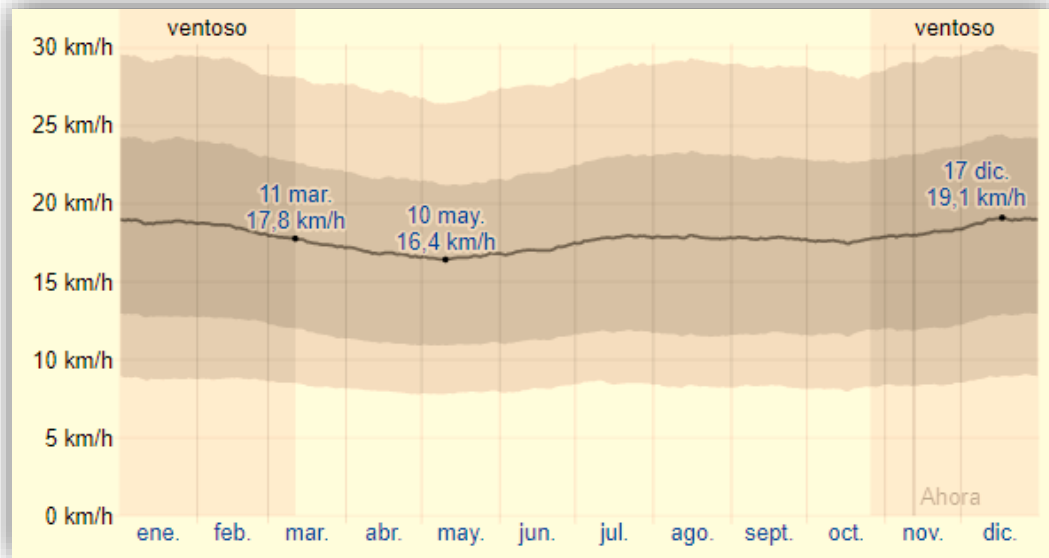


Figura 13. Datos históricos 1980- 2016 de vientos promedio mensual. Información brindada por la página





5.1.1.3. Ubicación del lote de ensayo

Se destinaron 10 ha del establecimiento a un ensayo comparativo de rendimiento de Maíz realizado por la Regional AAPRESID de Bahía Blanca (Figura 14). En el mismo se dispusieron 19 parcelas de 0,5 ha con los cultivares a comparar.



Figura 14. Ubicación del lote de ensayo. Información brindada por el productor a través de Google earth.

5.1.1.4. Caracterización edáfica

Por medio de la georreferenciación de la carta de suelos de la República Argentina – Provincia de Buenos Aires, (Hoja 3963-5) y ubicando el sector del ensayo pudo determinarse que los suelos pertenecen a una Consociación de la serie *Erize* (Erz7, Figura 16). El suelo dominante presenta un color pardo muy oscuro, moderadamente profundo, que se apoya sobre una costra calcárea (tosca) de extensión regional, con aptitud agrícola, siendo su capacidad de uso: IIIsc. S (donde las primeras cuatro clases son aptas para cultivos agrícolas, pero la II, III, IV se deben tener un cierto grado de cuidado y protección, ya las otras clases mayores no son aptas para la agricultura); se encuentra en





una planicie alta en el sector de los flancos o pedemonte de la Subregión Sierras y Pedemonte de Ventania, en posición de media loma, con pendiente de 0 a 1 %. Es un suelo bien drenado, de escurrimiento medio y permeabilidad moderada formado sobre sedimentos loésicos, no salino y sin alcalinidad. Sus limitaciones de uso son escasa profundidad del suelo, limitaciones dentro del área radical (s) y leves limitaciones climáticas (w).

Clasificación taxonómica:

Argiustol Petrocálcico, Franca fina, illítica, moderadamente profunda, térmica (AD-INTA- ST V. 2014).

Argiustol Típico, Franca fina, illítica, moderadamente somera, térmica (USDA - 7ª Aprox. ST V. 1975).

Tabla 3. Descripción de los horizontes que componen el suelo del área de estudio. Información brindada por la página anterior INTA Castelar, Instituto de suelos.

Ap	0-26 cm; pardo muy oscuro (10YR 2/2) en húmedo; franco; bloques subangulares medios, débiles que rompe a granular; blando; friable; ligeramente plástico, ligeramente adhesivo; raíces abundantes; límite inferior claro y suave.
Bt	26-50 cm; pardo oscuro (7,5YR 3/2) en húmedo; franco arcilloso; bloques subangulares medios moderados que rompe a bloques menores; duro; muy firme; plástico y adhesivo; barnices de "clay skins" abundantes; raíces comunes; límite inferior claro y suave.
BC	50-70 cm; pardo a pardo oscuro (7,5YR 4/4) en húmedo; franco; bloques subangulares, finos, débiles; ligeramente duro; friable; ligeramente plástico y ligeramente adhesivo; barnices de "clay skins" escasos; límite inferior claro y suave.
2Ck	70-80 cm; pardo (7,5YR 5/4) en húmedo; franco arcillo arenoso; bloques subangulares, finos, débiles; ligeramente duro; friable; ligeramente plástico y ligeramente adhesivo.
2Ckkm	80 a + cm; "tosca" en plancha.

Descripción del perfil típico: 23/1326 C. Fecha de extracción de muestras, diciembre de 1989.





Índice de productividad según la región climática: 49.

Rasgos de diagnósticos: epipedón mólico (Ap), régimen de humedad údico, endopedón argílico (Bt), con 44 cm. de espesor, horizonte petrocálcico 16,0 % de CO₃Ca y extrema dureza (2Ckkm) a 80 cm. de la superficie del solum.

Tabla 4. Datos analíticos de suelo de la serie Erize

Horizontes	Ap	Bt	BC	2Ck
Profundidad (cm)	0-26	26-50	50-70	70-80
Mat. orgánica (%)	2,70	1,05	0,72	0,63
Carbono total (%)	1,60	0,61	0,41	0,26
Nitrógeno (%)	0,180	0,099	0,084	NA
Relación C/N	8,9	6,1	4,9	NA
Arcilla < 2 μ (%)	16,6	29,9	23,7	26,0
Limo 2-20 μ (%)	20,7	16,9	18,6	12,6
Limo 2-50 μ (%)	45,7	34,1	38,5	24,5
AMF 50-75 μ (%)	10,3	8,9	12,2	8,8
AMF 75-100 μ (%)	6,3	5,7	6,7	6,9
AMF 50-100 μ (%)	0	0	0	0
AF 100-250 μ (%)	13,3	14,7	11,6	11,1
AM 250-500 μ (%)	7,5	6,4	7,1	6,3
AG 500-1000 μ (%)	0,3	0,3	0,2	0,4
AMG 1-2 mm (%)	0	0	0	0
Calcáreo (%)	0	0	0	16,0
Eq.humedad (%)	24,0	23,4	22,4	26,0
Re. pasta Ohms	S/D	S/D	S/D	S/D
Cond. mmhos/cm	0,8	0,5	0,5	0,4
pH en pasta	6,2	6,3	6,7	7,7
pH H ₂ O 1:2,5	6,7	6,9	7,3	8,1
pH KCL 1:2,5	5,7	5,8	6,0	7,0
CATIONES DE CAMBIO				
Ca ⁺⁺ m.eq./100gr	10,8	14,5	15,3	S/D
Mg ⁺⁺ m.eq./100gr	2,0	2,6	3,5	S/D
Na ⁺ m.eq./100gr	0,2	0,3	0,2	0,6
K m.eq./100gr	1,8	2,0	1,3	0,5
H m.eq./100gr	5,3	5,5	5,0	S/D
Na (% de T)	1,13	1,29	0,89	2,70
Suma de Bases	14,8	19,4	20,3	S/D
CIC m.eq./100gr	17,6	23,1	22,4	22,2
Sat. con bases (%)	84	84	90	S/D
NA: No analizado		SD: Sin datos		





Según lo que nos brinda la Tabla 6, las características del suelo son de adecuadas condiciones físico- químicas para el cultivo de Maíz. La principal limitante es su profundidad efectiva, cuando la misma se reduce de los 80 cm descritos en el perfil modal.



Figura 15. Carta de suelos de tornquist, con escala 1:50000, hoja 3963-5-2. Información brindada por anterior INTA





5.1.1.5. Datos climáticos Funke

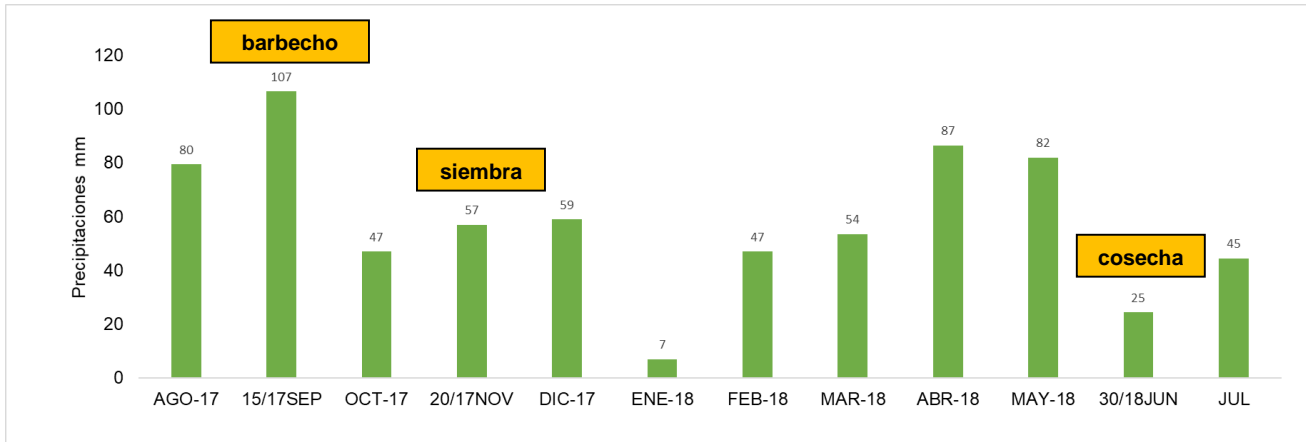


Figura 16. Precipitaciones y ciclo del cultivo en el período 2017/18.

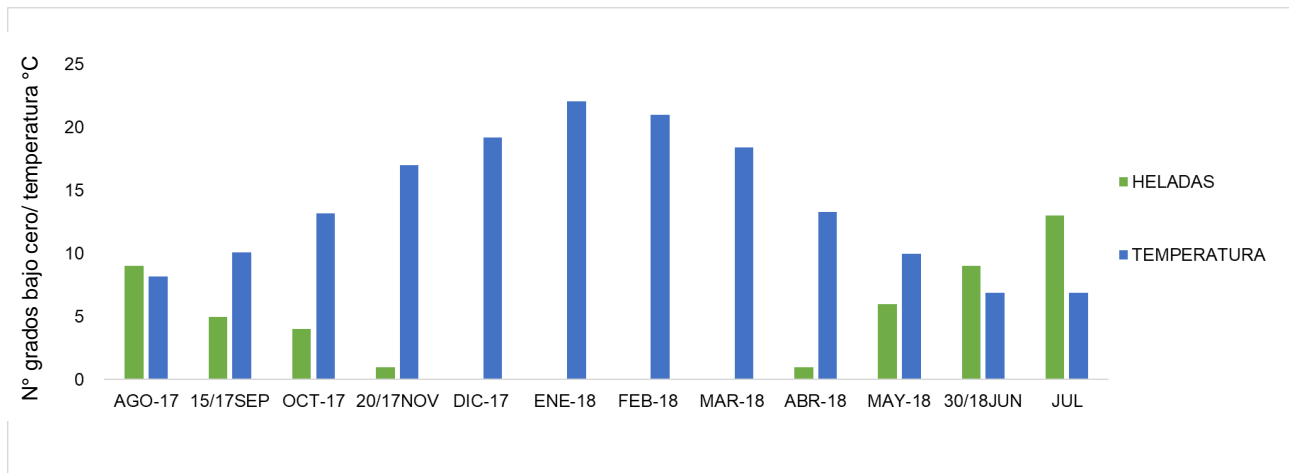


Figura 17. Presencia de heladas y temperaturas durante el ciclo del cultivo en el período 2017/18.





6. MÉTODOS DE TOMA DE MUESTRAS Y ANÁLISIS DE DATO DEL CULTIVO

6.1. Diseño de la experiencia

Se utilizaron macro-parcelas sembradas con la tecnología y manejo disponible dentro del establecimiento. La superficie propuesta fue de 0,5 (8 surcos por cultivar con largos de 100 a 300 m) Se aplicó un diseño apareado, implantando un testigo por cada 2 a 3 cultivares de interés definidos por el productor, distribuidas en 19 parcelas. En la Figura 18 se presenta la disposición de los híbridos comerciales en el lote de ensayo.

El cultivo de maíz se realizó en condiciones de barbecho largo (septiembre), que aseguren la acumulación de agua en el perfil al momento de la siembra. Previo a la misma se usó como antecesor Vicia (Leguminosa) como cultivo de cobertura ayudando a aportar N al suelo. La tecnología usada abarcó el control de malezas (tabla 7). El cultivo se implantó bajo siembra directa, con aplicación de 50 kg ha⁻¹ de fosfato di amónico previo a la siembra. La fecha de siembra se fue el 20 de noviembre de 2017 con una densidad de plantas estimada de 34 10³, con distancia 0,52 m entre líneas. La elección del sitio de ensayo fue hecha por el productor, sobre un lote representativo del establecimiento.

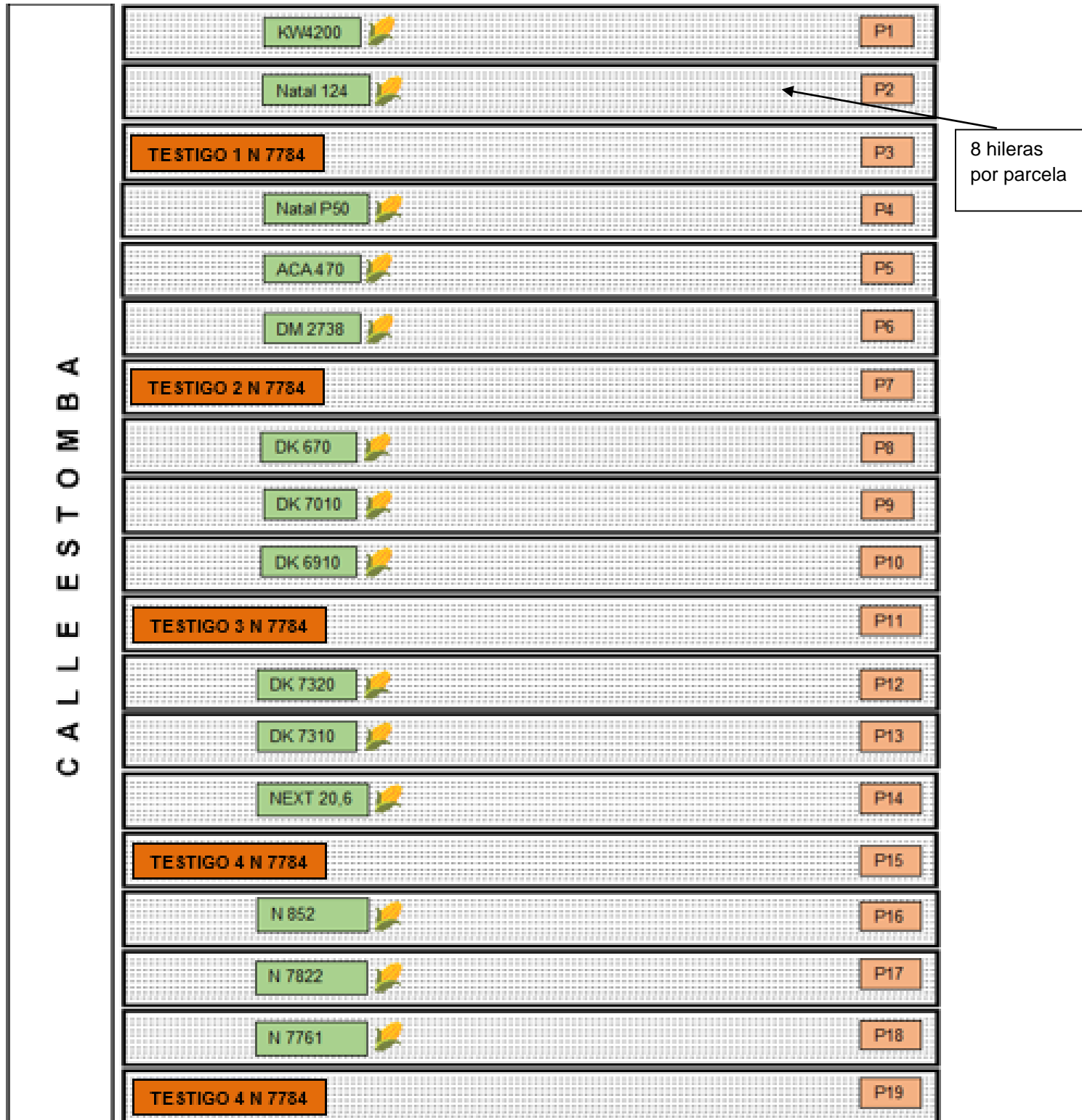
Tabla 5. Actividades que se realizaron durante el ciclo del cultivo

FECHA	ACTIVIDAD	PRODUCTO
16/01/2017	Siembra vicia	-
15/09/2017	Inicio barbecho para maíz	Pulv: 2-4d Tordon 24k Fulltec Coady Panzer Gold(60,8%)
16/11/2017	Barbecho	Pulv: 2-4d Tordon 24k Atrazina 90 March II (66,2%)
20/11/2017	Siembra maíz	Fosfato di amónico (18-46-0)
30/12/2017	Se pulveriza	Pulv: 2-4d Tordon 24k RUp CONTROL MAX (78%) Fulltec- Mais (6-7-0-Zn)
30/06/2018	cosecha	-





Tabla 6. Diseño de la experiencia en el lote de 10 ha ubicado en la estancia Funke. Partido de Tornquist, provincia de Buenos Aires.





Los materiales genéticos utilizados fueron de empresas nacionales e internacionales entre las que se encuentran Nidera semillas, Natal semillas, KW semillas argentinas, Asociación de Cooperativas Argentinas (ACA), Don Mario semillas, Monsanto, Brevant semillas.

6.2. Evaluación de los parámetros de rendimiento

La cosecha se realizó en forma manual el día 20-06-18 sobre dos réplicas por parcela de 10 m lineales (R1 y R2). En los 10 m se contaron el número de plantas donde se llevó a has, el número de espigas/planta (prolificidad) y se midió la altura de inserción a la primera espiga en cm. El rendimiento se estimó pesando los granos trillados de todas las espigas recolectas en 10 m para cada cultivar llevándolo después a has en función de la distancia entre surcos para este caso de 0,52 cm.

En laboratorio fueron seleccionadas cinco espigas por híbrido sobre las que se evaluaron:

- 🌽 Longitud de la espiga (cm): se midió su longitud en cm. Variable de importancia por su incidencia en el n° de granos/ espiga.
- 🌽 Diámetro de espiga (cm): más o menos a la mitad se midió el diámetro en cm. Importante porque se puede relacionar con el n° de hileras.
- 🌽 Número de hileras/espiga: se contaron las hileras. Es una variable de naturaleza genética.
- 🌽 Número de granos/ hilera: se contó la cantidad de granos en una hilera representativa de cada espiga.
- 🌽 Peso del marlo (g): una vez desgranado la espiga se procedió a pesar el marlo. No tiene incidencia en el rendimiento final.
- 🌽 Peso total de granos (g): Para su cálculo se pesaron los granos de cada espiga de las 5 sub muestras. Luego se hizo un promedio para cada cultivar.
- 🌽 Peso de 1000 granos (g): se tomaron 4 sub-muestras de 250 granos, se los peso, luego se promedió esas muestras y se llevó al valor de 1000 granos.
- 🌽 Rinde potencial kg/ha: en base a la densidad planteada ($2,2 \text{ plantas m}^2$) multiplicada por un número de espigas planta⁻¹ de referencia (1,5), por número de hileras espiga





¹, por granos hilera⁻¹, por peso de un grano (P1000/1000), y finalmente llevado a kg ha⁻¹. Se obtuvo el rendimiento potencial para cada espiga del híbrido.

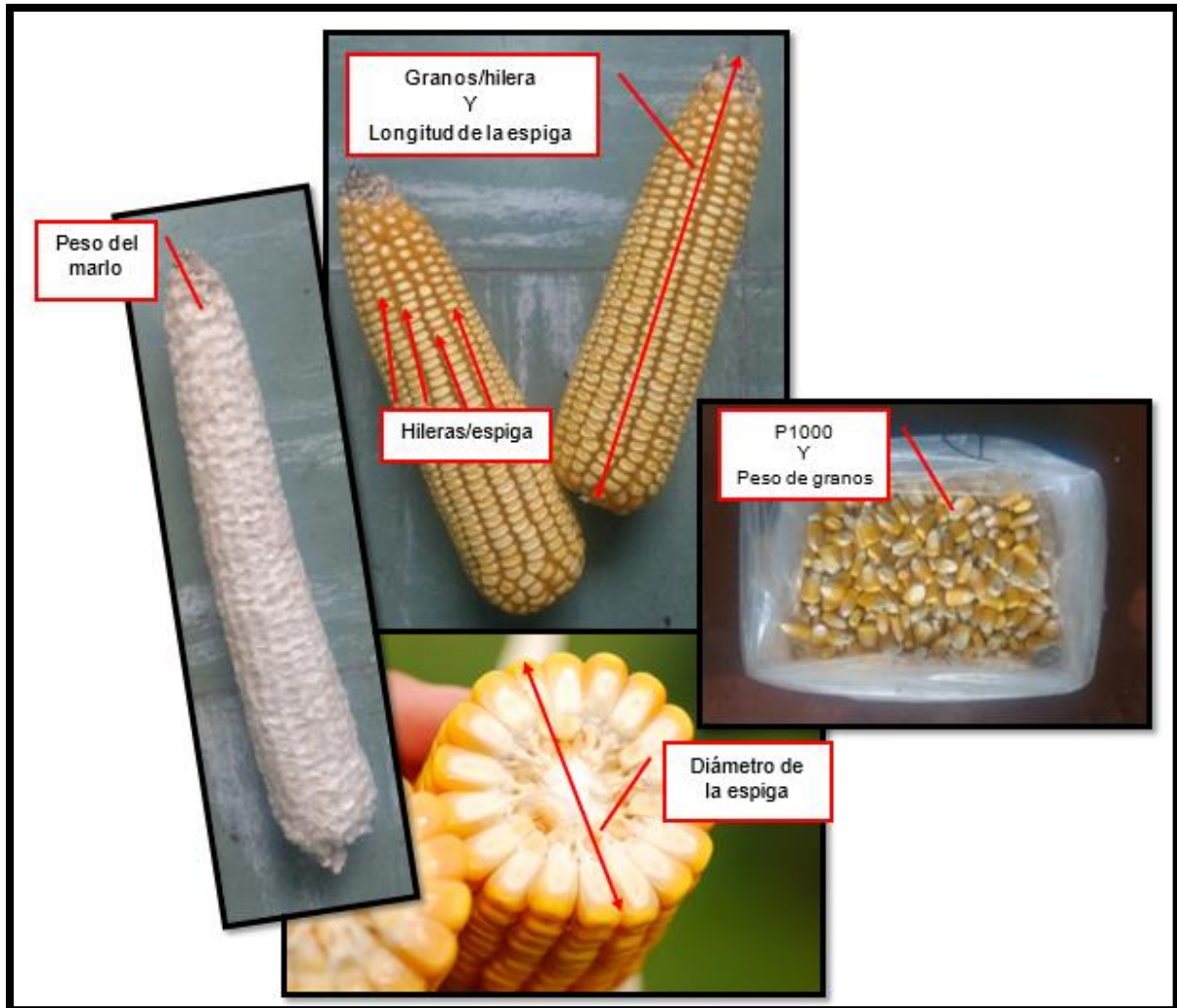


Figura 18. Parámetros que se tuvieron en cuenta en el laboratorio





6.2.1.1. Análisis estadístico

De las variables analizadas se calcularon medidas de centralización (medias, y medianas) y de dispersión (desvíos, coeficientes de variación) Las medias de los parámetros se analizaron mediante un análisis de varianza simple (ANOVA), por test LSD Fisher con un nivel de significación del 5 %. Todos los análisis se hicieron mediante INFOSTAT (infostat, 2018).

7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Datos tomados a campo

Altura de la 1° inserción de la espiga

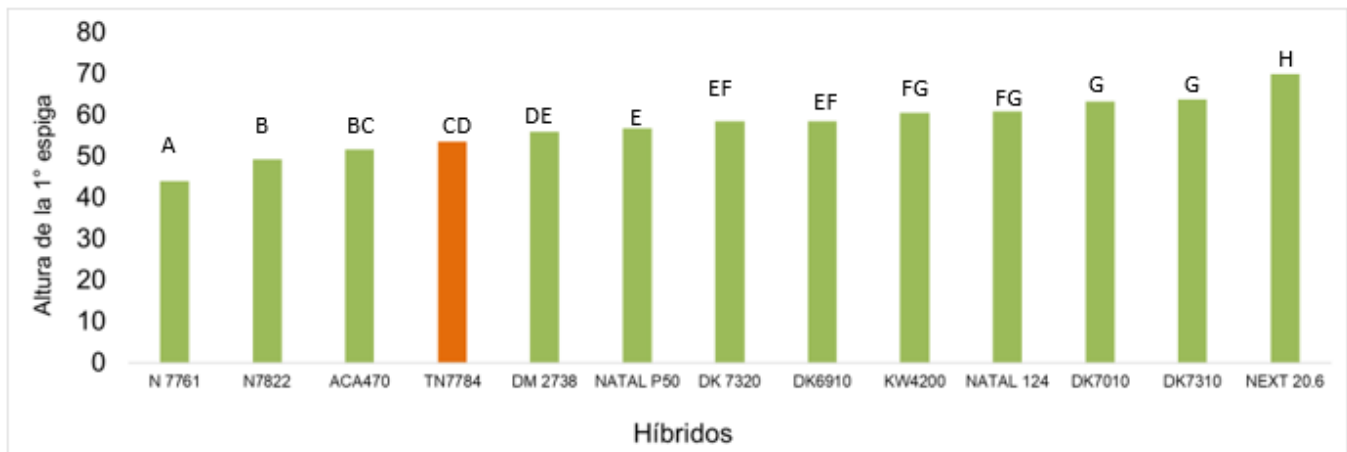


Figura 19. Valores promedio de Altura de la 1° inserción de la espiga en los cultivares evaluados.

Se detectaron diferencias altamente significativas entre híbridos ($p < 0,001$). N7761 ha presentado el menor valor con 44 cm y Next 20,6 el de mayor valor con 70 cm de despeje. La altura es importante dado que favorece a la cosechadora en poder tomar la primera espiga que está más cerca del suelo y disminuir las pérdidas de cosecha por el cabezal.





N° plantas por ha

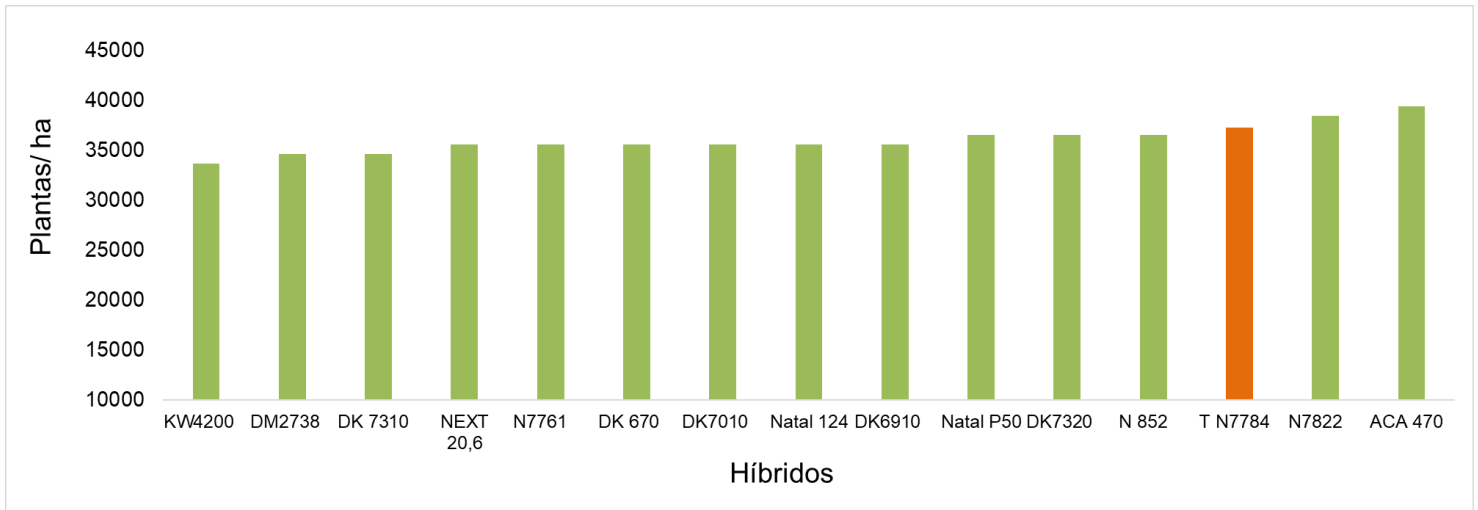


Figura 19. Valores promedio de Peso del marlo en los cultivares evaluados.

La densidad de siembra es una herramienta efectiva para obtener canopeos eficientes y aprovechar la luz solar incidente. El cultivo es capaz de alcanzar su máxima tasa de crecimiento cuando el área foliar le permite capturar el 95% de su radiación incidente, alcanzar esa cobertura al inicio del período crítico y mantenerla durante el mayor tiempo posible es el objetivo del manejo de la densidad, dado que se traduce en mayor producción de biomasa y rendimiento de grano (Andrade et al., 1996). Las bajas densidades afectan significativamente la captura de luz del maíz, por lo que presenta una notable respuesta al aumento de la densidad en términos de producción de biomasa. Esto es así mientras que el número de plantas no supere aquel que permite la cobertura total de suelo al inicio del periodo crítico, ya que el mayor número será compensado por una disminución en la tasa de crecimiento por planta que conlleva a un muy bajo número de granos por planta (Andrade et al., 1996). El componente de rendimiento más afectado por la densidad es el número de granos por planta que alcanzan la madurez (Andrade et al., 1996). La forma de respuesta del cultivo refleja la escasa plasticidad reproductiva del maíz a baja densidad, donde el número máximo de flores formadas limita el aumento del número de granos, cuando la planta crece a altas tasas. Esta limitación puede ser superada a través de la prolificidad, cuando se logra superar una determinada tasa de crecimiento por planta y así fijar una segunda espiga, que se puede explicar entre un 30 y un 50% de rendimiento a bajas





densidades (Valentinuz et al., 2007). Por otro lado, la menor cantidad de biomasa por m² a bajas densidades se atribuye a la escasa plasticidad vegetativa del maíz ya que no logra generar altos valores de área foliar (el número y el tamaño de las hojas llegan a un máximo rápidamente). Incrementos ulteriores en la densidad no mejorarán la producción total de biomasa ya que el mayor número de plantas será compensado por una disminución tal en la tasa de crecimiento de las mismas que puede conllevar la aparición de individuos estériles o de muy bajo número de granos.

No se han determinado diferencias en la densidad de siembra de los híbridos comparados ($p < 0,12$). KW 4200, DM2738 y DK7310 alcanzaron menos de $35 \cdot 10^3$ plantas por ha. En el otro extremo N 7784, N 7822 y ACA 470 superaron las $38 \cdot 10^3$ plantas. La densidad de plantas por superficie es el primer componente del rendimiento. A pesar de que ANOVA no detecto diferencias, la variabilidad observada indica que la densidad de plantas es un factor a estabilizar en los planteos productivos extensivos.

N° de espigas/planta

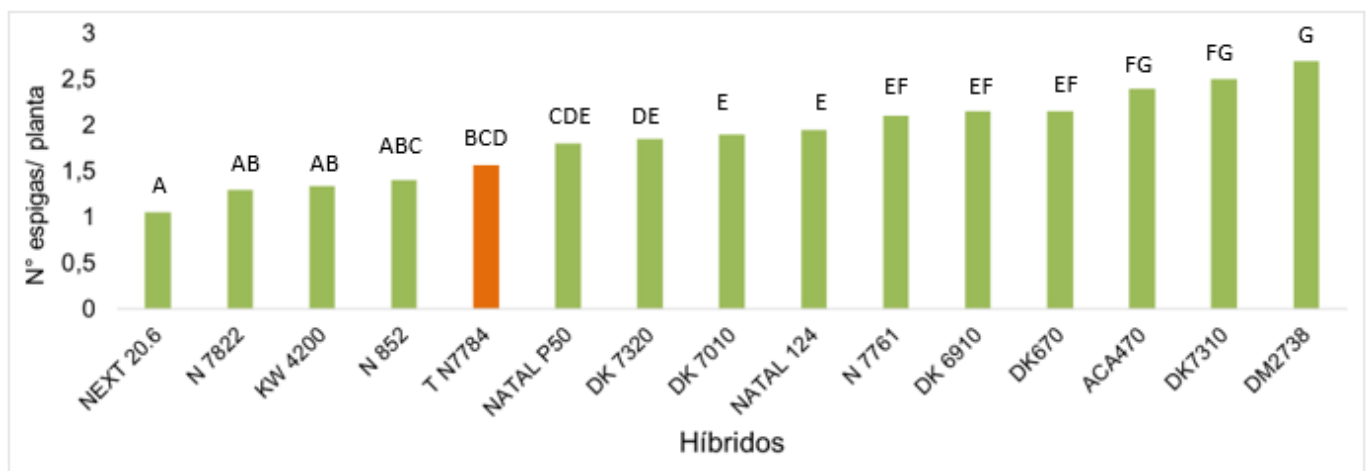


Figura 20. Valores promedio de n° espigas/ planta en los cultivares evaluados.

Durante la floración, en primer lugar, se fija el número de espigas fértiles por planta. Cada planta diferencia varias espigas, pero solo una o dos logran un desarrollo normal en condiciones de cultivo. Existe un umbral de crecimiento por planta en floración por debajo del cual el cultivo llega a cosecha sin espigas, y otro umbral de crecimiento por planta por encima del cual se logran dos o más espigas viables. Esta es la razón por la cual, aumentos





en la densidad de plantas, reducen el número de espigas viables por planta. También determina qué condiciones desfavorables durante la prefloración y floración aumentan el porcentaje de aborto de espigas. En una situación de alta competencia entre plantas, si éstas no superan el umbral de crecimiento para el desarrollo de una espiga viable, serán estériles. Por el contrario, en una situación de muy baja competencia, las plantas tendrán un umbral de crecimiento superior al necesario para la fijación de dos espigas y presentarán prolificidad (Andrade y otros, 1996).

Se observaron diferencias altamente significativas entre híbridos ($p < 0,001$). Los valores extremos variaron entre: 1,05 espigas por planta para NEXT20,6, junto con N7728, KW 4200 y N 872 que contaron con menos de 1,4 espigas planta⁻¹, y 2,4- 2,7 espigas por planta para ACA 470, DK 7310 y DM2738. Los híbridos con mayor valor (los tres últimos) están acompañados por otra variable esencial que es número de granos por espiga (granos/hilera x hilera/espiga) donde son altos a pesar de tener bajo valor en peso de los granos. Podemos decir que la prolificidad de algunos híbridos fueron altas. Heiland (2019) observó, para la campaña 2017/2018, que el número de espigas planta⁻¹ oscilaba entre 1,3- 1,5 en densidades bajas.

Datos tomados en el laboratorio

Hileras por espiga

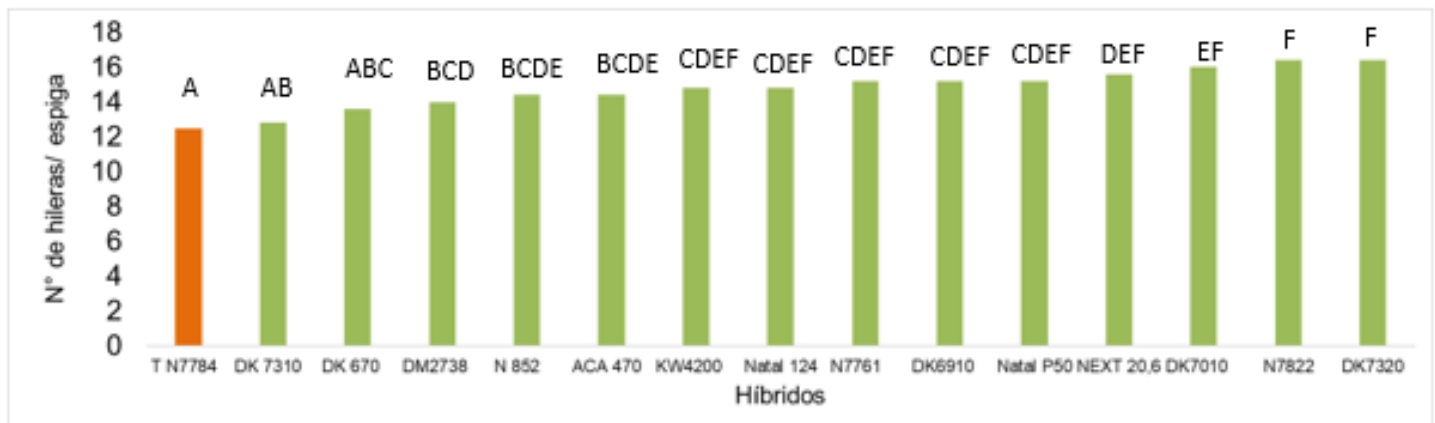


Figura 21. Valores promedio de hileras por espiga en los cultivares evaluados.





Para el n° de hileras por espiga se observaron mayores diferencias ($p < 0,01$) entre TESTIGO N7784 (12,6 hileras), DK 7310 (12,8 hileras) y los de mayor valor: N 7822 y DK 7320 (ambos con 16,4). La variabilidad observada probablemente se deba a que la cantidad de hileras es una variable fuertemente determinada por el genotipo (Andrade y otros, 1996). Esto se debe a que es uno de los primeros componentes que se define, entre la fase de iniciación de la yema de la espiga hasta el comienzo de la diferenciación floral (Bertrand, 1991). Es importante tener en cuenta esa variable al momento de elegir el híbrido porque afecta de forma directa al rendimiento.

Granos por hilera

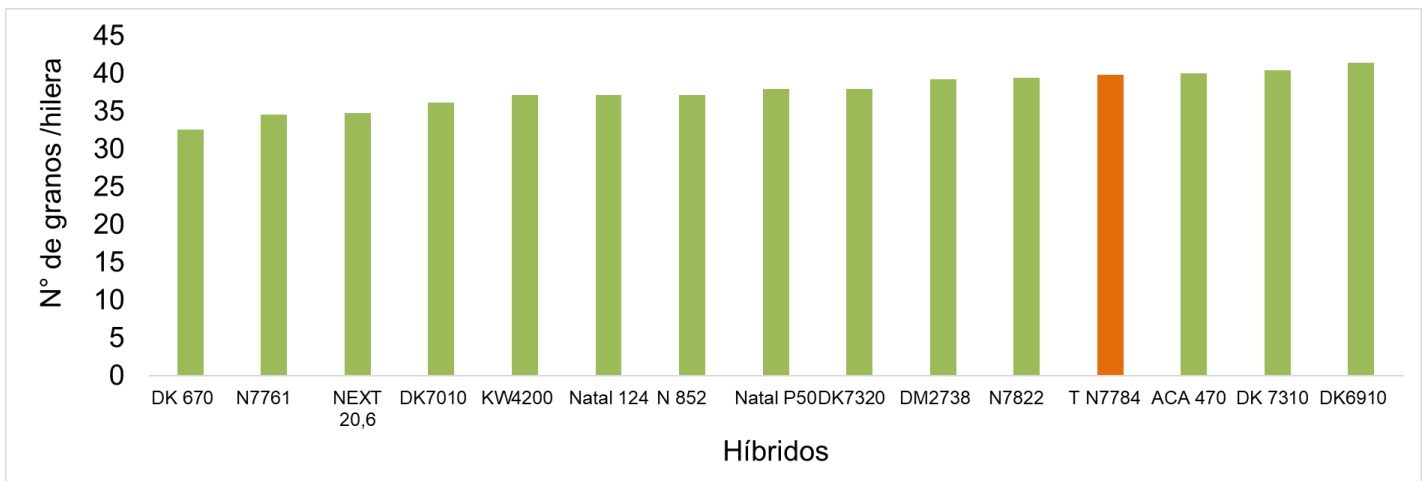


Figura 22. Valores promedio de granos por hilera en los cultivares evaluados.

La cantidad de estructuras florales diferenciadas, no es el principal determinante del número de granos a cosecha sino la supervivencia de esas estructuras fecundadas post floración (2-3 semanas) donde queda fijado el número de granos. De modo que en maíz cobran crucial importancia los factores ambientales involucrados en el aborto de esas estructuras. Durante la primera mitad del período crítico queda determinado el número de espigas por planta, mientras que en la segunda mitad se determina el número de granos fijados por espiga. La proporción de granos fijados (viables) en relación al número de óvulos (Andrade et al., 1999), es decir, el número de granos por ha dependerá del número de espigas por planta (prolificidad) y del número de granos por espiga caracteres que dependen fuertemente de la tasa de crecimiento durante el periodo alrededor de floración (Satorre, 2008). Cuanto mayor sea el estrés, menor será la tasa de crecimiento de la planta





y, por lo tanto, menor el número de granos fijados llegando, en casos extremos, a la esterilidad total de la planta. Cuando se presenta un estrés, los granos de la punta de la espiga, por ser los más jóvenes, se encuentran en desventaja competitiva y son, por lo general, los primeros en abortar. Dependiendo de la severidad del estrés, el aborto de los granos de la punta continuará hasta quedar determinado el número final de granos a los que la planta de maíz tiene la habilidad de suministrar adecuadamente agua y nutrientes (cita extraída de Boletín Pioneer Argentina S.R.L).

Para los granos por hilera podemos decir que no hubo diferencias entre cultivares ($p < 0,06$). Si queremos considerar dicho parámetro para la elección del híbrido podemos observar una variación entre DK 670 con la menor cantidad granos por hilera (32,6) mientras que los de mayor cantidad fueron: DK 7310 y DK 6910, este último con 41,4 granos por hilera. Al comparar nuestros valores con otros trabajos en maíz tardío podemos ver que el número de granos de todos los híbridos evaluados ha sido alto. Heiland (2019) encontró una variación de granos por hilera entre 24 y 26 dentro de densidades que iban de 30.000 a 80.000 plantas. ha^{-1} . Heffner (2015) en el partido de Guaminí indicó que para una densidad de 30.000 plantas ha^{-1} se midieron 30 granos por hilera.

Peso de los granos por cultivar

El peso de grano por espiga se determinó pesando el total de granos de 5 réplicas por tratamiento ($n = 90$). Esta variable indica el rendimiento por espiga.

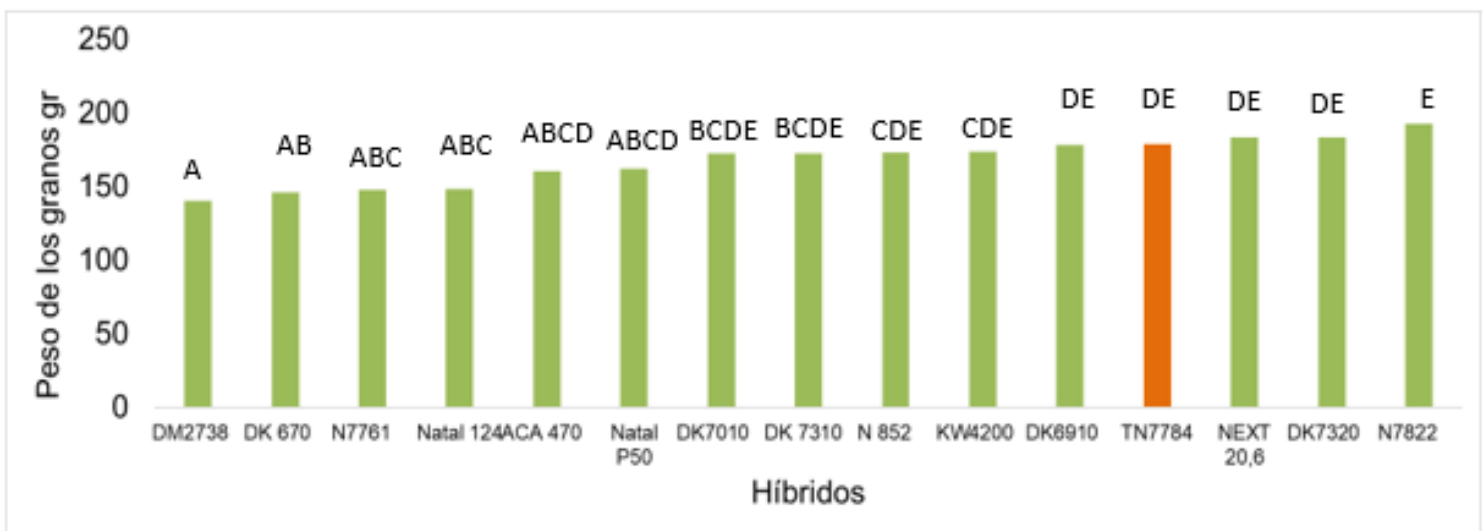


Figura 23. Valores promedio de peso de los granos en los cultivares evaluados.





El peso del grano es el producto entre la duración del período de llenado y de la tasa a la cual acumula materia seca. La disponibilidad de fotoasimilados por grano fijado durante la etapa inicial del desarrollo del grano de maíz determina el tamaño máximo que el mismo podrá alcanzar en madurez. Variaciones en las condiciones de crecimiento del cultivo durante el período de llenado efectivo del grano pueden afectar su peso final al modificar la disponibilidad de fotoasimilados para cada grano en crecimiento. Ante esto la tasa de crecimiento se mantiene relativamente constante gracias a la removilización de carbohidratos almacenados en órganos de reserva (Eyhéabide, 2015).

Se detectaron diferencias altamente significativas ($p < 0,001$) entre cultivares. Los mayores rendimientos en grano por espiga lo alcanzaron el híbrido N 7822 (192,5 g), DK 7320 y Next 20.6 (183 g). El menor valor fue el del híbrido DM 2738 (140,1g). Probablemente esta variación pudo estar relacionada con densidades menores, donde la disponibilidad de recursos fue óptima durante el llenado de granos favoreciendo a este cultivar.

Puede pensarse que el híbrido N7822 al tener mayor peso de granos puede darse en buena elección, pero mirando las demás variables encontramos que tiene menos granos/hilera (serían más grandes), un mayor largo de espiga, pero con más desperdicio del marlo (donde la relación peso del marlo/ peso del grano es 0,15). Debe determinarse como este parámetro se combina con el resto de los factores que influyen en el rendimiento final: número de espigas por planta y número de plantas ha^{-1} .





Peso de 1000 granos

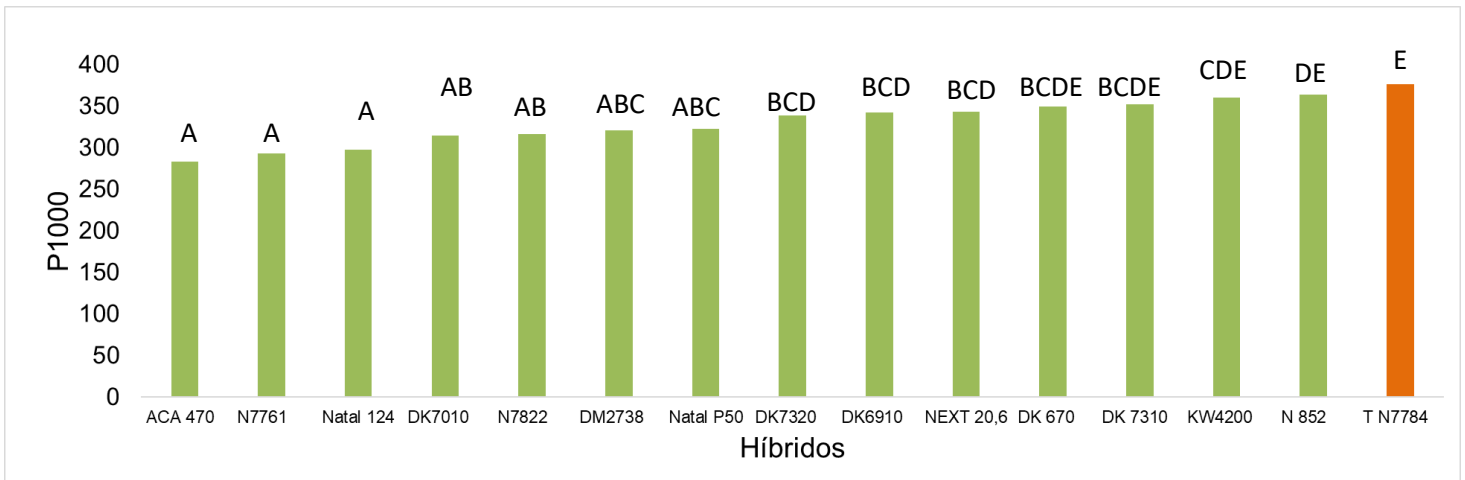


Figura 24. Valores promedio de P1000 en los cultivares evaluados.

Para el peso de 1000 granos se detectaron diferencias altamente significativas. El testigo N 7784 alcanzó el máximo valor con casi 380 g los 1000 granos. Otros híbridos destacados fueron N 852, KW 4200, DK 7310 y DK 670, que superaron los 350 g. Los menores valores correspondieron a ACA 470 (283 g) y N7721 (294 g). La mayoría de los valores fueron adecuados respecto a otros valores regionales. Heiland (2019) para la campaña 2017/ 2018 observó que entre las densidades 30.000- 80.000 plantas. ha⁻¹ los P1000 oscilaron entre 233 a 265 g.

Longitud de la espiga

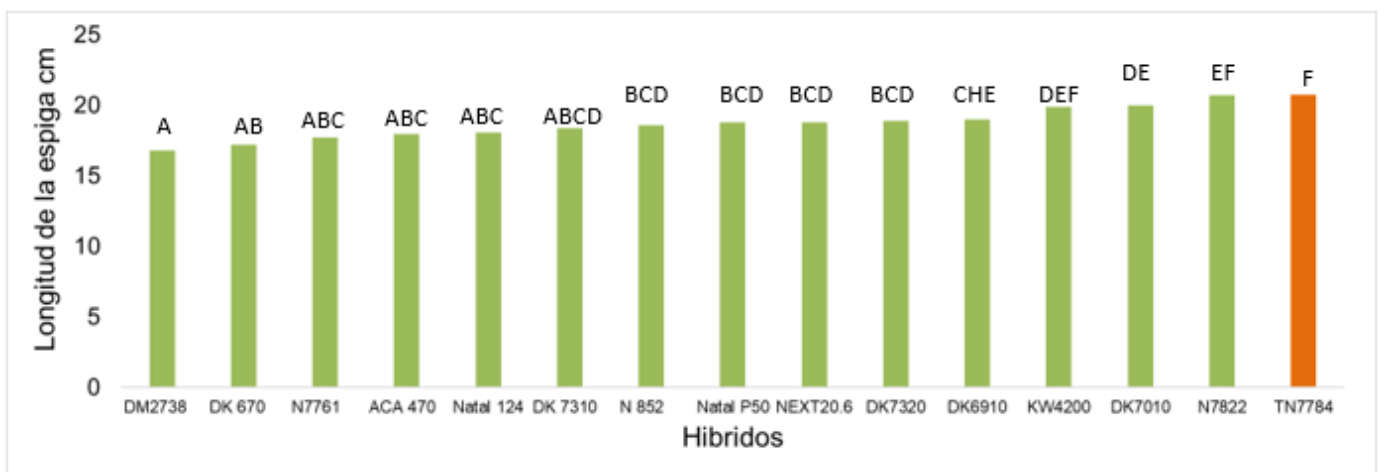


Figura 25. Valores promedio de Longitud de la espiga en los cultivares evaluados.





La longitud de la espiga se determina en las últimas semanas antes de la aparición de las panojas (VT). El estrés en este momento puede reducir el número de granos producidos en cada hilera; sin embargo, el número final de granos potenciales de determina después de la polinización y llenado de grano (cita extraída del Boletín Pioneer Argentina S.R.L). Puede suceder que por algún factor del suelo en la parcela puede que no llegaran a toda la espiga los nutrientes necesarios viéndose afectados aquellos más alejados de la zona de inserción a la planta (los granos más jóvenes). Así cuanto más larga es la espiga más granos debe alimentar, siendo más sensible frente a una deficiencia de nutriente o agua.

Se han detectado diferencias altamente significativas entre híbridos para la longitud de espiga en cm. Los mayores valores lo alcanzaron N 7782 y N 7722 con 20,7 cm. Los valores más bajos alcanzaron los 16-17 cm (DM2738, DK670). La longitud de espiga no es una variable que se toma como componente del rendimiento. Esta variabilidad se debió a que al momento de hacer el muestreo se hayan seleccionado aquellas espigas que son de mayor longitud, no siendo representativas de todo el lote que se analizó, provocando que espigas de mayor longitud desarrollaran más granos, variando el rendimiento promedio final.

Peso del marlo

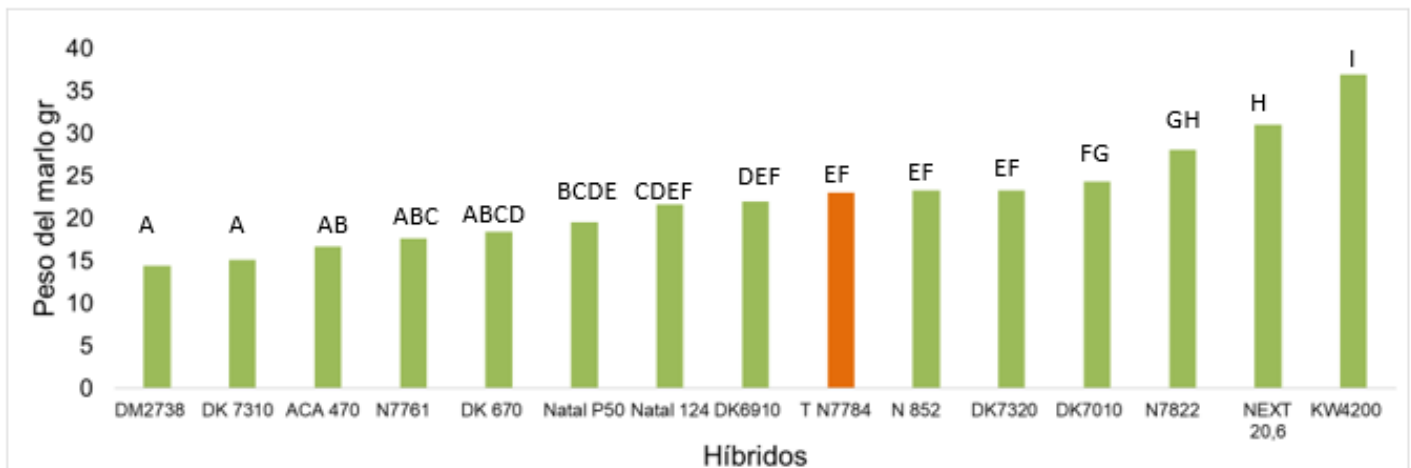


Figura 26. Valores promedio de Peso del marlo en los cultivares evaluados.





Se detectaron diferencias altamente significativas ($p < 0,01$) en el peso de marlo entre cultivares. Los híbridos DM2738, DK 7310, y ACA 470 presentaron pesos inferiores a los 17 g. Por otro lado, los mayores pesos de marlo correspondieron a Next y KW4200 con 31 y 37 g, respectivamente. La variable analizada no tendría peso para la toma de decisión de elección por sí sola. Por una estimación mediante la relación porcentual de peso del marlo/ peso del grano realizamos una eficiencia de conversión de fotoasimilados: para KW4200 la relación es 21 %, mientras que para DK 7310 es del 9%. Esta relación podría indicar que a mayor porcentaje (mayor peso de marlo) el híbrido podría ser menos eficiente en la producción de granos porque en el desarrollo de la espiga produce un mayor tamaño de marlo no destinándose en su totalidad los recursos necesarios para llenado de grano. Se pueden observar las relaciones calculadas en la Figura 26.

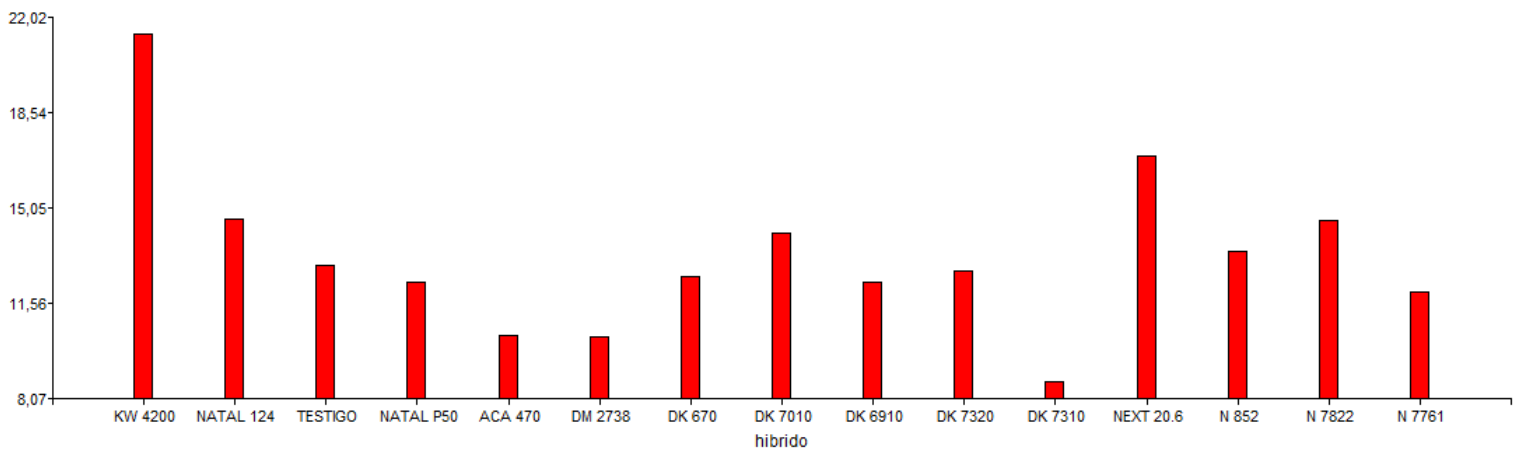


Figura 27. Relación porcentual del peso del marlo/ peso de los granos





Diámetro de la espiga

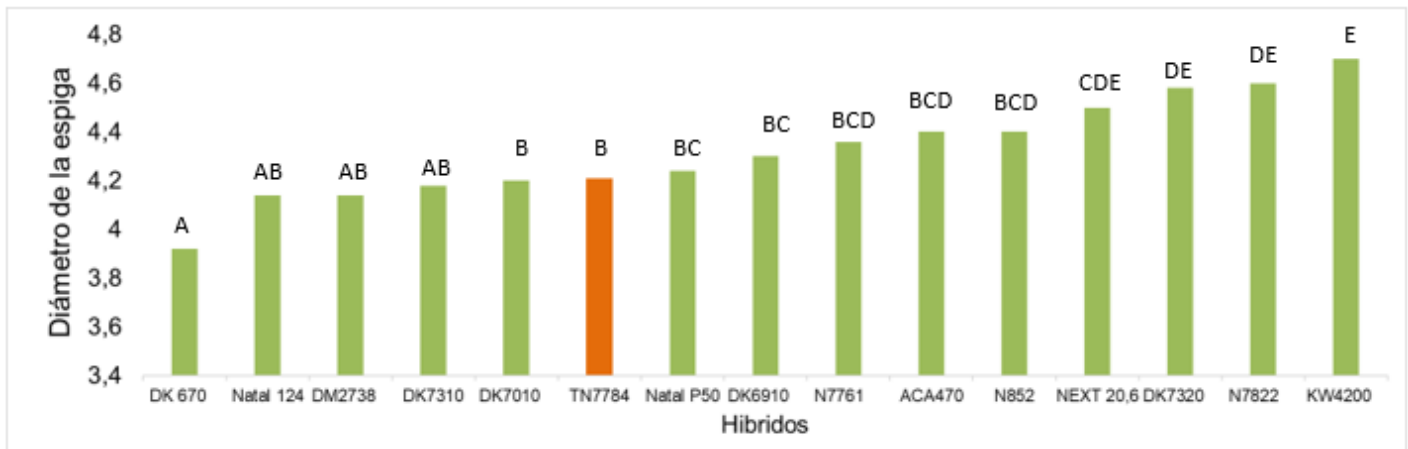


Figura 28. Valores promedio de diámetro de la espiga en los cultivares evaluados.

Se puede observar que hay diferencias altamente significativas entre híbridos ($p < 0,01$). Los valores extremos correspondieron al híbrido DK670 con 3,92 cm de diámetro y KW4200 con un valor de 4,7 cm de diámetro, teniendo el testigo un valor cercano a DK670. A pesar de las diferencias encontradas por ANOVA, la máxima y mínima fueron menos de 1 cm. El diámetro se relaciona con el n° de hileras por espiga, a mayor diámetro, mayor es la cantidad de hileras.

Rendimiento de los cultivares de maíz por parcela (kg/ha)

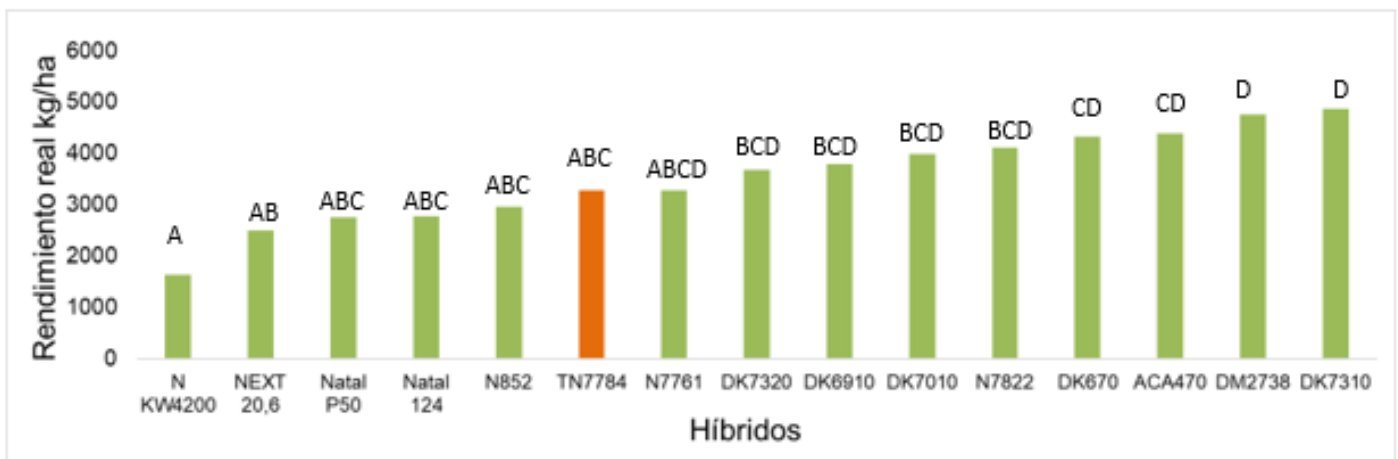


Figura 29. Rendimiento promedio kg/ha para cada cultivar evaluado.





El rendimiento se puede expresar como el número de granos/ m² multiplicado por el peso de los granos. Donde la primera variable está dada por plantas/ m² x espigas/ planta x hileras/ espiga x granos/ hilera; en la cual estas se definieron desde etapas tempranas vegetativas hasta el período de floración (R1), la otra variable (peso de los granos) se da en post floración que depende fundamentalmente de dos factores, la tasa de llenado de grano y su duración (Andrade y otros, 1996). En la etapa crítica tiene que tener un requerimiento hídrico óptimo (6-7 mm/día) y alto contenido de nutrientes como para poder destinar esos carbohidratos y proteína (por el nitrógeno) hacia los granos que se están llenando en espiga.

Se establecieron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los rendimientos a campo de los híbridos. Al analizar los rendimientos extremos observamos una variación de casi 3000 kg entre el híbrido DK7310, con 4875 kg/ha, y KW4200 con 1630 Kg/ha. Esta variabilidad estuvo dada principalmente por las espigas por planta y los granos por espiga que son los parámetros de mayor peso en prefloración y floración correlacionados con la tasa de crecimiento del cultivo en ese período (aportando carbohidratos y nutrientes a los órganos en desarrollo). Por esto DK7310 reúne todas las condiciones (1292,7granos planta⁻¹ vs KW4200 con 715,6 granos planta⁻¹) para tener un valor mayor a KW4200. Antes y durante la floración debe haber una supervivencia de los óvulos fecundados, mantener ese número fértil de granos, y en post floración ocurre el peso de los granos que depende de su duración y tasa de llenado.

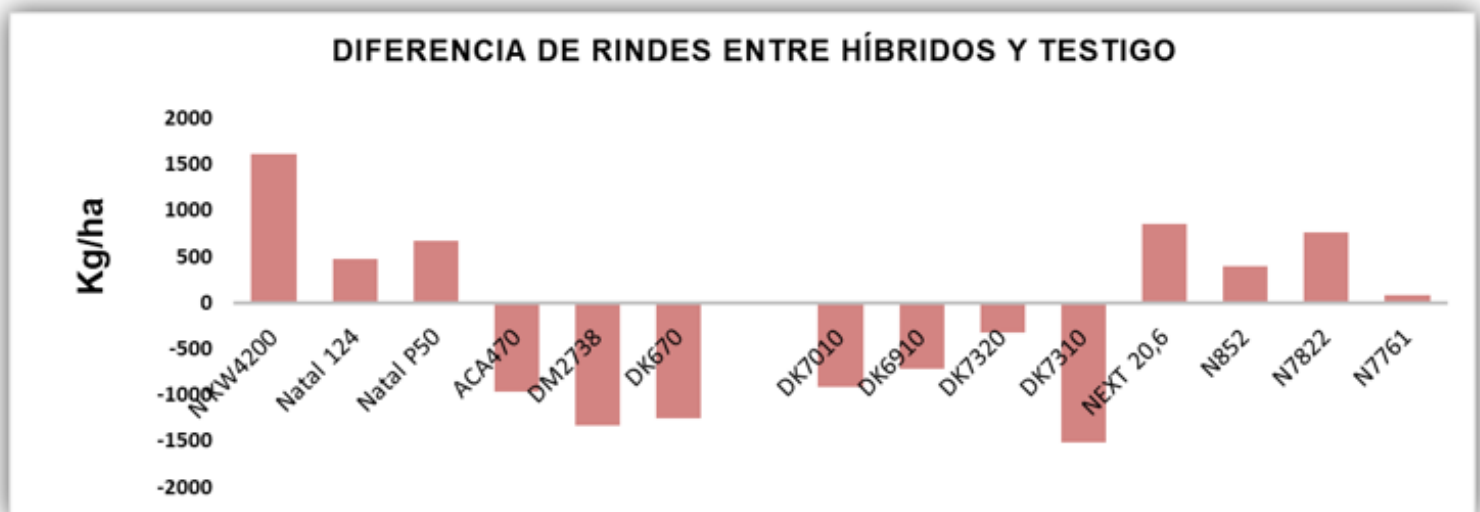


Figura 30. Gráfico de diferencia de rindes.





En la figura 32 vemos las diferencias en kg que hay entre el híbrido y testigo con el que se comparó. Como se puede apreciar hay valores que son negativos, esto nos indica que el rendimiento del híbrido fue mayor que el testigo y al hacer la diferencia nos dio este resultado, y también que cuando la barra es más larga se deduce que hay una gran diferencia significativa (por varios kg/ha) y que hay que tenerlo en cuenta para su elección. Los que están cerca del eje x se entiende que fueron casi parecidos los rindes del híbrido con el testigo.

Rendimientos potenciales de híbridos de maíz a partir de los componentes del rendimiento (kg/ha)

Se calcularon los rindes potenciales (kg/ha) de los híbridos a partir de los valores obtenidos de la cosecha manual de 5 espigas, considerando la producción de una espiga por planta y a una densidad de $35 \cdot 10^3$ plantas ha^{-1} . Este rendimiento se alcanzaría para ese año bajo condiciones óptimas de manejo, pudiendo expresar al máximo sus componentes de rendimiento.

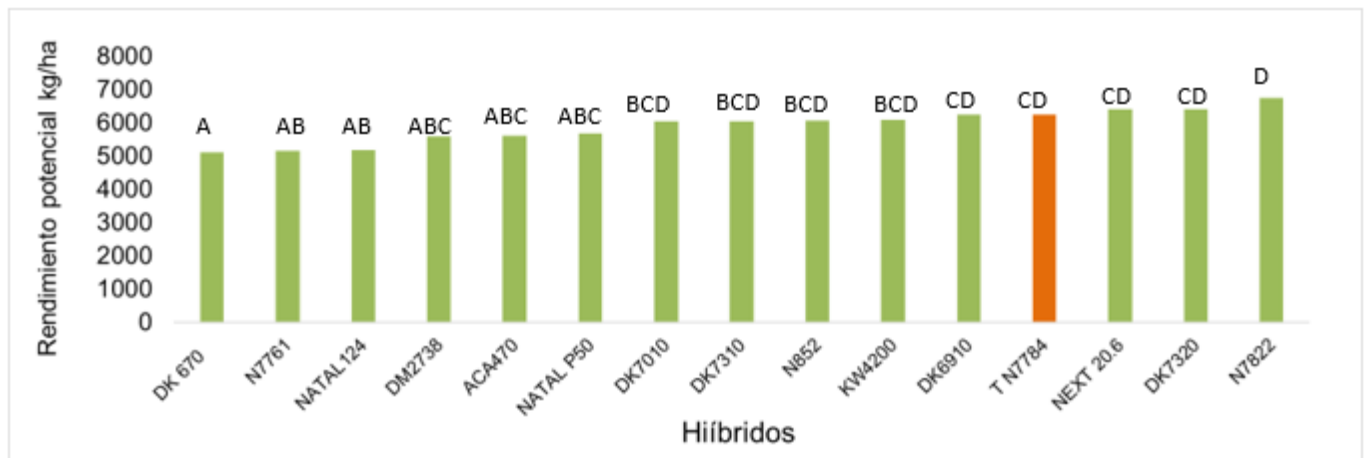


Figura 31. Rendimiento potencial kg/ha para cada cultivar evaluado.

Estos rendimientos serían los posibles de lograr en el sitio de estudio con las condiciones de suelo y clima del ciclo 17-18. Los rindes potenciales oscilan entre 5 a 6,7 $Mg \ ha^{-1}$.





Tabla 7. Rendimiento potencial vs rendimiento en parcela

HIBRIDO	RINDE POTENCIAL	RINDE DE PARCELA	% ALCANZADO
KW 4200	6079	1630	26.81
NEXT 20.6	6410	2500	39.00
NATAL P50	5670	2750	48.50
N 852	6062	2955	48.75
TESTIGO	6255	3274	52.34
NATAL 124	5181	2770	53.47
DK 7320	6417	3675	57.27
DK 6910	6238	3790	60.75
N 7822	<u>6738</u>	4110	61.00
N 7761	5164	3280	63.52
DK 7010	6035	3985	66.03
DK 670	5101	4325	84.78
ACA 470	5620	4385	77.67
DM 2738	5581	4755	85.21
DK 7310	6038	<u>4875</u>	66.00

Según la tabla 19, se muestra una estimación de la producción potencial de cada híbrido que podría haber alcanzado en condiciones óptimas de manejo (densidad adecuada para ese ambiente, elección de un lote apto para el cultivo de maíz, buen control de la fertilización) para ese año.

Si observamos el % alcanzado, vemos que a medida que aumenta su porcentaje es más eficiente y por ende una opción de selección, ya que representa cuanto del rinde potencial se alcanzó en el rinde a campo. Para este caso el DM2738 Y DK670 dieron buenos porcentajes.





Correlación y regresión entre variables

Tabla 8. Correlación entre variables

	Rinde	espiga /planta	espiga/ha	planta/ha
Rinde	1,00	-	-	-
espiga /planta	0,63	1,00	-	-
espiga/ha	0.66	0,98	1,00	-
planta/ha	0,12	-0,22	-0,02	1,00

Para la tabla 10 se muestra una correlación entre variables. Valores de $r \geq 0,24$ son significativos con $p < 0,05$. Se encontró relación significativa con espiga. Planta⁻¹ (r: 0,66), donde su aumento da un mayor rinde a campo. Por otro lado, espiga. Planta⁻¹ con r: 0,63. Otra variable con alta correlación fue espiga. Planta⁻¹ con espiga. Ha⁻¹. Si a la r de la correlación se lo eleva al cuadrado explica cuanto del rinde a campo es dado por las variables.

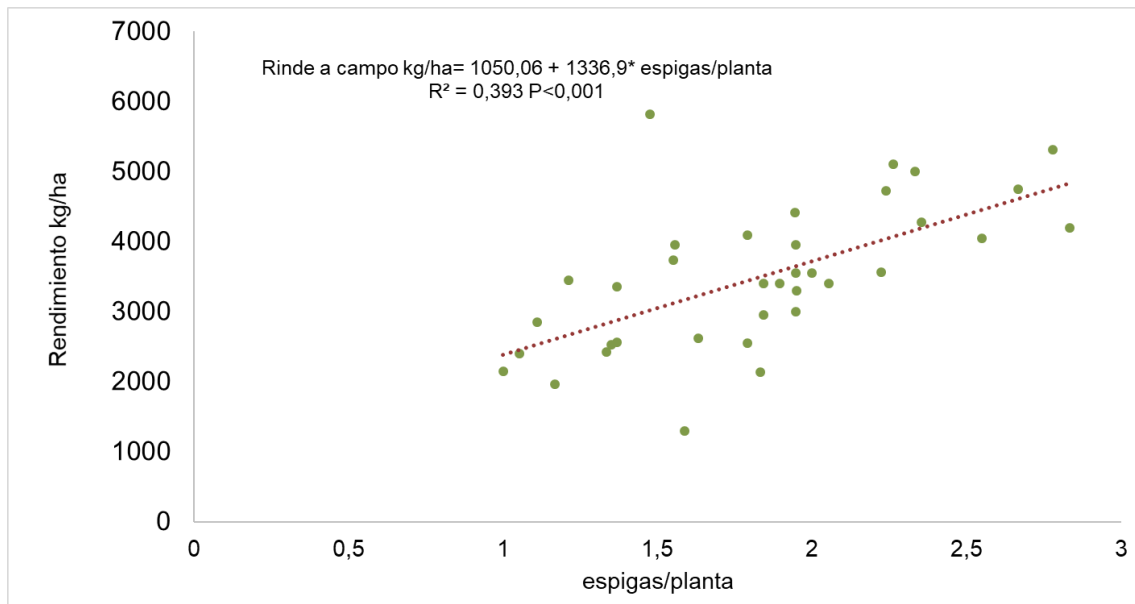


Gráfico 32. Regresión entre rendimiento kg/ha y espigas. Planta⁻¹



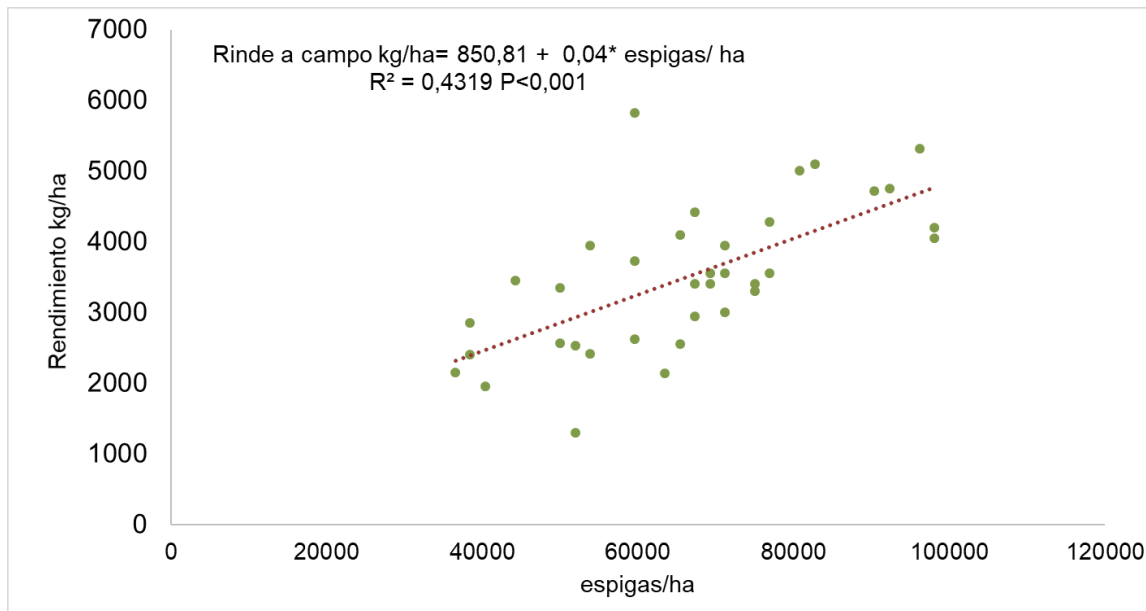


Gráfico 33. Regresión entre rendimiento kg/ha y espigas. ha⁻¹

Para la figura 34 el R^2 nos indica que parte del rinde a campo es explicado por el 39% de la variable espiga. Planta⁻¹ y para el caso de la figura 35 el 43% de la variable espigas. planta⁻¹ explica ese avance del rendimiento kg/ha.





8. CONCLUSIONES

Los cultivares DK7310 - DM2738 - ACA470 presentaron los mayores rendimientos.

Mediante los datos recolectados en este trabajo, y para los híbridos elegidos por el productor, el más destacado fue el DK 7310, donde se ajustó a la densidad planteada y pese a que genéticamente tiene un bajo valor de n° hileras a comparación de los otros dos híbridos, su rendimiento se pudo deber a valores óptimos de n° granos.hilera⁻¹, acompañado de una mayor longitud en la espiga, al peso de granos.espiga⁻¹ y principalmente a la capacidad de desarrollar una segunda espiga. Se puede entender que este híbrido tuvo más adaptación al período de llenado de granos (post floración) y que determinó así su biomasa con 172,52 gramos. Es importante aclarar que a pesar de haber tenido condiciones adversas para este ciclo del cultivo pudo darse un rinde mayor al testigo (casi 1600 kg por encima), y que si se dieran condiciones con buen manejo del sitio el híbrido DK7310 seguiría siendo una buena elección por su nivel de rinde potencial 6000 kg/ha.

Por otro lado, el híbrido DM2738, se recomendaría ya que también se ajustó a la densidad propuesta, tiene la capacidad de desarrollar 2-3 espigas por planta y un valor de n° de hileras mayor a DK7310 (14 hileras). Aunque haya presentado bajo peso de grano, fue uno de los que tuvo rendimiento alto. También es para su recomendación ya que según él % alcanzado (rinde de campo/rinde potencial) es de 85,2% donde indica que parte del rinde a campo se alcanzaría a ser potencial en buenas condiciones de manejo.

Como tercera opción el híbrido ACA470 que superó la densidad propuesta (39 10³ plantas/ha), desarrolló una segunda espiga, el n° granos. hilera⁻¹ igual que el DK7310, aunque bajo peso de granos. su rendimiento fue el menor de los tres elegidos porque puede ser que esa densidad no expresó el óptimo de los componentes por falta de distribución de nutrientes hacia los órganos reproductivos. Si se sembrara una densidad adecuada a este ambiente su rinde podría llegar a ser más alto.

Con las condiciones de ensayo para el año 2018, las temperaturas y ocurrencias de heladas no afectaron el período crítico, aunque la cantidad de mm de agua en el suelo para este momento (febrero) fue baja pudiendo afectar el rendimiento final.





En cuanto a la densidad hubo una brecha entre la cantidad de plantas planteadas y las logradas ($33 \cdot 10^3 - 39 \cdot 10^3$ plantas/ ha). Solo DK 7310 y DM2738 alcanzaron la densidad planteada. Este es uno de los factores de manejo a tener en cuenta al momento de realizar la siembra ya que puede afectar la intercepción de radiación y posterior conversión en n° granos y peso del mismo.





Anexo

Tabla 1. ANOVA y comparación de medias por LSD Fisher para Altura de la 1° inserción de la espiga.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo	22364,69	12	1863,72	37,22	<0,0001	
hibrido	22364,69	12	1863,72	37,22	<0,0001	
Error	33301,77	665	50,08			
Total	55666,46	677				

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=3,11015						
Error: 50,0778 gl: 665						
hibrido	Medias	n	E.E.			
N7761	44,00	37	1,16	A		
N7822	49,28	40	1,12	B		
ACA 470	51,61	41	1,11	B	C	
N7784 T	53,54	229	0,47	C	D	
DM2738	55,83	36	1,18	D	E	
Natal P50	56,66	38	1,15	E		
DK7320	58,39	38	1,15	E	F	
DK6910	58,41	37	1,16	E	F	
KW4200	60,49	35	1,20	F		G
Natal 124	60,78	37	1,16	F		G
DK7010	63,22	37	1,16	G		
DK 7310	63,67	36	1,18	G		
NEXT 20,6	69,78	37	1,16	H		

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

Tabla 2. ANOVA y comparación de medias por LSD Fisher para N° plantas/ha.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo.	68160338,59	14	4868595,61	1,74	0,1216	
hibrido	68160338,59	14	4868595,61	1,74	0,1216	
Error	58709319,53	21	2795681,88			
Total	126869658,12	35				

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=6218,25353						
Error: 2795681,8822 gl: 21						
hibrido	Medias	n	E.E.			
KW4200	33653,85	2	1182,30	A		
DM2738	34615,38	2	1182,30	A		
DK 7310	34615,38	2	1182,30	A		
NEXT 20,6	35576,92	2	1182,30	A		
N7761	35576,92	2	1182,30	A		
DK 670	35576,92	2	1182,30	A		
DK7010	35576,92	2	1182,30	A		
Natal 124	35576,92	2	1182,30	A		
DK6910	35576,92	2	1182,30	A		
Natal P50	36538,46	2	1182,30	A		
DK7320	36538,46	2	1182,30	A		
N 852	36538,46	2	1182,30	A		
N7784 T	37259,62	8	591,15	A		
N7822	38461,54	2	1182,30	A		
ACA 470	39423,08	2	1182,30	A		

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





Tabla 3. ANOVA y comparación de medias por LSD Fisher para N° de espigas/planta.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	6,98	14	0,50	10,98	<0,0001
hibrido	6,98	14	0,50	10,98	<0,0001
Error	0,95	21	0,05		
Total	7,93	35			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,43184
 Error: 0,0454 gl: 21

hibrido	Medias	n	E.E.					
NEXT 20,6	1,05	2	0,15	A				
N7822	1,30	2	0,15	A	B			
KW4200	1,34	2	0,15	A	B			
N852	1,40	2	0,15	A	B	C		
N7784 T	1,54	8	0,08		B	C	D	
Natal P50	1,80	2	0,15			C	D	E
DK7320	1,85	2	0,15				D	E
DK7010	1,90	2	0,15					E
Natal 124	1,95	2	0,15					E
N7761	2,10	2	0,15					E F
DK6910	2,15	2	0,15					E F
DK670	2,15	2	0,15					E F
ACA 470	2,40	2	0,15					F G
DK 7310	2,50	2	0,15					F G
DM2738	2,70	2	0,15					G

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

Tabla 4. ANOVA y comparación de medias por LSD Fisher para N° hileras/ espiga.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	152,80	14	10,91	5,98	<0,0001
hibrido	152,80	14	10,91	5,98	<0,0001
Error	136,80	75	1,82		
Total	289,60	89			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=1,65850
 Error: 1,8240 gl: 75

hibrido	Medias	n	E.E.					
TESTIGO	12,60	20	0,30	A				
DK 7310	12,80	5	0,60	A	B			
DK 670	13,60	5	0,60	A	B	C		
DM 2738	14,00	5	0,60		B	C	D	
ACA 470	14,40	5	0,60		B	C	D	E
N 852	14,40	5	0,60		B	C	D	E
NATAL 124	14,80	5	0,60			C	D	E F
KW 4200	14,80	5	0,60			C	D	E F
NATAL P50	15,20	5	0,60			C	D	E F
DK 6910	15,20	5	0,60			C	D	E F
N 7761	15,20	5	0,60			C	D	E F
NEXT 20.6	15,60	5	0,60				D	E F
DK 7010	16,00	5	0,60					E F
N 7822	16,40	5	0,60					F
DK 7320	16,40	5	0,60					F

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





Tabla 5. ANOVA y comparación de medias por LSD Fisher para Granos/hilera.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	468,46	14	33,46	1,78	0,0581
hibrido	468,46	14	33,46	1,78	0,0581
Error	1412,00	75	18,83		
Total	1880,46	89			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=5,32832
 Error: 18,8267 gl: 75

hibrido	Medias	n	E.E.	
DK 670	32,60	5	1,94	A
N 7761	34,60	5	1,94	A B
NEXT 20.6	34,80	5	1,94	A B
DK 7010	36,20	5	1,94	A B C
KW 4200	37,20	5	1,94	A B C
NATAL 124	37,20	5	1,94	A B C
N 852	37,20	5	1,94	A B C
NATAL P50	38,00	5	1,94	A B C
DK 7320	38,00	5	1,94	A B C
DM 2738	39,20	5	1,94	B C
N 7822	39,40	5	1,94	B C
TESTIGO	39,80	20	0,97	B C
ACA 470	40,00	5	1,94	B C
DK 7310	40,40	5	1,94	C
DK 6910	41,40	5	1,94	C

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

Tabla 6. ANOVA y comparación de medias por LSD Fisher para Peso de granos/espiga.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	19392,12	14	1385,15	3,00	0,0011
hibrido	19392,12	14	1385,15	3,00	0,0011
Error	34595,65	75	461,28		
Total	53987,78	89			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=26,37445
 Error: 461,2754 gl: 75

hibrido	Medias	n	E.E.	
DM 2738	140,14	5	9,60	A
DK 670	145,76	5	9,60	A B
N 7761	147,54	5	9,60	A B C
NATAL 124	148,02	5	9,60	A B C
ACA 470	160,56	5	9,60	A B C D
NATAL P50	162,00	5	9,60	A B C D
DK 7010	172,43	5	9,60	B C D E
DK 7310	172,52	5	9,60	B C D E
N 852	173,19	5	9,60	C D E
KW 4200	173,69	5	9,60	C D E
DK 6910	178,24	5	9,60	D E
TESTIGO	178,73	20	4,80	D E
NEXT 20.6	183,15	5	9,60	D E
DK 7320	183,35	5	9,60	D E
N 7822	192,52	5	9,60	E

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





Tabla 7. ANOVA y comparación de medias por LSD Fisher para Peso de 1000 granos

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	82978,89	14	5927,06	5,57	<0,0001
hibrido	82978,89	14	5927,06	5,57	<0,0001
Error	79842,58	75	1064,57		
Total	162821,47	89			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=40,06729					
Error: 1064,5677 gl: 75					
hibrido	Medias	n	E.E.		
ACA 470	283,34	5	14,59	A	
N 7761	293,26	5	14,59	A	
NATAL 124	297,25	5	14,59	A	
DK 7010	314,76	5	14,59	A	B
N 7822	316,60	5	14,59	A	B
DM 2738	321,19	5	14,59	A	B C
NATAL P50	322,77	5	14,59	A	B C
DK 7320	338,45	5	14,59	B	C D
DK 6910	342,88	5	14,59	B	C D
NEXT 20.6	342,98	5	14,59	B	C D
DK 670	350,05	5	14,59	B	C D E
DK 7310	352,34	5	14,59	B	C D E
KW 4200	360,06	5	14,59	C	D E
N 852	364,12	5	14,59	D	E
TESTIGO	379,62	20	7,30		E

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

Tabla 8. ANOVA y comparación de medias por LSD Fisher para Longitud de la espiga

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	144,52	14	10,32	5,13	<0,0001
hibrido	144,52	14	10,32	5,13	<0,0001
Error	150,86	75	2,01		
Total	295,38	89			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=1,74163					
Error: 2,0114 gl: 75					
hibrido	Medias	n	E.E.		
DM 2738	16,80	5	0,63	A	
DK 670	17,20	5	0,63	A	B
N 7761	17,70	5	0,63	A	B C
ACA 470	18,00	5	0,63	A	B C
NATAL 124	18,10	5	0,63	A	B C
DK 7310	18,40	5	0,63	A	B C D
N 852	18,60	5	0,63	B	C D
NATAL P50	18,80	5	0,63	B	C D
NEXT 20.6	18,80	5	0,63	B	C D
DK 7320	18,90	5	0,63	B	C D
DK 6910	19,00	5	0,63	C	D E
KW 4200	19,90	5	0,63	D	E F
DK 7010	19,98	5	0,63	D	E F
N 7822	20,70	5	0,63	E	F
TESTIGO	20,75	20	0,32		F

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





Tabla 9. ANOVA y comparación de medias por LSD Fisher para Peso del marlo.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo	2591,06	14	185,08	16,07	<0,0001	
hibrido	2591,06	14	185,08	16,07	<0,0001	
Error	863,79	75	11,52			
Total	3454,85	89				

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=4,16751						
Error: 11,5172 gl: 75						
hibrido	Medias	n	E.E.			
DM 2738	14,47	5	1,52	A		
DK 7310	15,12	5	1,52	A		
ACA 470	16,73	5	1,52	A	B	
N 7761	17,67	5	1,52	A	B	C
DK 670	18,48	5	1,52	A	B	C D
NATAL P50	19,58	5	1,52		B	C D E
NATAL 124	21,69	5	1,52		C	D E F
DK 6910	21,98	5	1,52		D	E F
TESTIGO	23,07	20	0,76			E F
N 852	23,29	5	1,52			E F
DK 7320	23,32	5	1,52			E F
DK 7010	24,36	5	1,52		F	G
N 7822	28,07	5	1,52		G	H
NEXT 20.6	31,01	5	1,52			H
KW 4200	36,91	5	1,52			I

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

Tabla 10. ANOVA y comparación de medias por LSD Fisher para Diámetro de la espiga.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3,26	14	0,23	4,76	<0,0001
hibrido	3,26	14	0,23	4,76	<0,0001
Error	3,66	75	0,05		
Total	6,92	89			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,27133					
Error: 0,0488 gl: 75					
hibrido	Medias	n	E.E.		
DK 670	3,92	5	0,10	A	
NATAL 124	4,14	5	0,10	A	B
DM 2738	4,14	5	0,10	A	B
DK 7310	4,18	5	0,10	A	B
DK 7010	4,20	5	0,10		B
TESTIGO	4,21	20	0,05		B
NATAL P50	4,24	5	0,10		B C
DK 6910	4,30	5	0,10		B C
N 7761	4,36	5	0,10		B C D
ACA 470	4,40	5	0,10		B C D
N 852	4,40	5	0,10		B C D
NEXT 20.6	4,50	5	0,10		C D E
DK 7320	4,58	5	0,10		D E
N 7822	4,60	5	0,10		D E
KW 4200	4,70	5	0,10		E

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





Tabla 11. ANOVA y comparación de medias por LSD Fisher para Rendimiento.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	23586462,50	14	1684747,32	2,56	0,0252
Híbrido	23586462,50	14	1684747,32	2,56	0,0252
Error	13824737,50	21	658320,83		
Total	37411200,00	35			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=1644,61139
 Error: 658320,8333 gl: 21

Híbrido	Medias	n	E.E.
N KW4200	1630,00	2	573,73 A
NEXT 20,6	2500,00	2	573,73 A B
Natal P50	2750,00	2	573,73 A B C
Natal 124	2770,00	2	573,73 A B C
N852	2955,00	2	573,73 A B C
T(N7784)	3273,75	8	286,86 A B C
N7761	3280,00	2	573,73 A B C D
DK7320	3675,00	2	573,73 B C D
DK6910	3790,00	2	573,73 B C D
DK7010	3985,00	2	573,73 B C D
N7822	4110,00	2	573,73 B C D
DK670	4325,00	2	573,73 C D
ACA470	4385,00	2	573,73 C D
DM2738	4755,00	2	573,73 D
DK7310	4875,00	2	573,73 D

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

Tabla 12. ANOVA y comparación de medias por LSD Fisher para Rendimientos potenciales.

Análisis de la varianza				
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Rinde Pot	90	0,32	0,20	12,21

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	19008112,58	14	1357722,33	2,56	0,0047
Híbrido	19008112,58	14	1357722,33	2,56	0,0047
Error	39767383,12	75	530231,77		
Total	58775495,70	89			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=894,20310
 Error: 530231,7750 gl: 75

Híbrido	Medias	n	E.E.
DK 670	5101,46	5	325,65 A
N 7761	5163,97	5	325,65 A B
NATAL 124	5180,77	5	325,65 A B
DM 2738	5580,54	5	325,65 A B C
ACA 470	5619,74	5	325,65 A B C
NATAL P50	5670,00	5	325,65 A B C
DK 7010	6035,12	5	325,65 B C D
DK 7310	6038,13	5	325,65 B C D
N 852	6061,51	5	325,65 B C D
KW 4200	6079,08	5	325,65 B C D
DK 6910	6238,26	5	325,65 C D
TESTIGO	6255,46	20	162,82 C D
NEXT 20.6	6410,25	5	325,65 C D
DK 7320	6417,11	5	325,65 C D
N 7822	6738,20	5	325,65 D

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





9. BIBLIOGRAFÍA

- Andrade, F H.; Cirilo, A G.; Uhart, S A.; Otegui, M E. 1996. Ecosifisiología del cultivo maíz. Balcarce, Buenos Aires. Argentina. Editorial La Barrosa. Pp.16-21-24.
- Apertura negocios, 1-02-2019. La argentina, el tercer exportador mundial de maíz.
- Andrade, F. H., Vega, C, Uhart, S., Cirilo, A., Cantarero, M., y Valentinuz, O. 1999. Kernel number determination in maize. *Crop Science*, 39: 453-459.
- Boy, A. (2004). El maíz en Argentina. En *Maíz sustento y culturas en América Latina. Los impactos destructivos de la globalización*, Montevideo, REDES/Biodiversidad.
- Boletín técnico Pioneer. Rendimiento del grano del Maíz en relación al estrés durante las distintas etapas del desarrollo.
- Boletín técnico Pioneer. Maíz: crecimiento y desarrollo.
- Carcova, Borrás y Otegui. Coordinado por Antonio J. Pascale. 2003. "Producción de granos, bases funcionales para el manejo". Pp 135-145.
- Cirilo A., Andrade F., Otegui M., Maddoni G., Vega C. y Valentinuz O. 2012. Ecofisiología del cultivo de maíz. En: Eyhérbide G. H. (ed.). *Bases para Manejo del Cultivo de Maíz*. Pp. 8-24. INTA Pergamino.
- Cátedra de Producción Vegetal Extensiva. Departamento de Agronomía. UNS. 2017. Apunte de maíz.
- Cátedra de Tecnología de granos. Departamento de Agronomía. UNS. 2018. Apunte tecnología de maíz.
- El mismo maíz, un nuevo desafío: Compendio primer congreso de maíz tardío / Lucas Borrás... [et al.] Lucas Borrás y Sergio Uhart editores, prólogo de Sergio Uhart. – 1 a ed compendiada. – San Isidro: Dow Agrosiences Argentina, 2017. Pp 23- 37-92-146.
- Eyhérbide, G. (2015). *Bases para el manejo del cultivo de maíz*. INTA Pergamino. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.





- Hunter, R. B., T. Tollenaar y C. M. Breuer. 1977. Effects of photoperiod and temperature on vegetative and reproductive growth of a maize (*Zea mays* L.) hybrid. *Canadian Journal of Plant Sciences*, 57:1127-1133.
- Inta Balcarce.2007. Artículo técnico: Maíz la calidad del grano.
- Ing. Fernando Andrade.22-8-2006. Influencia de los factores climáticos en las distintas etapas del cultivo de maíz. INTA EEA Balcarce.
- Ing. Guillermo O. Martin. Cultivo de Maíz. Cátedra de Forrajes y Cereales - FAZ, UNT.
- Lfyjissette anabel oñate zúñiga.14-01-2016. “duración de las etapas fenológicas y profundidad radicular del cultivo de maíz (*zea mays*) var. blanco harinoso criollo, bajo las condiciones climáticas del cantón cevallos”. pág. 14-15-21.
- Márgenes agropecuarios. Informe USDA abril 2019.
- Mesquida, Facundo. 30-05-2019. Infocampo; Cosecha gruesa: ya se trilló el 90,7% del área apta de soja y el 37,4% de maíz.
- Paliwal, R. L., Granados, G., Lafitte, H. R., Violic, A. D., & Marathée, J. P. (2001). El maíz en los trópicos: Mejoramiento y producción. Colección FAO: Producción y protección vegetal nº 28.
- Red de innovadores Aapresid (2017). “Maíz de última generación, la densidad de siembra se mira, pero no se toca. pág. 59.
- Statista. Global No.1 Business Data Plataform. Statistics of: World corn production by country 2018/19 (in 1,000 metric tons).
- Sepúlveda Díaz, Mónica Leonor. 24-9-2014. Estudio comparativo de la variabilidad del potencial toxicogénico de cepas de *Fusarium graminearum* aislados de trigo, cebada y maíz cultivados en Argentina. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. Pág. 6.





Satorre, E. (2008). Producción de maíz. AACREA. Asociación Argentina de Consorcios Regionales de Experimentación Agrícola. Unidad de Comunicación y Marketing, Buenos Aires.

Weather Spark. Informe climatológico histórico promedio de Tornquist (1-1-1980 al 31-12-2016).

Watson, S. A. 1988. Corn marketing, processing and utilization. En: G. F. Sprague y J. W. Dudley (eds.). Corn and corn improvement (3a ed.). Series Agronomy N° 18. American Society of Agronomy, Inc. Publishers. Madison, Wisconsin, USA

Wilkes, H.G. 1979. Mexico and Central America as a centre for the origin of agriculture and the evolution of maize. Crop Improv., 6(1): 1-18.

Wilkes, H.G. 1985. Teosinte: the closest relative of maize revisited. Maydica, XXX: 209-223.

<https://www.argentina.gob.ar/>

<http://www.centrodecorredores.com/index.php/maiz>

<http://anterior.inta.gov.ar/suelos/cartas/>

<https://www.syngenta.com.ar/>

<http://cebadacervecera.com.ar/proyectan-inversion-de-us-10-100-millones-para-la-campana-2018-19/>

<http://agrovoz.lavoz.com.ar/>

