



Métodos cuantitativos para la investigación agropecuaria.

CASTRO FLAVIA
2015

Evaluación de densidades de tres híbridos de maíz, con antecesoros diferentes y distintos niveles de fertilización

Flavia Castro

Tutor: Cecilia Bruno



INDICE DE CONTENIDOS

<i>AGRADECIMIENTOS</i>	4
<i>RESUMEN</i>	5
<i>INTRODUCCIÓN:</i>	6
<i>MATERIALES Y METODOS</i>	9
<i>RESULTADOS</i>	10
Tabla 1	11
Fig. 1	12
Tabla 2	13
Fig. 2	14
Tabla 3	15
Fig. 3	16
Fig. 4	17
Fig. 5	18
Fig. 6	18
Fig. 7	19
Fig. 8	20
Fig. 9	20
Tabla 4	22
Tabla 5	22
Tabla 6	24
Tabla 7	24
<i>DISCUSIÓN</i>	25
<i>CONCLUSIÓN</i>	26
<i>BIBLIOGRAFÍA</i>	27

AGRADECIMIENTOS

- A la empresa Agroideas S.A., por la colaboración con la base de datos,
- A Matias S. Biraghi, por la recopilación de datos y la ayuda en el presente trabajo,
- Al Sr. Cavallero Gustavo, propietario del campo donde se llevó a cabo en ensayo,
- A la tutora, Ing. Agr. Dra. Cecilia Bruno por el acompañamiento y la evacuación de dudas a la hora de realizar el presente trabajo.

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo es evaluar el comportamiento de tres híbridos de maíz ante variaciones en la densidad poblacional del cultivo y la nutrición nitrogenada, considerando a dos posibles cultivos antecesores. El ensayo se llevó a cabo en la localidad de Colonia Marina, al Este de la provincia de Córdoba, trabajando en macro parcelas con un diseño de bloques al azar con 72 tratamientos dónde se evalúan 3 híbridos (510PW, 505PW y 562PW), 4 densidades de siembra (45.000, 55.000, 69.000 y 82.000 pl. /ha) y 3 niveles de nutrición nitrogenada (0 kg/ha de N₂, 32 kg/ha N₂ y 64 kg/ha N₂), considerando la alternativa de tener dos cultivos diferentes como antecesor (Trigo y Soja). Cada parcela consto de 8 surcos a 52.5 cm por cada densidad analizada y presentando un largo de 200 metros, obteniendo por cada parcela una superficie de 840 m². Con la estadística descriptiva se observó que, cuando no se fertiliza, el que mejor repuesta tiene es el hibrido 510PW a mayor densidad de siembra con antecesor soja. Cuando se eleva la fertilización a 32 kg/ha de N₂ se ve respuestas en su rendimiento promedio de todos los híbridos a menores densidades de siembra en ambos antecesores. Cuando la fertilización fue de 64 kg/ha N₂ en todos los híbridos se ve el aumento del rendimiento promedio. Luego de realizar la estadística descriptiva para cada híbrido, y a los fines de tomar una decisión respecto a la densidad del híbrido que mejor desempeño tiene en la zona, evaluándolos con un modelo estadístico eficiente, es decir el que menor error experimental tenga, se optó por hacer el análisis de los datos separándolos por cultivo antecesor (Trigo y Soja). Debido a que en el modelo del ANAVA se detectó falta de homogeneidad de varianzas entre los híbridos, se ajustó para los distintos cultivos antecesores (soja y trigo), mediante modelos Lineales generales y mixtos. Si bien se observan diferencias en los distintos híbridos recomendados para la zona, en el presente trabajo se llegó a la conclusión que la conjunción de una buena genética con prácticas de manejo sustentables (uso de distintos cultivos antecesores), define el rendimiento objetivo del cultivo de maíz. En lo que respecta a la elección de densidad de siembra, la decisión debe recaer en aquel manejo que garantice el mejor uso de los recursos ambientales disponibles (agua, luz y nutrientes) y genere el menor costos en uso de semillas, a lo que se refiere a la fertilización deberá ser aquella que cumpla con los requerimientos del cultivo para que este exprese su máximo potencial, ya que no se aprecia una interacción entre las densidades de siembra y las dosis de fertilización aplicadas.

INTRODUCCIÓN:

El maíz, *Zea mays* L., es uno de los granos alimenticios más antiguos que se conocen. Pertenece a la familia de las Poáceas (Gramíneas), tribu Maydeas, y es la única especie cultivada de este género. Otras especies del género *Zea*, comúnmente llamadas teosinte y las especies del género *Tripsacum* conocidas como arrocillo o maicillo, son formas salvajes parientes de *Zea mays*. Son clasificadas como del *Nuevo Mundo* porque su centro de origen está en América. *Zea mays* es la única especie cultivada de las Maydeas de gran importancia económica. El maíz cultivado es una planta completamente domesticada. El hombre y el maíz han vivido y evolucionado juntos desde tiempos remotos. Dicho cereal, no crece en forma salvaje y no puede sobrevivir en la naturaleza, siendo completamente dependiente de los cuidados del hombre (Wilkes, 1985; Galinat, 1988; Dowswell, Paliwal y Cantrell, 1996). También, el maíz es una de las especies cultivadas más productivas. Es una planta C4 con una alta tasa de actividad fotosintética. Considerada individualmente, su tasa de multiplicación es de 1:600-1000 (Aldritch, Scott y Leng, 1975). Tiene el más alto potencial para la producción de carbohidratos por unidad de superficie por día.

En la actualidad, el maíz es el segundo cultivo del mundo por su producción, después del trigo, mientras que el arroz ocupa el tercer lugar. Es el primer cereal en rendimiento de grano por hectárea y es el segundo, después del trigo, en producción total. El maíz es de gran importancia económica a nivel mundial ya sea como alimento humano, alimento para el ganado o como fuente de un gran número de productos industriales. La diversidad de los ambientes bajo los cuales es cultivado, es mucho mayor que la de cualquier otro cultivo. Habiéndose originado y evolucionado en la zona tropical como una planta de excelentes rendimientos, hoy día se cultiva hasta los 58° de latitud norte en Canadá y en Rusia y hasta los 40° de latitud sur en Argentina y Chile. La mayor parte del maíz es cultivado a altitudes medias, pero se cultiva también por debajo del nivel del mar en las planicies del Caspio y hasta los 3.800 msnm en la cordillera de los Andes. Más aún, el cultivo continúa a expandirse a nuevas áreas y a nuevos ambientes.

En la agricultura Argentina, por la innovación de las biotecnologías se comenzó a buscar nuevas alternativas para estabilizar el sistema agrícola; y uno de los cultivos que sufrió esos cambios fue el cultivo de Maíz. El cereal citado, se caracterizó por ser un cultivo que se sembraba en fechas tempranas, pero debido a los problemas climáticos y ambientales, fue perdiendo

competitividad, motivo por el cual, el productor priorizo las siembras tardías o de segunda. Los maíces tardíos (siembras de fines de primavera a principios de verano, en la región núcleo maicera de Argentina) han adquirido importancia en los últimos años. El buen rendimiento obtenido a pesar de su menor potencialidad respecto a fechas tempranas (Otegui et al., 2002; Maddonni, 2012) ha convertido a las siembras de maíz tardías en una alternativa interesante dentro del sistema productivo. Cuando en ambientes templados se atrasa la siembra de maíz el efecto combinado –sobre el ápice de crecimiento- de una mayor temperatura y un fotoperiodo creciente, modifica el número total de hojas diferenciadas. El número de hojas resultantes depende de la mayor o menor sensibilidad del genotipo en consideración y del tipo de repuesta a ambos factores ambientales (Warrington y Kanemasu, 1983). La floración de cultivos sembrados tardíamente se desplaza hacia momentos de menor radiación incidente respecto de siembras anticipadas. Esto limita la producción de materia seca en el período de floración e incrementa el aborto de estructuras reproductivas en desarrollo (Tollenaar, 1977; Fischer y Palmer, 1984; Tollenaar y col., 1992).

La elección de la fecha de siembra tardía en el cultivo de maíz, se está generalizando como una herramienta para diversificar el período crítico, para sembrar lotes con poca agua útil a la siembra o para sembrar ambientes que por su génesis tienen poca capacidad de retener agua, aunque llueva (llámese suelos con altos porcentajes de arena, con tosca cerca de superficie, taptho, etc). Las zonas donde más se ha generalizado la fecha tardía como alternativa a la fecha temprana son norte de Córdoba, La Pampa, San Luis, Suroeste de Córdoba y Oeste de Bs As. Algunas de las causas por las cuales no se había generalizado en el pasado el cultivo de Maíz Tardío son: no existían maíces Bt (se perdían mucho rinde por *Diatraea saccharalis*, *Helicoverpa zea* y *Spodoptera frugiperda*), tecnología RR2 para el control de malezas, híbridos con tolerancia a Mal de Río Cuarto, no había genética con alta tolerancia a estrés como la actual, y porque hacia fines de los 90, y principios de esta década los veranos fueron lluvioso con muy buenos resultados en fechas tempranas. La elección de sembrar Maíz de Segunda arriba de un cultivo de invierno, en vez de una Soja de Segunda, es también una excelente herramienta para diversificar los cultivos, mejorar los márgenes brutos por hectárea, y aumentar la captura de carbono en las rotaciones. Comparando con el Maíz Tardío, a nivel país hay muchas menos hectáreas sembradas con Maíz de Segunda. Entonces, llamamos Maíz Tardío, a todo cultivo de maíz que se siembra en fechas posteriores a las típicas para cada zona, después de un barbecho prolongado. Y por otro lado

llamamos Maíz de Segunda, a aquel cultivo de maíz que se siembra luego de un cultivo de invierno para cosecha (Trigo, Cebada, Centeno, Legumbres, etc). De esta manera la finalidad de este ensayo es determinar hasta qué nivel poblacional podemos disminuir la densidad para evitar que la pérdida de rendimiento poblacional supere a la ganancia individual de cada planta. Se define como densidad óptima económica a la menor densidad que genere el mayor rendimiento. Conocer la respuesta del cultivo de maíz a diferentes densidades de siembra y fertilización nitrogenada, permitirá planificar y proponer un manejo adecuado del cultivo en función de la calidad ambiental y condiciones de la zona. Además, es de interés, describir aspectos de comportamiento del cultivo de maíz cuando es sembrado en fecha tardía y de segunda.

El objetivo del presente trabajo es evaluar el comportamiento de tres híbridos de maíz (510PW, 505PW y 562PW) ante variaciones en la densidad poblacional del cultivo y la nutrición nitrogenada, considerando a dos posibles cultivos antecesores.

MATERIALES Y METODOS

El ensayo se llevó a cabo en el establecimiento perteneciente al Sr: Cavallero, Gustavo, de la localidad de Colonia Marina (31°23'00"S- 63°04'00"O), Departamento San Justo, Provincia de Córdoba, ubicado a 8 km al Norte de Colonia Marina, presentando una altura de 112 msnm., suelo Hapludol típico, con una Capacidad de uso IIIc e Índice de Productividad 76,95 %. Se trabajó con tres híbridos de maíz 505PW, 510PW y 562PW recomendados para la zona.

El ensayo se condujo en condiciones de producción habituales para la zona, trabajando en macro parcelas con un diseño en bloques al azar con 72 tratamientos donde se evalúan 3 híbridos (510PW, 505PW y 562PW), en 4 densidades de siembra (45.000, 55.000, 69.000 y 82.000 pl. /ha) y 3 niveles de nutrición nitrogenada (0 lts/ha, 100 lts/ha y 200 lts/ha de Solmix 80-20), considerando la alternativa de tener dos cultivos diferentes como antecesor (Trigo y Soja), en la campaña 2013-2014.

Cada parcela consto de 8 surcos a 52.5 cm por cada densidad analizada y presentando un largo de 200 metros, obteniendo por cada parcela una superficie de 840 m². Previamente a la siembra se hizo un control de malezas con Glifosato, 2-4 D al 100%, Atrazina y Acetoclor. Se utilizó una sembradora *Agrometal* neumática de 16 líneas a 52,5 cm, y la siembra se realizó de Este a Oeste. La fertilización se realizó en V5-V6, de Norte a Sur, para que el daño de la pulverización posterior a la práctica de fertilización sea lo más homogéneo posible. No realizándose control de enfermedades. Para la determinación de las densidades, se hicieron dos conteos uno al iniciar la etapa vegetativa del cultivo (2-3 hojas), y la otra fue al momento de cosecha. Finalmente se cosecho el 18-7-2014 y se sacó muestras para determinar humedad y peso de mil semillas, corrigiendo la humedad de cada tratamiento a 14,5 % de humedad.

Modelo de ANAVA para evaluar el comportamiento del rendimiento obtenido en cada híbrido fue:

$$\text{Rto} = \mu + \text{Densidad} + \text{Fertilización} + \text{Bloque} + (\text{Densidad} \times \text{Fertilización}) + \text{Error}$$

RESULTADOS

Se realizó, una estadística descriptiva para cada híbrido de maíz (505PW,510PW y 562PW), sin fertilizar (no hay aplicación de Nitrógeno) en cada uno de los antecesores (trigo y soja), a distintas densidades de siembra (45.000,55.000,69.000 y 82.000 pl./ha). El rendimiento promedio (kg/ha) más alto se obtuvo con el híbrido 510PW, a una densidad de siembra de 82.000 pl./ha y usando soja como cultivo antecesor (Tabla1).

El híbrido 510PW muestra un incremento del rendimiento a medida que aumenta la densidad en los dos antecesores utilizados (trigo y soja). El híbrido 505PW, es un material sensible al cambio de densidades, comportándose mejor a menores densidades de siembra, demostrándonos que es un híbrido con altísimo potencial de rinde. Por último, en el híbrido 562PW se puede contemplar que es el material que se presenta más homogéneo con respecto a las distintas densidades de siembras, obteniéndose los mejores rendimientos a densidades intermedias (Figura 1).

Tabla 1. Estadísticas descriptivas, media, desvíos estándar, mínimo y máximo de rendimiento para la campaña 2013-2014 de los híbridos de maíz 505PW, 510PW y 562PW, cuando no se aplica fertilización, para distintas densidades de siembra y trigo o soja como cultivo antecesor.

Cultivo Antecesor	Híbrido	Densidad (miles pl./ha)	Media (kg/ha)	CV	Mínimo (kg/ha)	Máximo (kg/ha)
SJ	505PW	45	9960	11	9204	10716
		55	9655	1	9557	9753
		69	10389	0,43	10357	10420
		82	9658	11	8933	10383
	510PW	45	9737	6	9332	10142
		55	10100	9	9435	10766
		69	10973	24	9098	12848
		82	11088	7	10575	11601
	562PW	45	9051	0,36	9028	9074
		55	8899	22	7515	10283
		69	10241	3	10001	10481
		82	10646	6	10220	11071
TG	505PW	45	8294	10	7729	8859
		55	8590	12	7883	9297
		69	9339	18	8142	10535
		82	9360	1	9308	9411
	510PW	45	8787	5	8468	9105
		55	9302	10	8624	9980
		69	10079	10	9333	10824
		82	10522	3	10289	10754
	562PW	45	8921	6	8512	9329
		55	9100	10	8454	9746
		69	9168	6	8751	9584
		82	8582	7	8155	9008

Cultivos antecesores SJ: soja y TG: trigo.

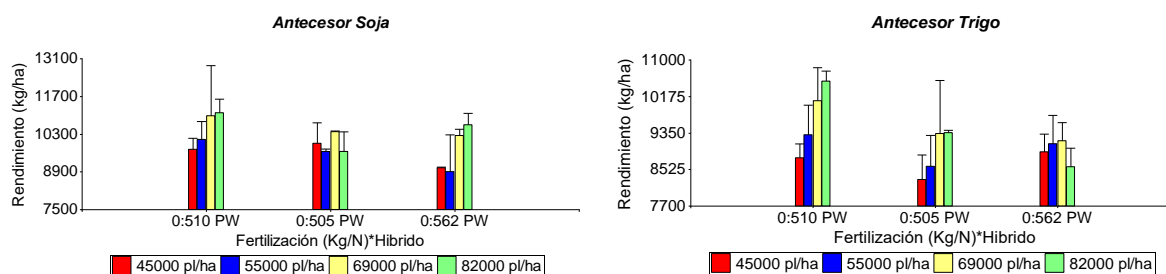


Fig. 1. Gráfico de barras de los rendimientos promedio, para los distintos híbridos (505PW, 510PW y 562PW), y distintas densidades de siembra cuando no hay fertilización, teniendo en cuenta los cultivos antecesores soja y trigo.

Se realizó otra estadística descriptiva, para los distintos híbridos (505PW, 510PW y 562PW), cuando la fertilización fue con 32 kg/ha de Nitrógeno, en distintas densidades de siembra (45.000, 55.000, 69.000 y 82.000 pl./ha), y con trigo o soja como cultivos antecesores. El mayor rendimiento promedio se pudo observar en el híbrido 505PW, con una densidad de siembra de 82.000 pl./ha y cuando el antecesor es trigo (Tabla 2).

Se puede apreciar el aumento del rendimiento en todos los híbridos, en todas las densidades, pero se aprecia un incremento del mismo en densidades de siembra menores. El híbrido 510PW es el que sigue mostrando un crecimiento en el rendimiento a medida que se aumenta la densidad de siembra. El híbrido 505PW muestra un aumento en el rendimiento, pero su máxima expresión se puede apreciar en densidades intermedias a diferencia del caso anterior. El híbrido 562PW también, muestra un incremento en el rendimiento y la mayor expresión se da en densidades de siembra intermedia al igual que el híbrido 505PW (Figura 2).

Tabla 2. Estadísticas descriptivas, media, desvíos estándar, mínimo y máximo de rendimiento para la campaña 2013-2014 de los híbridos de maíz 505PW, 510PW y 562PW, cuando la fertilización fue de 32 kg/ha de Nitrógeno, para distintas densidades de siembra y trigo o soja como cultivo antecesor.

Cultivo Antecesor	Híbrido	Densidad (miles pl./ha)	Media (kg/ha)	CV	Mínimo (kg/ha)	Máximo (kg/ha)
SJ	505PW	45	9553	5	9228	9877
		55	10323	8	9753	10892
		69	11132	9	10384	11879
		82	11134	1	11055	11213
	510PW	45	9864	8	9315	10412
		55	11350	0,46	11313	11387
		69	10183	10	9477	10889
		82	11103	0,42	11070	11136
	562PW	45	9456	0	9456	9456
		55	10924	6	10427	11420
		69	11798	7	11182	12413
		82	10456	7	9966	10946
TG	505PW	45	8175	13	7408	8942
		55	9622	0,096	9615	9628
		69	10997	5	10631	11362
		82	12395	5	11955	12835
	510PW	45	9895	4	9592	10197
		55	10955	4	10628	11282
		69	11755	5	11373	12137
		82	11843	0,421	11808	11878
	562PW	45	9662	0	9662	9662
		55	10419	7	9930	10907
		69	10603	8	10034	11171
		82	10415	14	9368	11461

Cultivos antecesores SJ: soja y TG: trigo.

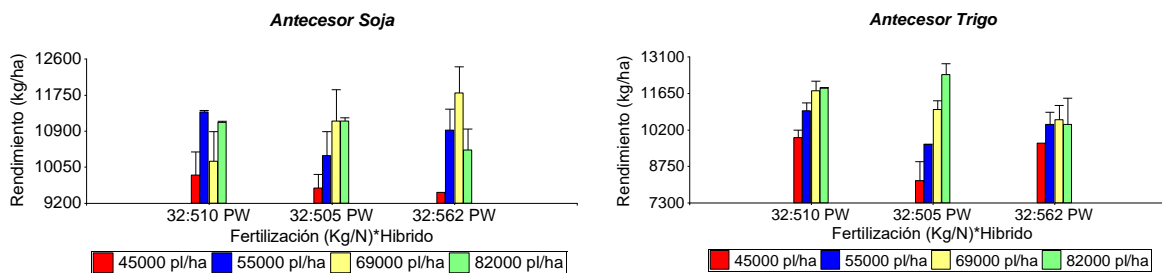


Fig. 2. Gráfico de barras de los rendimientos promedio, para los distintos híbridos (505PW, 510PW y 562PW), y distintas densidades de siembra cuando la fertilización fue de 32 kg/ha de Nitrógeno, teniendo en cuenta los cultivos antecesores soja y trigo.

Por último, se realizó una estadística descriptiva cuando la fertilización fue con 64 kg/ha de Nitrógeno, a distintas densidades de siembra (45.000,55.000,69.000 y 82.000 pl./ha), y con trigo o soja como cultivo antecesor. El mayor promedio de rendimiento lo presenta con el híbrido 505PW, a una densidad de siembra de 69.000 pl./ha y cuando su cultivo antecesor fue trigo.

Además, se puede observar que los rendimientos se incrementaron en los tres híbridos con respecto a cuándo la fertilización fue de 32 kg de Nitrógeno, pero se puede notar que en las cuatro densidades de siembra los rendimientos fueron importantes imponiéndose una ganancia individual con respecto a la grupal, demostrando que el cultivo de maíz tiene un altísimo potencial de rendimiento. El híbrido 510PW sigue mostrando un crecimiento del rendimiento con el incremento de la densidad de siembra. Los híbridos 505PW y el 562PW demostraron lo mismo que el híbrido anterior, pero la diferencia está en que se aumentaron los rendimientos de las densidades más bajas acortando la brecha con la óptima.

Tabla 3. Estadísticas descriptivas, media, desvíos estándar, mínimo y máximo de rendimiento para la campaña 2013-2014 de los híbridos de maíz 505PW, 510PW y 562PW, cuando la fertilización fue de 64 kg/ha de Nitrógeno, para distintas densidades de siembra y trigo o soja como cultivo antecesor.

Cultivo Antecesor	Híbrido	Densidad (miles pl./ha)	Media (kg/ha)	CV	Mínimo (kg/ha)	Máximo (kg/ha)
SJ	505PW	45	10240	11	9465	11015
		55	10763	11	9963	11563
		69	11476	7	10868	12083
		82	11488	6	11021	11955
	510PW	45	10205	7	9667	10743
		55	11239	10	10438	12040
		69	11131	6	10647	11615
		82	11587	3	11316	11857
	562PW	45	10153	11	9357	10949
		55	11651	6	11137	12164
		69	10208	9	9525	10890
		82	9788	7	9270	10305
TG	505PW	45	10319	3	10124	10514
		55	11095	9	10396	11794
		69	11738	5	11362	12114
		82	11633	2	11457	11808
	510PW	45	10026	6	9592	10459
		55	10830	9	10121	11538
		69	10733	5	10362	11104
		82	11711	8	11038	12383
	562PW	45	10283	2	10170	10396
		55	10659	3	10427	10890
		69	11285	2	11149	11420
		82	11090	11	10215	11965

Cultivos antecesores SJ: soja y TG: trigo.

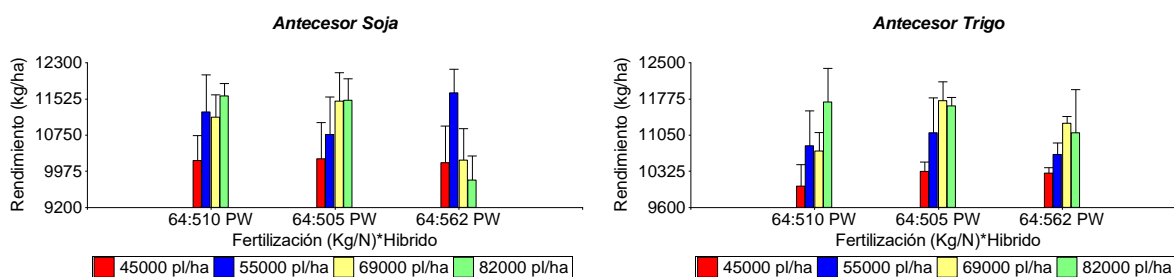


Fig. 3. Gráfico de barras de los rendimientos promedio, para los distintos híbridos (505PW, 510PW y 562PW), y distintas densidades de siembra cuando la fertilización se realizó con 64 kg/ha de Nitrógeno, teniendo en cuenta los cultivos antecesores soja y trigo.

Luego de realizar la estadística descriptiva para cada híbrido y a los fines de tomar una decisión respecto a la densidad del híbrido que mejor desempeño tiene en la zona, evaluándolos con un modelo estadístico eficiente, es decir el que menor error experimental tenga, se optó por hacer el análisis de los datos separándolos por cultivo antecesor (Trigo y Soja).

El primer modelo que se analizó fue el del ANAVA para los distintos antecesores, se observó que cuando el cultivo antecesor es Soja el coeficiente de determinación es medianamente alto R^2 (0,58), el coeficiente de variación es bajo CV (8,71) y sugiere un experimento informativo por lo que podría concluirse que la variabilidad residual en proporción a la media de los datos fue mantenida bajo control en el experimento, si bien el p -valor $>0,05$ daría la pauta para aceptar la hipótesis nula (Tablas en anexo), pero para evitar errores en las futuras conclusiones se consideraron evaluar los supuestos del ANAVA (Independencia, Normalidad y Homogeneidad de varianzas), se realizó un gráfico de Q-Q Plot para soja (Figura 4), donde nos muestra una alineación de los residuos a 45° , ósea que la base de datos realmente sigue una distribución normal. Para la evaluación de la homogeneidad de las varianzas se hizo un gráfico de dispersión de residuos vs. predichos, donde se determinó que no cumplía con la homocedasticidad por presentar una nube de puntos sin patrón alguno, por este motivo no se acepta la hipótesis nula ya que estos resultados nos indican que por lo menos un híbrido presenta una de las medias con diferencias estadísticamente significativa (Figura5).

Cuando el cultivo antecesor es trigo, lo que se observó fue que el coeficiente de determinación es más alto R^2 (0,81), en comparación al cultivo antecesor soja, el coeficiente de variación es bajo CV (7,33) y sugiere un experimento informativo por lo que podría concluirse que la variabilidad residual en proporción a la media de los datos, fue mantenida bajo control en el experimento, en este caso el p-valor $<0,05$ entonces el modelo lineal adoptado para conducir el ANAVA permite rechazar la hipótesis nula. Estos resultados indican que al menos un híbrido muestra diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,0001$) respecto a otro híbrido en lo que se refiere al promedio de sus rendimientos (Tablas en anexo). Para descartar cualquier tipo de error para futuras conclusiones y corroborar que el rechazo de la hipótesis nula, se graficaron Q-Q Plot para el antecesor trigo (Figura 6), se observó al igual que en soja que los residuos se alinean en una recta de 45° siguiendo una distribución normal de los datos. También se hizo el gráfico de dispersión de residuos vs. predichos que presento al igual que en Soja una nube de puntos sin patrón alguno (Figura 7).

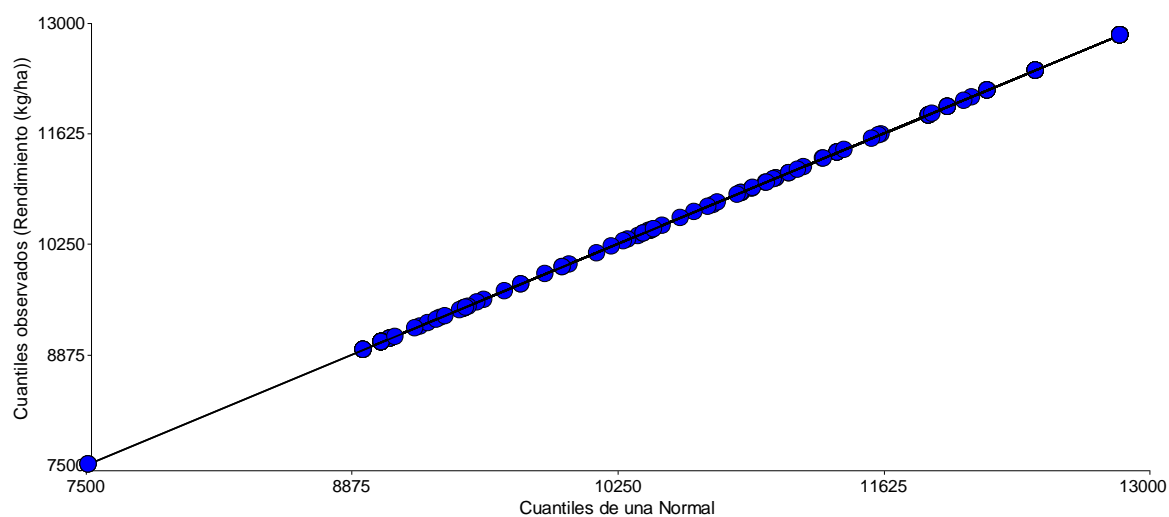


Fig. 4. Q-Q Plot de los residuos del ANAVA, que nos muestra la normalidad de los datos del análisis para el cultivo antecesor Soja.

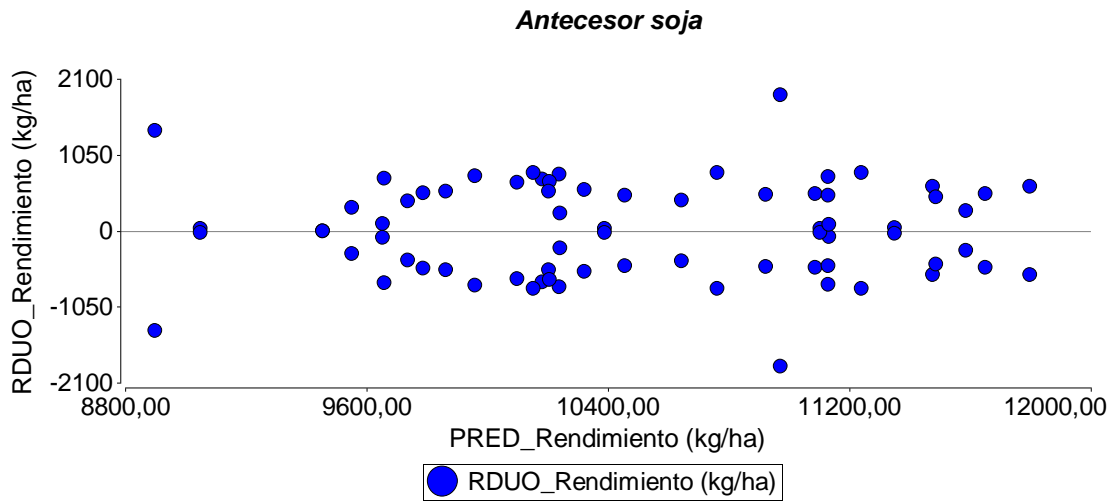


Fig. 5. Gráfico de Residuos en función de Predichos, donde se ve la falta de homogeneidad de varianza para el cultivo antecesor Soja.

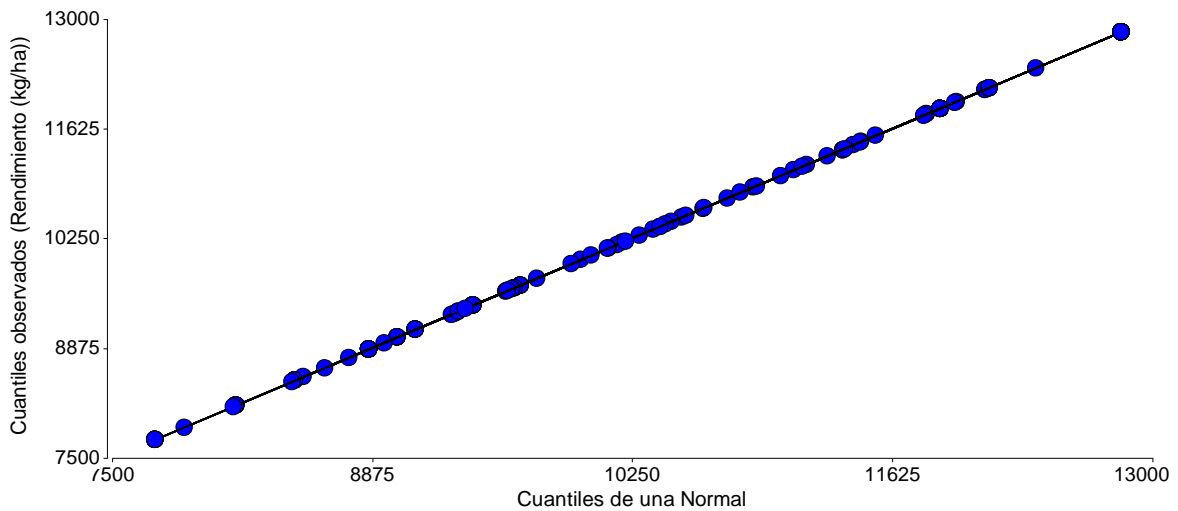


Fig. 6. Q-Q Plot de los residuos del ANAVA, que nos muestra la normalidad de los datos del análisis para el cultivo antecesor Trigo.

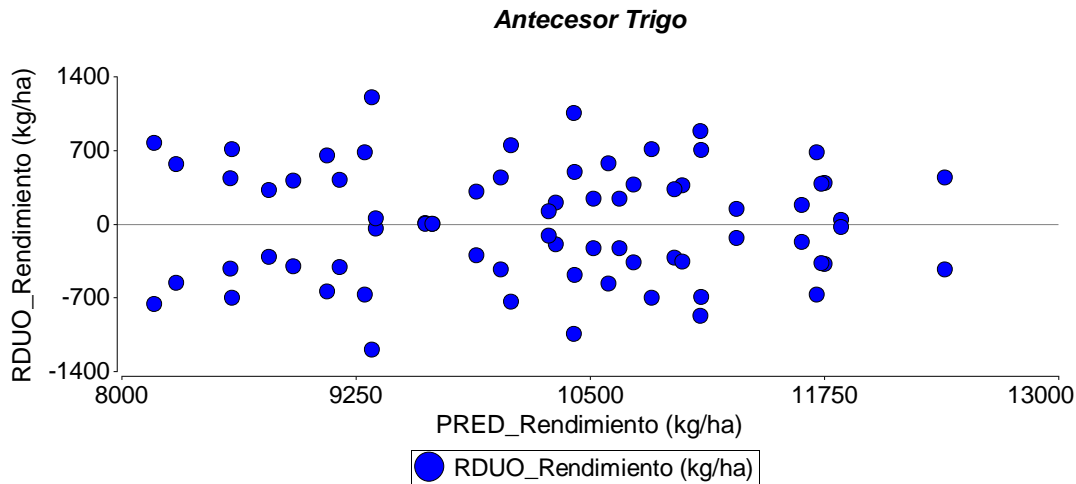


Fig. 7. Gráfico de Residuos en función de Predichos, donde se ve la falta de homogeneidad de varianza para el cultivo antecesor Trigo.

Para la validación del supuesto de homocedasticidad para ambos cultivos antecesores se realizó la Prueba de Levene, donde lo que se obtuvo fueron los valores absolutos de residuos del rendimiento y con ellos se hizo un gráfico de dispersión para cada cultivo antecesor (Figura 8 y 9), se observó en estos gráficos que la nube de puntos en ambos casos no es homogénea como debería esperarse en el caso de que se estén cumpliendo con los supuestos del ANAVA. Esta heterogeneidad de varianzas que se puede visualizarse en los ensayos, hace pensar en que se podría recurrir a un modelo que permita flexibilizar el supuesto de homogeneidad de varianzas y corregir los valores obtenidos para asegurarse si las diferencias entre los rendimientos promedios de los híbridos no pudieron ser detectados o verdaderamente no existen.

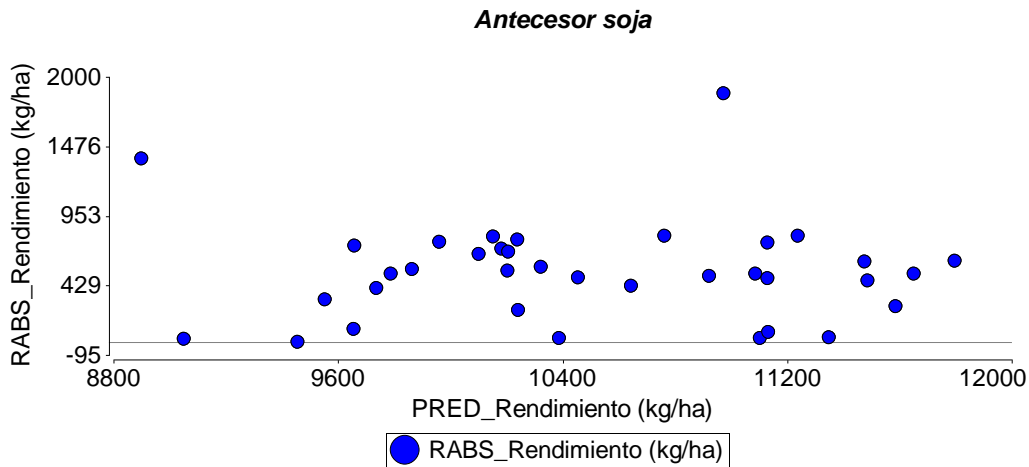


Fig. 8. Gráfico de Residuos absolutos en función de Predichos, donde se ve la falta de homocedasticidad en el cultivo antecesor soja.

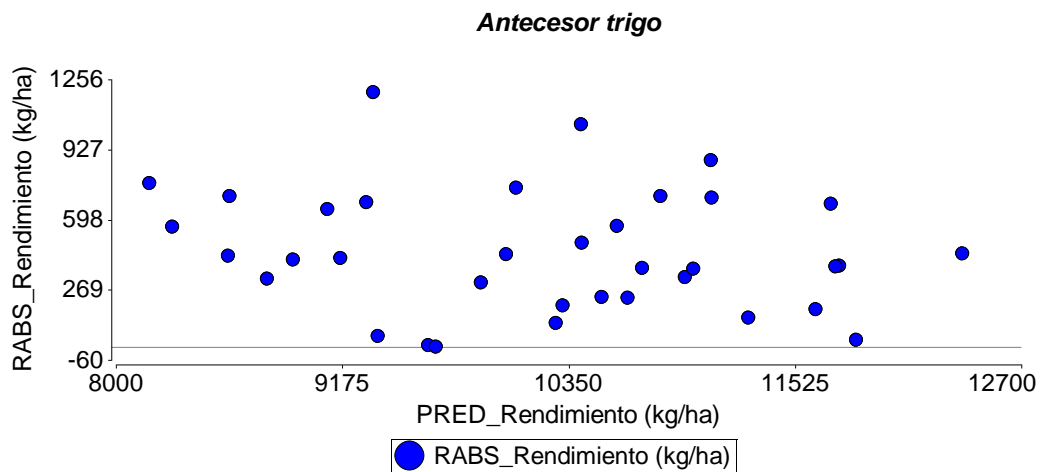


Fig. 9. Gráfico de Residuos absolutos en función de Predichos, donde se ve la falta de homocedasticidad en el cultivo antecesor trigo.

Debido a que en el modelo anterior se detectó falta de homogeneidad de varianzas entre los híbridos, se ajustó para los distintos cultivos antecesores (soja y trigo), mediante modelos Lineales generales y mixtos. Como el ajuste de los datos en su conjunto no mostraba resultados que se pudieran ser visualizados, y de esta manera que se facilite la identificación de tendencias o patrones que nos ayuden a responder las preguntas de nuestro interés, se optó por separar los híbridos y hacer el análisis de los datos de cada uno teniendo en cuenta el cultivo antecesor (soja o trigo).

Para el híbrido 505PW teniendo en cuenta como cultivo antecesor soja, se pidieron test de diferencia para las variables densidad y fertilización, se observó que hay un efecto de densidad, no así con la fertilización, además no se apreciaron interacciones entre ambas variables. El modelo que mejor ajuste de los datos hizo según los criterios de información de Akaike (AIC y BIC), fue cuando se corrigió con heterocedasticidad, en ambos casos se mostró la máxima verosimilitud, ósea el menor AIC comparado con los otros modelos. El test a posteriori que se pidió fue LSD Fisher, donde lo que se observa es que cuando la densidad de siembra es de 45000 pl./ha, la media de sus rendimientos es estadísticamente significativas ($p < 0.05$) con respecto a las demás densidades las cuales, entre sí, no presentan diferencias significativas (Tabla 4).

Para el híbrido 510PW cuando el cultivo antecesor es soja, se observa tanto el efecto de densidad de siembra como de la fertilización nitrogenada, pero no se aprecia una interacción entre ambas. El modelo que hizo el mejor ajuste de los datos fue cuando no se corrigió por heterocedasticidad, ósea presento el menor AIC comparado con los otros modelos. Con el test LSD Fisher se observa que la densidad de siembra 82.000, 69.000 y 55.000 pl./ha no presentan en las medias de sus rendimientos diferencias estadísticamente significativas ($P < 0.05$), pero si se presentan diferencias con respecto a la densidad de siembra de 45.000 pl./ha; entre las densidades de siembra de 55.000 y 45.000 pl./ha no hay diferencias estadísticamente significativas en las medias de sus rendimientos (Tabla 4). En el caso de la variable fertilización entre 64 y 32 kg/ha de Nitrógeno no se observan diferencias estadísticamente significativas con respecto a la media de sus rendimientos, pero si hay diferencias cuando no se fertiliza (Tabla 5).

En el caso del híbrido 562PW y cuando su antecesor es soja, se observa un efecto de la densidad de siembra y de la fertilización, pero no se aprecia interacción entre ellas. El modelo que mejor ajuste de los datos hizo fue cuando no se corrigió heterocedasticidad, ósea presento el menor AIC comparado con los otros modelos. Con el test de LSD Fisher se observa que, en el caso de las densidades de siembra de 82.000, 69.000 y 55.000 pl./ha no se presentan diferencias estadísticamente significativas en las medias de sus rendimientos. Entre las densidades menores de 55.000 y 45.000 pl./ha no se observan diferencias estadísticamente significativas entre ellas (Tabla4). En el caso de fertilización se aprecia que ente fertilizar con 64 y 32 kg/ha de Nitrógeno, no se presentan diferencias estadísticamente significativas en las medias de sus rendimientos, así

mismo se observa que tampoco hay diferencias entre fertilizar con 32 kg/ha de Nitrógeno y no fertilizar (Tabla 5).

Tabla 4. Resultados de la prueba a posteriori LSD Fisher ($\alpha=0,05$). Medias de rendimiento (kg/ha), para los distintos híbridos cuando la variable analizada es densidad de siembra (pl./ha), y el cultivo antecesor es Soja.

HIBRIDO	45.000 (pl./ha)	55.000 (pl./ha)	69.000 (pl./ha)	82.000 (pl./ha)
505PW	9.744 B	10.693 A	10.755 A	10.777 A
510PW	9.735 B	10.368 A B	10.873 A	10.528 A
562PW	9.926 B	10.571 A B	10.880 A	11.009 A

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

Tabla 5. Resultados de la prueba a posteriori LSD Fisher ($\alpha=0,05$). Medias de rendimiento (kg/ha), para los distintos híbridos cuando la variable analizada es fertilización nitrogenada (kg/ha), y el cultivo antecesor es Soja.

HIBRIDO	0 (kg/ha)	32 (kg/ha)	64 (kg/ha)
510PW	9.812 B	10.596 A	10.720 A
562PW	10.194 B	10.580 A B	11.016 A

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

Cuando el cultivo antecesor es trigo para el híbrido 505PW, se pidieron test de diferencia para las variables densidad y fertilización, se observó que hay un efecto de ambas no así interacción entre ellas. El modelo que mejor ajuste de los datos hizo según los criterios de información de Akaike (AIC y BIC), fue cuando se corrigió con heterocedastidad, en ambos casos se mostró la máxima verosimilitud, ósea el menor AIC comparado con los otros modelos. El test a posteriori que se pidió fue LSD Fisher, donde lo que se observa es que cuando la densidad de siembra de 82.000, 69.000 y 55.000 pl./ha, la media de sus rendimientos no es estadísticamente significativas ($p < 0,05$), pero si hay diferencias significativas cuando la densidad de siembra es de

45.000 pl./ha (Tabla 6). En el caso de la variable fertilización no se observan diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$), de las medias de sus rendimientos cuando se fertiliza con 64 y 32 kg/ha de Nitrógeno, pero si se ven diferencias cuando no hay fertilización.

En el caso del híbrido 510PW cuando el cultivo antecesor es trigo, se pidieron test de diferencias para las variables densidad de siembra y fertilización, donde se observa efecto de ambas, pero no hay interacción entre ellas. El modelo que mejor ajuste de los datos hizo fue cuando no se corrigió heterocedasticidad, ósea presento el menor AIC comparado con los otros modelos. El test a posteriori que se pidió fue LSD Fisher, donde lo que se observa es que cuando la densidad de siembra de 82.000, 69.000 y 55.000 pl./ha, la media de sus rendimientos no es estadísticamente significativas ($p < 0.05$), y cuando las densidades de siembra son menores 55.000 y 45.000 pl./ha no se presentan diferencias estadísticamente significativas entre las medias de sus rendimientos (Tabla 6). En el caso de la variable fertilización se observan diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$), de las medias de sus rendimientos en todos los niveles de fertilización (Tabla 7).

Para el híbrido 562PW cuando tiene como cultivo antecesor trigo, se pidieron test de diferencias para las variables densidad de siembra y fertilización, donde se observa efecto de ambas, pero no hay interacción entre ellas. El modelo que mejor ajuste de los datos hizo fue cuando no se corrigió heterocedasticidad, ósea presento el menor AIC comparado con los otros modelos. El test a posteriori que se pidió fue LSD Fisher, donde lo que se observa es que cuando las densidades de siembra son más altas (82.000 y 69.000 pl./ha), las medias de sus rendimientos presentan diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$), con respecto a las densidades menores (55.000 y 45.000 pl./ha), también se aprecia la diferencias entre estas densidades de siembra (Tabla 6). En el caso de la variable fertilización se observa que entre 64 y 32 kg/ha, no existen diferencias significativas de las medias de sus rendimientos, pero si hay diferencias cuando no hay fertilización (Tabla 7).

Tabla 6. Resultados de la prueba a posteriori LSD Fisher ($\alpha=0,05$). Medias de rendimiento (kg/ha), para los distintos híbridos cuando la variable analizada es densidad de siembra (pl./ha), y el cultivo antecesor es Trigo.

HIBRIDO	45.000 (pl./ha)	55.000 (pl./ha)	69.000 (pl./ha)	82.000 (pl./ha)
505PW	9.595 B	10.210 A	10.603 A	10.693 A
510PW	9.275 B	9.913 A B	10.521 A	10.578 A
562PW	9.249 C	10.065 B	10.773 A	11.243 A

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

Tabla 7. Resultados de la prueba a posteriori LSD Fisher ($\alpha=0,05$). Medias de rendimiento (kg/ha), para los distintos híbridos cuando la variable analizada es fertilización nitrogenada (kg/ha), y el cultivo antecesor es Trigo.

HIBRIDO	0 (kg/ha)	32 (kg/ha)	64 (kg/ha)
505PW	9.307 B	10.693 A	10.826 A
510PW	8.918 C	10.285 B	11.012 A
562PW	9.283 B	10.704 A	11.010 A

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

DISCUSIÓN

Como en presente trabajo no se pudo hacer un análisis global de los datos se optó por separar los mismos por híbrido a evaluar, luego de obtener los resultados de cada uno, las conclusiones finales se hicieron viendo el comportamiento de los mismos en los distintos cultivos antecesores.

El híbrido 505PW muestra que hacer una siembra a densidades de 55.000, 69.000 o 82.000 pl./ha no difieren en sus rendimientos finales, aunque se use como cultivo antecesor Soja o Trigo. No presenta respuesta a la fertilización cuando lo antecede un cultivo de soja, pero si lo hace cuando su cultivo antecesor es trigo dando mayores rendimientos cuando mayor es el nivel de fertilización.

El híbrido 510PW por su parte mostro que sembrar a densidades bajas (45.000 o 55.000 pl./ha), no difieren en sus rendimientos finales usando cualquiera de los dos cultivos como antecesores. Tampoco difiere en los rendimientos finales usar densidades de 55.000, 69.000 o 82.000 pl./ha en los distintos antecesores, aunque el mayor rinde se presenta a densidades de 69.000 pl./ha cuando se antecede con Soja. Presenta respuesta a la fertilización en ambos antecesores, cuando se antecede con Soja no presenta diferencias en sus rindes finales cuando se fertiliza con 32 o 64 kg/ha de nitrógeno, si lo hace cuando no se fertiliza. Cuando el cultivo antecesor es trigo difiere el rendimiento final en todos los niveles de fertilización y se presenta el menor rendimiento cuando no hay fertilización, por lo que se puede concluir que es un material que necesita ser fertilizado en altas dosis de nitrógeno.

El híbrido 562PW, muestra que a mayores densidades (69.000 y 82.000 pl./ha) se comporta igual en ambos cultivos antecesores. Cuando el cultivo antecesor es soja no difiere en sus rendimientos finales al sembrar a densidades bajas (45.000 o 55.000 pl./ha). No comportándose igual cuando el cultivo que lo antecede es trigo. Este material presenta respuesta a la fertilización en ambos antecesores, cuando se antecede con soja no fertilizar o hacerlo con 32kg/ha de Nitrógeno no influye en los resultados finales, pero a medida que se elevan las dosis son mejores los resultados, si el cultivo antecesor es trigo las mejores respuestas se ven a altas dosis de fertilización.

CONCLUSIÓN

Si bien se observan diferencias entre los distintos híbridos recomendados para la zona, en el presente trabajo se concluye que el material que mejor comportamiento presenta es el híbrido 505PW, ya que es un material que puede ser realizado como Maíz tardío (cultivo antecesor Soja) o como un Maíz de segunda (cultivo antecesor Trigo) y obtener los mismos resultados en el rendimiento final, además es un material que realizándolo a densidad de siembra de 55.000 pl./ha presenta iguales resultados que si se lo hiciera a densidades más altas. No necesita ser fertilizado cuando se lo antecede con Soja, pero si cuando su cultivo antecesor es Trigo, además presenta incremento en sus rendimientos cuando se aumenta la dosis de fertilización. Es importante aclarar que la conjunción de una buena genética con prácticas de manejo sustentables (optimización de densidades, manejo de fertilización y uso de distintos cultivos antecesores), define el rendimiento objetivo del cultivo de maíz. En lo que respecta a la elección de densidad de siembra, la decisión debe recaer en aquel manejo que garantice el mejor uso de los recursos ambientales disponibles y genere la mayor rentabilidad del cultivo y el menor costos en uso de semillas, a lo que se refiere a la fertilización deberá ser aquella que cumpla con los requerimientos del cultivo para que este exprese su máximo potencial, ya que no se aprecia una interacción entre las densidades de siembra y las dosis de fertilización aplicadas.

BIBLIOGRAFÍA

Balzarini M.G., Di Rienzo J.A., Tablada M., Gonzales L., Bruno C., Cordoba M., Robledo W., Casanoves F. 2012. Estadística y biometría: ilustraciones del uso e Infostat en problemas de agronomía. Editorial Brujas, Córdoba, Argentina.

Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. InfoStat versión 2016. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar/>

http://www.agroterra.com.uy/archivos/novedad_35_24_Boletin%20Maiz%20Tardio%20y%20de%20Segu%20nda.pdf

InfoStat. 2004. Infostat versión 2.0. Manual del usuario. Grupo Infostat FCA, UNC. Ed. Brujas, Cba., Arg.

Ripusudan L. Paliwal , Gonzalo Granados, Honor Renée Lafitte , Alejandro D. Violic . Bajo la dirección técnica y coordinación de Jean Pierre Marathée. Roma 2001. MAIZ EN LOS TROPICOS: Mejoramiento y producción. Dirección de Producción y Protección Vegetal de la FAO. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/003/x7650s/x7650s02.htm>

EVAL. DE 3 HIBRIDOS COMERCIALES ANTE VARIACIONES EN LA DENSIDAD POBLACIONAL DEL CULTIVO Y LA NUTRICION NITROGENADA DEL MISMO.

Localidad	Año	antecesor	Fertilización (kg/N)	Hibrido	Densidad (pl/ha)	Rendimiento (kg/ha)
COLONIA MARINA	2014	SJ	0	510 PW	45000	10141,54
					55000	10765,55
					69000	9098,07
					82000	10574,51
	2014	SJ	0	505 PW	45000	10716,00
					55000	9753,00
					69000	10420,00
					82000	10383,00
	2014	SJ	0	562 PW	45000	9074,00
					55000	10283,00
					69000	10481,00
					82000	10220,00
	2014	SJ	0	510 PW	45000	9332,00
					55000	9435,00
					69000	12848,00
					82000	11601,00
	2014	SJ	0	505 PW	45000	9204,00
					55000	9557,00
					69000	10357,00
					82000	8933,00
	2014	SJ	0	562 PW	45000	9028,00
					55000	7515,00
					69000	10001,00
					82000	11071,00
	2014	SJ	32	510 PW	45000	10412,00
					55000	11387,00
					69000	9477,00
					82000	11136,00
2014	SJ	32	505 PW	45000	9228,00	
				55000	9753,00	
				69000	11879,00	
				82000	11055,00	
2014	SJ	32	562 PW	45000	9456,00	
				55000	10427,00	
				69000	11182,00	
				82000	9966,00	
2014	SJ	32	510 PW	45000	9315,00	
				55000	11313,00	
				69000	10889,00	
				82000	11070,00	
2014	SJ	32	505 PW	45000	9877,00	
				55000	10892,00	
				69000	10384,00	
				82000	11213,00	
2014	SJ	32	562 PW	45000	9456,00	
				55000	11420,00	
				69000	12413,00	
				82000	10946,00	
2014	SJ	64	510 PW	45000	9667,00	
				55000	10438,00	
				69000	10647,00	
				82000	11857,00	
2014	SJ	64	505 PW	45000	11015,00	
				55000	11563,00	
				69000	10868,00	
				82000	11021,00	

2014	SJ	64	562 PW	45000	9357,00
				55000	11137,00
				69000	10890,00
				82000	9270,00
2014	SJ	64	510 PW	45000	10743,00
				55000	12040,00
				69000	11615,00
				82000	11316,00
2014	SJ	64	505 PW	45000	9465,00
				55000	9963,00
				69000	12083,00
				82000	11955,00
2014	SJ	64	562 PW	45000	10949,00
				55000	12164,00
				69000	9525,00
				82000	10305,00
2014	TG	0	510 PW	45000	8468,00
				55000	8624,00
				69000	10824,00
				82000	10289,00
2014	TG	0	505 PW	45000	8859,00
				55000	9297,00
				69000	10535,00
				82000	9308,00
2014	TG	0	562 PW	45000	9329,00
				55000	9746,00
				69000	9584,00
				82000	8155,00
2014	TG	0	510 PW	45000	9105,00
				55000	9980,00
				69000	9333,00
				82000	10754,00
2014	TG	0	505 PW	45000	7729,00
				55000	7883,00
				69000	8142,00
				82000	9411,00
2014	TG	0	562 PW	45000	8512,00
				55000	8454,00
				69000	8751,00
				82000	9008,00
2014	TG	32	510 PW	45000	9592,00
				55000	10628,00
				69000	11373,00
				82000	11878,00
2014	TG	32	505 PW	45000	8942,00
				55000	9628,00
				69000	11362,00
				82000	12835,00
2014	TG	32	562 PW	45000	9662,00
				55000	10907,00
				69000	10034,00
				82000	9368,00
2014	TG	32	510 PW	45000	10197,00
				55000	11282,00
				69000	12137,00
				82000	11808,00
2014	TG	32	505 PW	45000	7408,00
				55000	9615,00
				69000	10631,00
				82000	11955,00
2014	TG	32	562 PW	45000	9662,00
				55000	9930,00

				69000	11171,00
				82000	11461,00
2014	TG	64	510 PW	45000	9592,00
				55000	10121,00
				69000	10362,00
				82000	12383,00
2014	TG	64	505 PW	45000	10514,00
				55000	11794,00
				69000	11362,00
				82000	11808,00
2014	TG	64	562 PW	45000	10396,00
				55000	10890,00
				69000	11149,00
				82000	10215,00
2014	TG	64	510 PW	45000	10459,00
				55000	11538,00
				69000	11104,00
				82000	11038,00
2014	TG	64	505 PW	45000	10124,00
				55000	10396,00
				69000	12114,00
				82000	11457,00
2014	TG	64	562 PW	45000	10170,00
				55000	10427,00
				69000	11420,00
				82000	11965,00

Análisis de la varianza cultivo antecesor soja.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Rendimiento (kg/ha)	72	0,58	0,16	8,71

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III). Cultivo antecesor soja.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	40750170,80	35	1164290,59	1,40	0,1616
Fertilización (Kg/N)	8065009,46	2	4032504,73	4,84	0,0138
Hibrido	2335074,37	2	1167537,18	1,40	0,2596
Densidad (pl/ha)	12165304,26	3	4055101,42	4,86	0,0061
Fertilización (Kg/N)*Hibri..	1959063,20	4	489765,80	0,59	0,6738
Fertilización (Kg/N)*Densi..	4329357,26	6	721559,54	0,87	0,5295
Hibrido*Densidad (pl/ha)	2532837,45	6	422139,58	0,51	0,7994
Fertilización (Kg/N)*Hibri..	9363524,80	12	780293,73	0,94	0,5235
Error	30013450,29	36	833706,95		
Total	70763621,08	71			

Análisis de la varianza cultivo antecesor trigo.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Rendimiento (kg/ha)	72	0,81	0,63	7,33

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III). Cultivo antecesor trigo.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	87453516,00	35	2498671,89	4,45	<0,0001
Fertilización (Kg/N)	42035260,33	2	21017630,17	37,42	<0,0001
Hibrido	3598703,58	2	1799351,79	3,20	0,0524
Densidad (pl/ha)	23296232,00	3	7765410,67	13,82	<0,0001
Fertilización (Kg/N)*Hibri..	3805643,83	4	951410,96	1,69	0,1728
Fertilización (Kg/N)*Densi..	3798230,00	6	633038,33	1,13	0,3665
Hibrido*Densidad (pl/ha)	6095604,08	6	1015934,01	1,81	0,1250
Fertilización (Kg/N)*Hibri..	4823842,17	12	401986,85	0,72	0,7265
Error	20221774,00	36	561715,94		
Total	107675290,00	71			