

EFFECTO DE LA DENSIDAD DE SIEMBRA SOBRE EL COMPORTAMIENTO AGRONOMICO DE CUATRO HÍBRIDOS DE GIRASOL CL EN CORONEL SUÁREZ

AGUSTIN GARROTE



DOCENTE TUTOR

Dr. Alejandro Presotto

DOCENTES CONSEJEROS

Dra. Soledad Ureta

Dr. Claudio Pandolfo

ASESOR EXTERNO

Ing. Agr. Ignacio Ducos

**DEPARTAMENTO DE AGRONOMÍA
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SUR**

2025

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecerles a aquellas personas que de algún modo formaron parte de la realización de mi tesina:

Al Dr. Alejandro Presotto, por aceptarme para realizar el trabajo con él, por su constante acompañamiento, paciencia y motivación para la redacción.

A mis consejeros Dra Soledad Ureta, y Dr Cluadio Pandolfo, por las revisiones y observaciones realizadas.

A mi familia por estar en todo momento, especialmente a mis padres, por darme la posibilidad de estudiar y a mi hija Delfina quien ha sido mi motivación y fuente de inspiración durante todo este proceso.

A mis amigos de la vida y de la carrera, por apoyarme y escucharme en todo momento.

A la Universidad Nacional del Sur, precisamente al Departamento de Agronomía, por los conocimientos brindados a lo largo de mi paso por el mismo.

Al Criadero El Cencerro S.A. por haberme dado la posibilidad de llevar a cabo la tesina en su establecimiento.

Al Director Técnico del Criadero El Cencerro S.A., Ing. Agr. Ignacio Ducós por responder mis dudas e inquietudes.

ÍNDICE

RESUMEN	4
INTRODUCCIÓN	5
Origen del girasol e historia en Argentina	5
Manejo del cultivo	7
OBJETIVO	9
MATERIALES Y MÉTODOS.....	10
Características de sitio	10
Diseño y manejo del ensayo.....	13
Variables y mediciones	14
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	16
CONCLUSIONES.....	28
BIBLIOGRAFÍA	29
Anexo	31

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la densidad de siembra sobre el comportamiento agronómico de cuatro híbridos de girasol CL en la localidad de Coronel Suárez, durante la campaña 2016/2017. Los híbridos evaluados fueron Cacique 312 CL, Exp. S 1408 CL, Exp. S 1305 CL y Exp. S 1407 CL, sembrados a tres densidades diferentes (55.000, 45.000 y 35.000 plantas ha⁻¹). Se midió la altura de planta, diámetro del tallo, diámetro del capítulo, biomasa de granos, rendimiento en grano y contenido de aceite.

El análisis de los datos se realizó mediante un ANOVA para evaluar las diferencias significativas entre los tratamientos. Las fuentes de variación consideradas fueron el híbrido, la densidad de siembra, y la interacción entre ambos. Se aplicó la prueba de LSD Fisher para la comparación de medias con un nivel de significancia de $p < 0,05$.

Los resultados indicaron que la densidad de siembra tuvo un impacto significativo en el diámetro del tallo y del capítulo, y se observó que a menores densidades se obtuvieron mayores diámetros. No se encontraron diferencias significativas en el rendimiento en grano y el contenido de aceite entre las distintas densidades evaluadas, lo que sugiere una notable plasticidad del girasol para compensar el número de granos por capítulo y la biomasa producida a distintas densidades de siembra. El híbrido Cacique 312 CL se destacó por presentar el mayor porcentaje de aceite en grano, diferenciándose significativamente de los demás híbridos evaluados.

En conclusión, el estudio muestra que el girasol tiene la capacidad de adaptarse a diferentes densidades de siembra sin comprometer significativamente el rendimiento en grano y el contenido de aceite, sugiriendo que la densidad óptima para estos híbridos podría situarse entre 35.000 y 45.000 plantas ha⁻¹, lo que permitiría maximizar la producción de aceite y optimizar el uso de insumos.

INTRODUCCIÓN

Origen del girasol e historia en Argentina

El girasol, *Helianthus annuus* L, es originario de América del Norte, donde los pueblos originarios desde 3000 A.P. lo cultivaban y molían sus semillas para realizar panes, teñir ropas, pintarse el cuerpo y otros tipos de decoraciones. En el siglo XVI fue introducido a Europa por exploradores españoles, donde en sus comienzos fue utilizado como ornamental, hasta alrededor del 1800 en el cual hay datos que revelan que se cultivaba para la obtención de aceite, momento en el cual ya empezaba su expansión en Rusia, quienes a principio del siglo XIX, cultivaban dos variedades, una para consumo directo y otra para la obtención de aceite, que mediante selección generaron nuevas variedades con mayor cantidad de semillas y aceite. Este cultivo mejorado se reintrodujo a América hacia fines del mismo siglo (NSA, 2023).

El girasol es un cultivo oleaginoso, por lo tanto, el principal producto de su molienda y el cual determina su precio es el aceite. El resto, principalmente harina proteicas, se utiliza como insumo forrajero. Su semilla de alto contenido graso, alcanza valores del orden del 45% o superiores. Actualmente el aceite de girasol representa el 8,6% del total de los aceites elaborados mundialmente, en volumen, le sigue de cerca los cultivos de algodón y maní con un 7,5% cada uno aproximadamente y como principales cultivos están la soja (casi 70%) y la colza (poco más del 14%) (USDA, 2023).

A nivel mundial se cultivan 27,5 millones de hectáreas, con un rendimiento promedio de 1830 kg ha⁻¹ y una producción de 50,4 millones de toneladas. Si bien el girasol es un cultivo con una gran adaptabilidad climática, hay un claro predominio de su producción en el Hemisferio Norte. El principal productor mundial es Rusia, con producciones de entre 13 y 16 millones de toneladas, le sigue Ucrania con 10,4 millones de toneladas, quedando tercera la Unión Europea con 9,3 millones de toneladas (USDA, 2023).

El cultivo llegó a Argentina a mediados del siglo XIX por medio de inmigrantes; que se establecieron en las provincias de Entre Ríos, Santa Fe y Buenos Aires, y utilizaban el girasol para consumo mediante el tostado de sus semillas, como ornamental, y para alimentación de aves. A partir de 1930 es cuando comienza su expansión como cultivo oleaginoso, momento en el que se pasó de realizar 400 ha en la campaña 28/29 a casi 2 millones en la campaña 48/49. Los materiales cultivados originalmente eran de gran porte y ciclo vegetativo largo. Entre los años 1950 y 1960 ocurre una etapa de crisis causada por factores económicos y sanitarios, motivo por el cual se reduce considerablemente la superficie sembrada. A partir de 1960 el aporte del mejoramiento genético generó una recuperación del cultivo y el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) crea las primeras variedades con resistencia a roya, aunque los contenidos de aceite aún eran bajos. El descubrimiento de la androesterilidad genética en 1968 y androesterilidad citoplasmática, 1970, hicieron posible la producción y comercialización de los primeros híbridos a escala comercial, y en la campaña 1977/78 se alcanzó el récord de 2,2 millones de ha sembradas con un rendimiento promedio de 800 kg ha^{-1} ; ya iniciada la década del 80 hay un gran incremento en la producción por unidad de superficie dado por mejoras del germoplasma comercial y la adopción de nuevas tecnologías, llegando a rindes de $1600\text{-}1800 \text{ kg ha}^{-1}$ hasta incluso 3000 kg ha^{-1} en algunos híbridos (ASAGIR, 2023).

Desde mediados del 80 hasta el año 2000 hubo un incremento de la superficie sembrada del cultivo, y se alcanzó el récord histórico de 4,2 millones de ha sembradas con un rendimiento promedio de 1750 kg ha^{-1} , en la campaña 1997/98. La gran caída en superficie se produjo en la campaña 2000/01 que fue un 45% menor a la anterior, debido a la baja del precio internacional. A partir de ese momento la superficie sembrada se mantuvo entre 1,3 y 2 millones de ha con un pico en la campaña 2007/08 de 2,7 millones de ha, que fue la más alta de los últimos 20 años; con rendimientos relativamente estables según las condiciones climáticas de cada año en particular con producciones entre 2,5 y 3,8 millones de toneladas (AGROINDUSTRIA, 2023).

Manejo del cultivo

El objetivo de la producción de girasol es obtener el mayor rendimiento de aceite por unidad de superficie, que resulta del peso de los granos por unidad de superficie y el porcentaje de aceite de los mismos. Los componentes del rendimiento se definen en distintos estadios del cultivo, las condiciones ambientales, que varían a lo largo del ciclo, afectan el rendimiento a través de distintos componentes. Para adecuar un manejo del cultivo, evitando situaciones de estrés por efecto ambiental, es necesario conocer el momento en que se definen los distintos componentes del rendimiento y el efecto de los factores ambientales sobre el mismo. El número de capítulos por unidad de superficie depende fundamentalmente de la densidad del cultivo (plantas por ha). El número de primordios florales por capítulo se define en estadios temprano del cultivo (entre 30 y 50 días después de la siembra). El número de flores que son fecundadas se determina durante la floración. El número de frutos que cuajan y se transforman en un fruto lleno comienza a fijarse poco después de la floración. El periodo en el cual se determina el peso individual de los granos, y el porcentaje de aceite comienza después del cuajado de los mismos hasta la madurez fisiológica (Aguirrezábal et al., 1996).

La correcta aplicación de prácticas agronómicas (fecha de siembra, densidad de siembra, ciclo del cultivar, lote libre de malezas al momento de la siembra, etc.), es la mejor manera para tratar de adecuar la oferta de los factores ambientales que limiten el rendimiento de los cultivos (radiación solar, temperatura, agua y nutrientes minerales) a los momentos de mayor demanda de los mismos (Aguirrezábal et al., 1996).

Al momento de la siembra, uno de los aspectos más importantes es la fecha, la cual debe ser elegida teniendo en cuenta el periodo libre de heladas, temperatura y que el periodo crítico (floración) no coincida con un momento de estrés, como podría ser la falta de agua. Una fecha de siembra temprana suele ser la mejor manera de cumplir estos objetivos, y maximizar el potencial productivo. Entre los 12 y 15°C se generaliza la germinación, pero con temperaturas mayores a 15°C ésta es más rápida y uniforme. Con el atraso en la siembra, las plantas son más pequeñas, el

desarrollo vegetativo se acelera, y se acorta el periodo entre emergencia y la floración. Esto está dado principalmente por las mayores temperaturas que se dan a medida que nos acercamos al mes de diciembre. De este modo, se reduce la radiación interceptada, y consecuentemente la materia seca acumulada hasta floración. Este tipo de comportamiento produce disminuciones en el rendimiento y en el porcentaje de aceite. Otro de los efectos de la fecha de siembra tardía son problemas de secado de granos y mayor incidencia de enfermedades en algunas regiones, por lo que habrá menor seguridad de cosecha (Andrade y Sadras, 2002).

La elección de la densidad de plantas es clave para optimizar la productividad, ya que nos permite adecuar el cultivo a la disponibilidad de recursos ambientales críticos: luz, agua y nutrientes. Las plantas compiten por estos recursos, en condiciones normales de cultivo. Hay dos tipos de competencia: la interespecífica (entre individuos de especies diferentes) y la intraespecífica (entre individuos de la misma especie). El manejo de la densidad de plantas es una de las herramientas más eficientes para lograr canopeos que intercepten el máximo de radiación incidente y produzcan altas tasas de crecimiento, especialmente durante los periodos críticos en que se determina el rendimiento (Andrade y Sadras, 2002).

En las últimas décadas, la tendencia en la producción de cultivos en Argentina ha sido reducir progresivamente la densidad de siembra, especialmente en cultivos como el girasol. Este cambio se debe en parte a la mejora en la eficiencia de implantación, con el uso de sembradoras más precisas, mejores prácticas agronómicas y el desarrollo de híbridos más eficientes. Estas mejoras han permitido a los productores optimizar el uso de insumos, reducir costos y, al mismo tiempo, mantener o incluso mejorar los rendimientos.

Un claro ejemplo de esta tendencia se observa en la región pampeana, donde las densidades de siembra de girasol han pasado de valores tradicionales superiores a 60.000 plantas ha⁻¹ a densidades más bajas, en torno a 45.000 plantas ha⁻¹, sin que esto haya afectado negativamente el rendimiento en grano. Estudios realizados en distintas localidades de la provincia de Buenos Aires, como Balcarce, Tres Arroyos y Coronel Suárez, han demostrado que el girasol es capaz de compensar la

reducción en el número de plantas mediante un aumento en el tamaño del capítulo y el número de granos por planta, reflejando su gran plasticidad. Esta adaptación permite a los productores ajustar las densidades de siembra según las condiciones edafoclimáticas y los costos de producción, asegurando así la viabilidad económica del cultivo (ASAGIR, 2024).

Este estudio busca profundizar en la comprensión de cómo la densidad de siembra afecta el comportamiento agronómico de diferentes híbridos de girasol en la localidad de Coronel Suárez, contribuyendo a la optimización de las prácticas de manejo en esta región productiva.

OBJETIVO

Evaluar el comportamiento agronómico de cuatro híbridos de girasol ante cambios en la densidad de siembra, en el partido de Coronel Suárez.

MATERIALES Y MÉTODOS

Características de sitio

El ensayo se realizó en la campaña 2016/2017 en el establecimiento “El Sendero”, perteneciente al criadero El Cencerro, ubicado en las cercanías a la localidad de Coronel Suarez, Provincia de Buenos Aires. Las coordenadas del establecimiento son 37° 25´ Latitud Sur, 61° 25´ Longitud Oeste, con una altitud de 228 msnm y con una superficie de 167 ha (Figura 1).



Figura 1: Ubicación del establecimiento “El Sendero”, partido de Coronel Suarez, provincia de Buenos Aires.

El clima de la zona es templado subhúmedo. La temperatura media anual es de 13.8 °C, las temperaturas son más altas en promedio en enero, alrededor de 22.0 °C; julio es el mes más frío, con temperaturas promediando 7.0 °C; a lo largo del año las temperaturas varían 15 °C (Figura 2). El período libre de heladas oscila entre

160 y 170 días, extendiéndose desde el 25 de octubre hasta el 30 de abril. Los vientos que predominan son del SO y O (SMN, 2023).

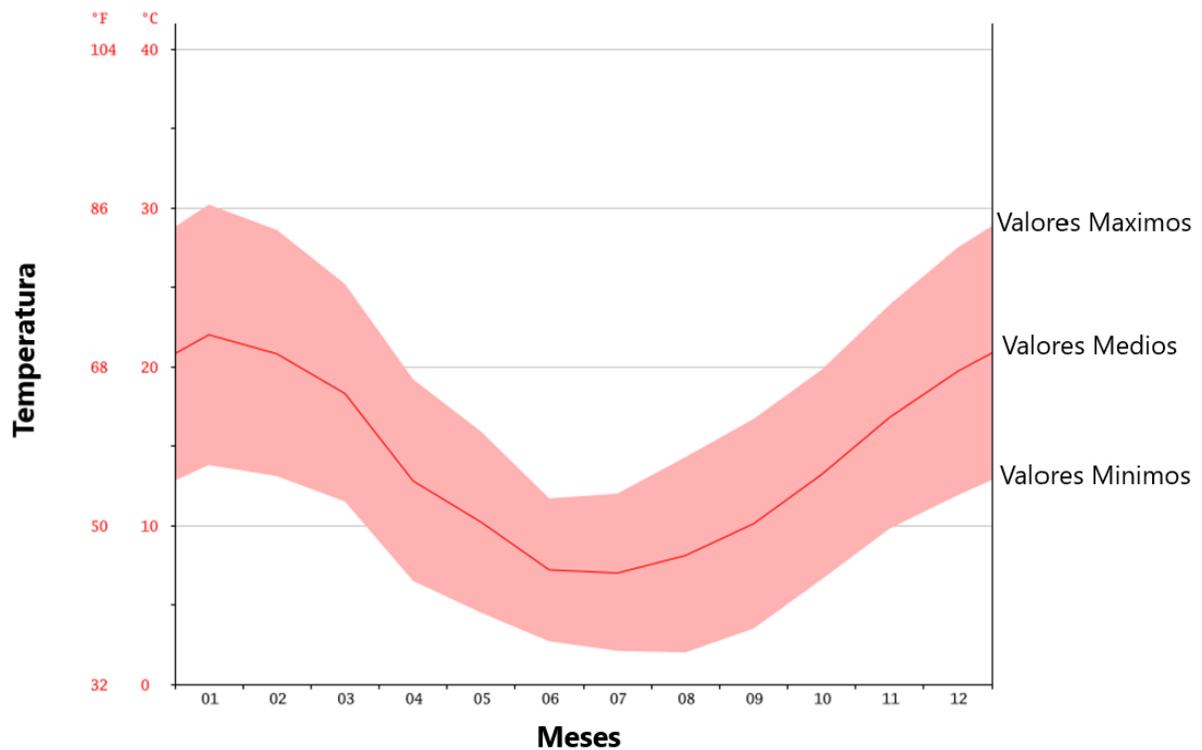


Figura 2: Distribución de las temperaturas históricas en Coronel Suárez. PERÍODO 1982-2012 (Fuente: Servicio Meteorológico Nacional).

La precipitación media anual es de 796 mm. La menor cantidad de lluvia ocurre en los meses de junio, julio y agosto. Los meses más lluviosos son los comprendidos entre octubre y marzo. La variación en la precipitación entre los meses más secos y húmedos es 78 mm (Figura 3).

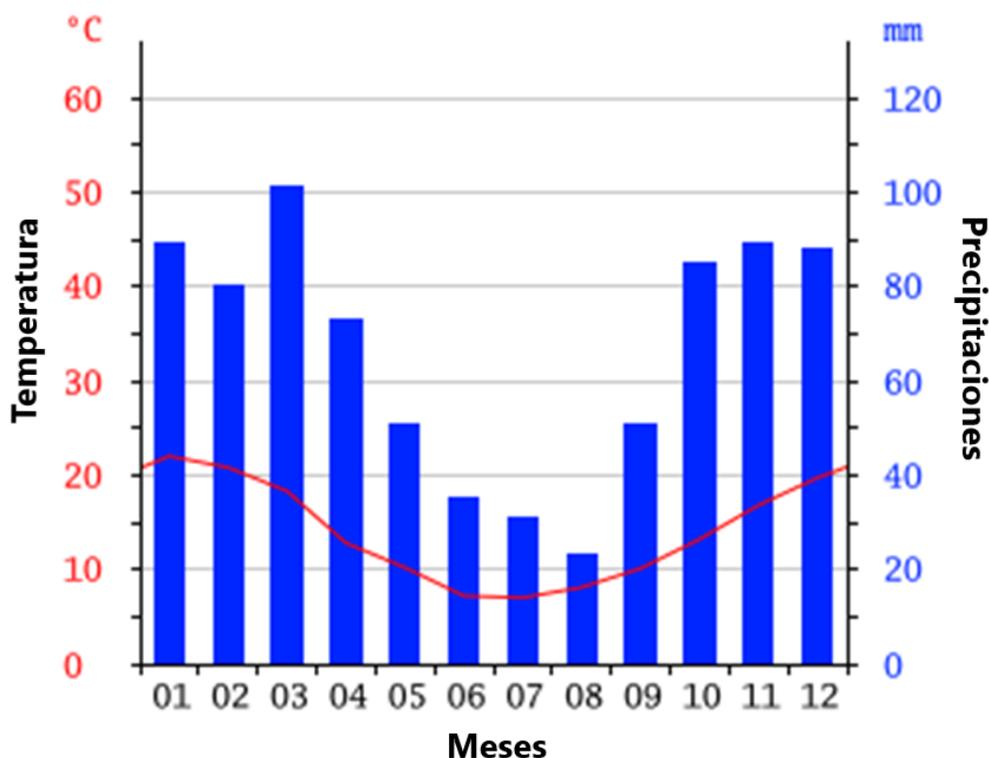


Figura 3: Distribución mensual de las precipitaciones a lo largo de un año y temperaturas medias en Coronel Suárez. PERÍODO 1982-2012 (Fuente: Servicio Meteorológico Nacional).

El lote en el cual se realizó el ensayo corresponde a un suelo caracterizado como Argiustol típico, de textura franco arcillosa, sin limitaciones de profundidad, cuyo antecesor fue una pastura de raigrás perenne. A partir del análisis de suelo realizado previo a la siembra se determinó un contenido medio de Materia Orgánica del suelo (MO) del 3,1%, estimado por el método de Walkley y Black; el P disponible en los primeros 20 cm de profundidad se encontraba en 10,3 ppm, extraído por el método de Bray y Kurtz. Con respecto al N disponible, se determinó un contenido de 70 kg/ha en los primeros 40 cm de suelo. El pH del suelo dio un valor de 6,1.

Diseño y manejo del ensayo

La siembra se realizó el 28 de octubre del 2016, con una sembradora manual tipo “Gaviota”. A la siembra se aplicaron 40 kg ha⁻¹ de fosfato diamónico (FDA) y 100 kg ha⁻¹ de urea.

El ensayo se realizó bajo un diseño factorial de 4 x 3 tratamientos, dispuestos en bloques completamente aleatorizados con tres repeticiones. Para los tratamientos se utilizaron cuatro híbridos de la empresa “El Cencerro” de los cuales tres fueron experimentales y uno comercial: Cacique 312 CL, Exp. S 1408 CL, Exp. S 1305 CL y Exp. S 1407 CL. Estos fueron sembrados a tres densidades de siembra diferentes: 55.000 semillas ha⁻¹; 45.000 semillas ha⁻¹; 35.000 semillas ha⁻¹.



Imagen 1: Vista del lote utilizado para el ensayo.

Cada parcela de siembra constó de cuatro surcos de 5,2 m de largo, separados 0,7 m, determinando una superficie de 14,5 m². Las diferentes densidades se lograron variando la distancia de cada golpe. La cosecha se realizó sobre los dos surcos centrales, descartando la primera y la última planta de cada surco para eliminar el efecto borde. Cada híbrido fue cosechado manualmente en el momento que se alcanzó la madurez comercial, posteriormente fueron trillados mediante una cosechadora estacionaria y luego fueron embolsados con su correspondiente identificación.

Variables y mediciones

Las variables se midieron a partir de que el cultivo alcanzó el estado de R5 (Imagen 8), (Schneiter y Miller, 1981) hasta llegar a R9, donde se tomaron cinco plantas al azar de cada parcela sobre las cuales se realizaron las siguientes mediciones:

- Implantación (plantas ha⁻¹): se determinó contando el número de plantas en dos metros lineales y luego se convirtió en plantas ha⁻¹.
- Altura de plantas (cm): se determinó midiendo con cinta métrica desde la base del tallo hasta la inserción del capítulo.
- Diámetro de tallo (cm): se determinó midiendo con un calibre a la altura media de la planta.
- Diámetro de capítulo (cm): se determinó midiendo con un metro en el envés del receptáculo.

Sobre las muestras cosechadas se realizaron las siguientes determinaciones:

- Rendimiento en peso fresco por hectárea (kg ha⁻¹): se extrajeron los capítulos de los dos surcos centrales de cada parcela, los cuales fueron trillados y pesados, el valor obtenido sobre esa superficie se convirtió a kg ha⁻¹.
- Contenido de humedad (%): se tomaron muestras de las parcelas cosechadas y mediante un higrómetro se realizaron las mediciones de

humedad correspondientes. El contenido de humedad se utilizó para corregir el rendimiento en grano y el contenido de aceite, sobre la base de sustancia seca.

- Granos por m² (nº): se determinó en forma indirecta, a partir de la biomasa de granos y rendimiento por hectárea.
- Biomasa de los granos (g): se tomaron cuatro muestras de cien semillas de cada parcela, se pesaron con una balanza marca PREC modelo EHB-200. Luego se realizó un promedio por parcela para finalmente llevarlo a peso de mil semillas. Luego el valor se corrigió a peso seco.
- Contenido de aceite en grano (en base seca) (%): se realizaron los análisis correspondientes sobre las muestras en los laboratorios de INTA Pergamino bajo el método de Resonancia Nuclear Magnética (RNM).
- Rendimiento ajustado (kg ha⁻¹): se determinó a partir del Rendimiento por hectárea, la base de comercialización (42% de aceite) y el % de aceite.

Los datos de las variables: altura, diámetro del tallo, diámetro del capítulo, granos por m², biomasa de granos, rendimiento en grano, rendimiento de aceite en grano y rendimiento ajustado fueron analizados mediante un ANOVA donde las fuentes de variación fueron los cultivares, las densidades y la interacción cultivar x densidad. La comparación de medias se realizó mediante la prueba de LSD Fisher con un nivel de significancia de $p < 0,05$. Para el análisis de los datos se utilizó el paquete estadístico Infostat (2018).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis estadístico de los datos reveló que la interacción entre las densidades y los cultivares no fue significativa para ninguna de las variables. El modelo fue significativo para las variables implantación, diámetro del tallo, diámetro del capítulo, peso de granos y % de aceite. La variable cultivar solo fue significativa para el peso de granos y el % de aceite. Por otro lado, el efecto bloque fue significativo para las variables diámetro del tallo, diámetro del capítulo, granos por m², rendimiento y % de aceite. La densidad fue significativa en la implantación, diámetro del tallo, diámetro del capítulo y peso de granos. (Tablas 1 y 2).

Tabla 1: Estadístico F y significancia obtenidos del análisis de varianza de las variables de planta. **diferencias altamente significativas ($p < 0,01$); * diferencias significativas ($p < 0,05$); ns diferencias no significativas.

Fuente de variación de los tratamientos	Variables de planta			
	Implantación	Altura	Diam. del Tallo	Diam. del Capítulo
Modelo	9,45 **	1,33 ns	2,54 *	5,27 **
Cultivar	2,85 ns	1,75 ns	0,81 ns	1,37 ns
Bloque	0,66 ns	2,54 ns	4,06 *	10,85 **
Densidad	55,73 **	1,54 ns	8,31 **	15,54 **
Cultivar x Densidad	0,25 ns	0,65 ns	0,98 ns	1,95 ns

Tabla 2: Estadístico F y significancia obtenidos del análisis de varianza de los componentes del rendimiento. **diferencias altamente significativas ($p < 0,01$); * diferencias significativas ($p < 0,05$); ns diferencias no significativas.

Fuente de variación de los tratamientos	Componentes del rendimiento				
	Granos por m ²	Biomasa de granos	Rendimiento granos	% Aceite	Rendimiento ajustado
Modelo	2,00 ns	3,72 **	1,34 ns	2,93 *	1,05 ns
Cultivar	1,91 ns	5,50 **	0,61 ns	7,78 **	0,33 ns
Bloque	4,68 *	0,71 ns	3,77 *	3,41 *	2,22 ns
Densidad	1,70 ns	13,29 **	2,02 ns	2,28 ns	2,13 ns
Cultivar x Densidad	1,25 ns	0,64 ns	0,66 ns	0,53 ns	0,65 ns

Las densidades logradas en el cultivo difirieron de las planteadas. Con una eficiencia de logro del 80-100%, se obtuvieron un total de 42.751 plantas ha⁻¹ para la densidad más alta, 43.436 plantas ha⁻¹, para la densidad intermedia, y en la densidad más baja se lograron 31.498 plantas ha⁻¹ (Figura 4).



Imagen 2: CACIQUE 312 CL Densidad: 55.000 plantas ha⁻¹ (izquierda), 35.000 plantas ha⁻¹ (derecha)



Imagen 3: Exp. S 1407 CL Densidad: 55.000 plantas ha⁻¹ (izquierda), 35.000 plantas ha⁻¹ (derecha)



Imagen 4: Exp. S 1408 CL Densidad: 55.000 plantas ha⁻¹ (izquierda), 35.000 plantas ha⁻¹ (derecha)

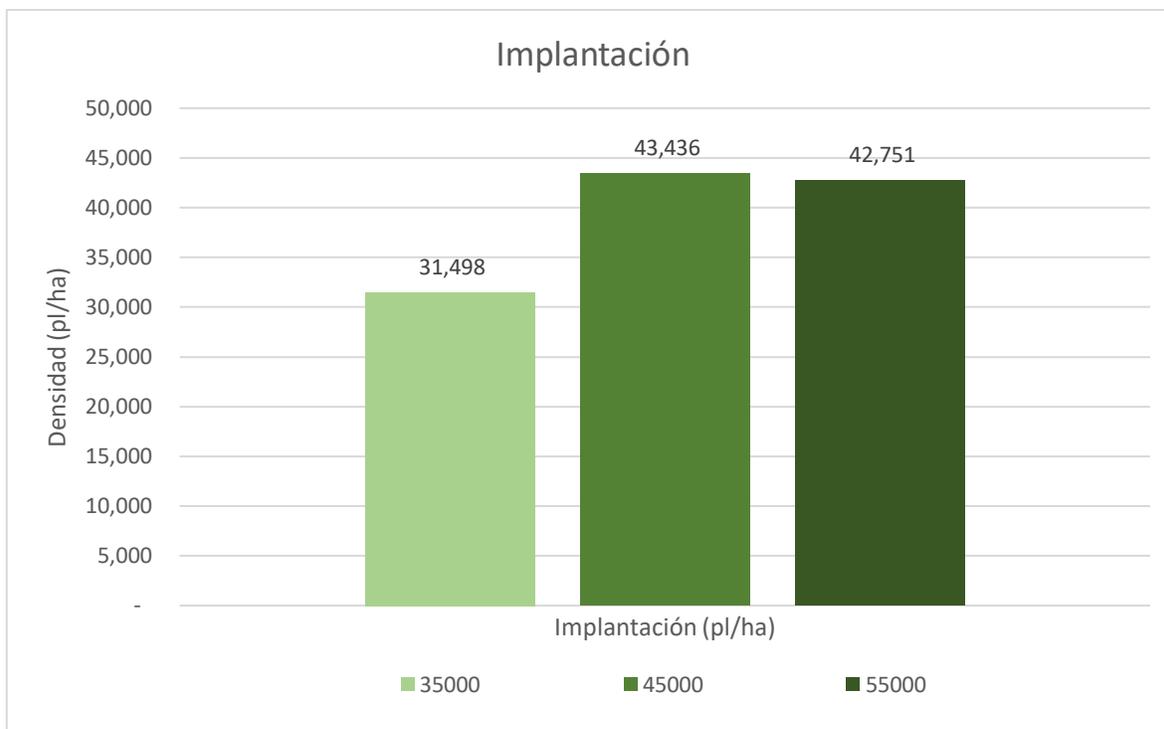


Figura 4: Implantación lograda sobre la densidad planteada. El valor de cada implantación se corresponde al promedio de los cuatro híbridos estudiados (Cacique 312 CL, Exp. S 1408 CL, Exp. S 1305 CL y Exp. S 1407 CL) en Coronel Suárez.

La altura promedio de los híbridos varió entre 116 y 127 cm, sin diferencias significativas entre los cultivares, densidades o interacción entre ambas fuentes de variación (Tabla 1; Figura 5). Resultados similares se obtuvieron en un trabajo previo, donde sólo se detectaron diferencias significativas entre la densidad más baja (24.294 plantas ha⁻¹) y la de 51.132 plantas ha⁻¹ (Arroquy, 2015). Los valores logrados se asemejan al promedio de los híbridos de girasol evaluados (\bar{x} =154 y \bar{x} =162 cm) en la red de ensayos de girasoles realizada en Coronel Suárez en la campaña 2016/2017 y 2018/2019 respectivamente, los cuales son sembrados a una densidad de 40.000 plantas ha⁻¹ (ASAGIR, 2019).

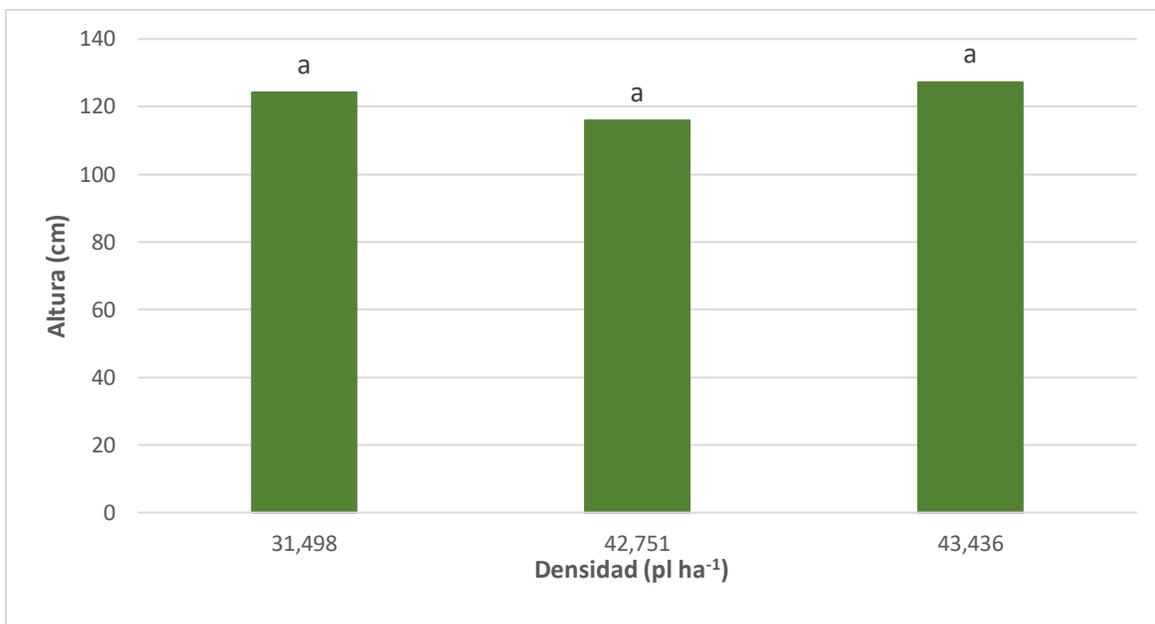


Figura 5: Efecto de la densidad de plantas sobre la altura de la planta de girasol. El valor de cada densidad se corresponde al promedio de los cuatro híbridos estudiados (Cacique 312 CL, Exp. S 1408 CL, Exp. S 1305 CL y Exp. S 1407 CL) en Coronel Suárez. Letras diferentes indican diferencias significativas según la prueba de Tukey ($p < 0,05$).

Con respecto al diámetro de tallo, se observó que a mayores densidades de siembra el diámetro del tallo disminuyó (Figura 6). Sposaro *et al.* (2005) encontraron que el incremento de la densidad no solo disminuyó el diámetro del tallo, sino que también disminuyó el espesor de la corteza y parénquima del tallo.

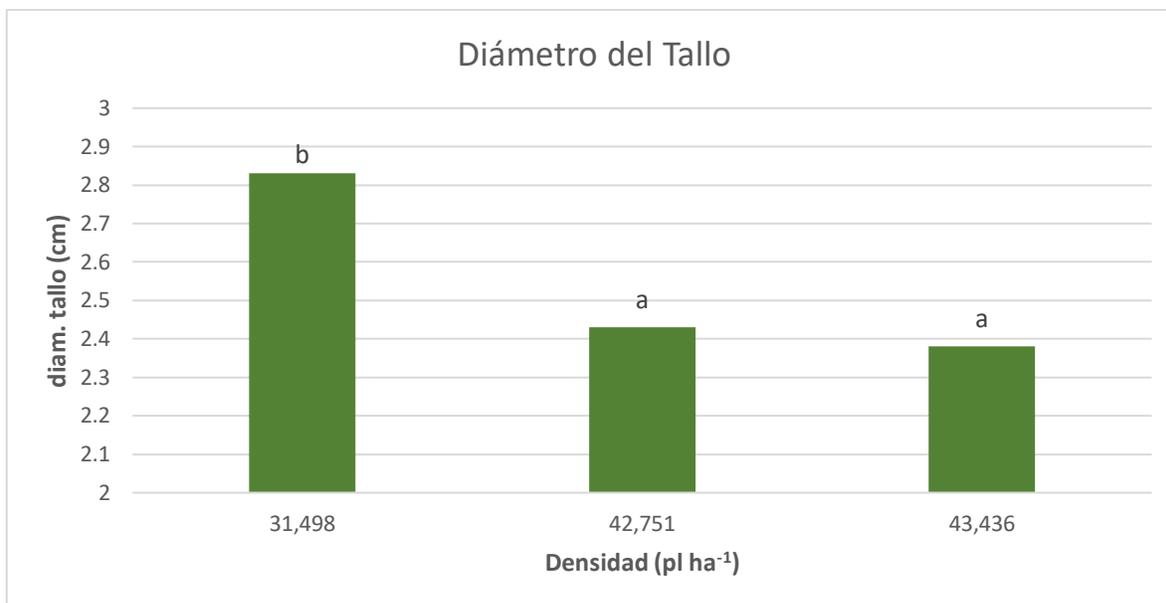


Figura 6: Efecto de la densidad de plantas sobre el diámetro del tallo de la planta de girasol. El valor de cada densidad se corresponde al promedio de los cuatro híbridos estudiados (Cacique 312 CL, Exp. S 1408 CL, Exp. S 1305 CL y Exp. S 1407 CL) en Coronel Suárez. Letras diferentes indican diferencias significativas según la prueba de Tukey ($p < 0,05$).

Mismo comportamiento se observó con el diámetro del capítulo, donde a mayor densidad de plantas disminuyó el diámetro (Figura 7). Estos resultados son similares a los hallazgos por Ali *et al.* (2011) que concluyó que además del efecto de la fertilización, el diámetro del capítulo aumentaba a medida que las plantas se encontraban más distanciadas entre sí.

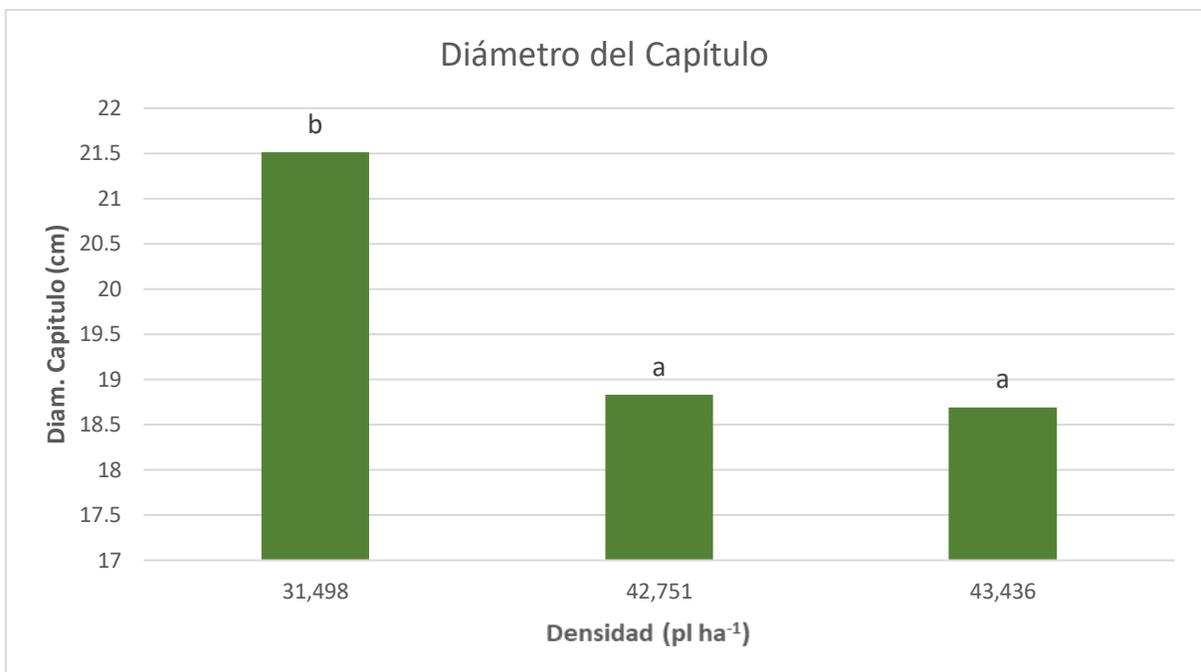


Figura 7: Efecto de la densidad de plantas sobre el diámetro del capítulo de la planta de girasol. El valor de cada densidad se corresponde al promedio de los cuatro híbridos estudiados (Cacique 312 CL, Exp. S 1408 CL, Exp. S 1305 CL y Exp. S 1407 CL) en Coronel Suárez. Letras diferentes indican diferencias significativas (Tukey ($p < 0,05$)).

En cuanto a la biomasa de granos, el híbrido que más biomasa produjo fue Exp. S 1408 que se diferenció significativamente de los demás cultivares, que no presentaron diferencias significativas entre sí (Tabla 3).

Tabla 3: Biomasa de los granos producida en los cuatro híbridos estudiados (Exp. S1407, Cacique 312, Exp. S1305 y Exp. S1408), cultivados en Coronel Suárez. El valor representa el promedio de las tres densidades de siembra logradas. Letras diferentes indican diferencias significativas según la prueba de Tukey ($p < 0,05$).

Cultivar	Biomasa de granos (g)
Exp. S 1407	46,90 a
CACIQUE 312	47,87 a
Exp. S 1305	48,17 a
Exp. S 1408	54,01 b

Analizando los resultados para las distintas densidades de siembra logradas, la mayor biomasa de grano se obtuvo en la menor densidad, la cual se diferenció significativamente de las otras dos densidades logradas. La biomasa de grano lograda en las densidades más altas 43.436 plantas ha⁻¹ y 42.751 plantas ha⁻¹ no se diferenciaron entre sí (Figura 8).

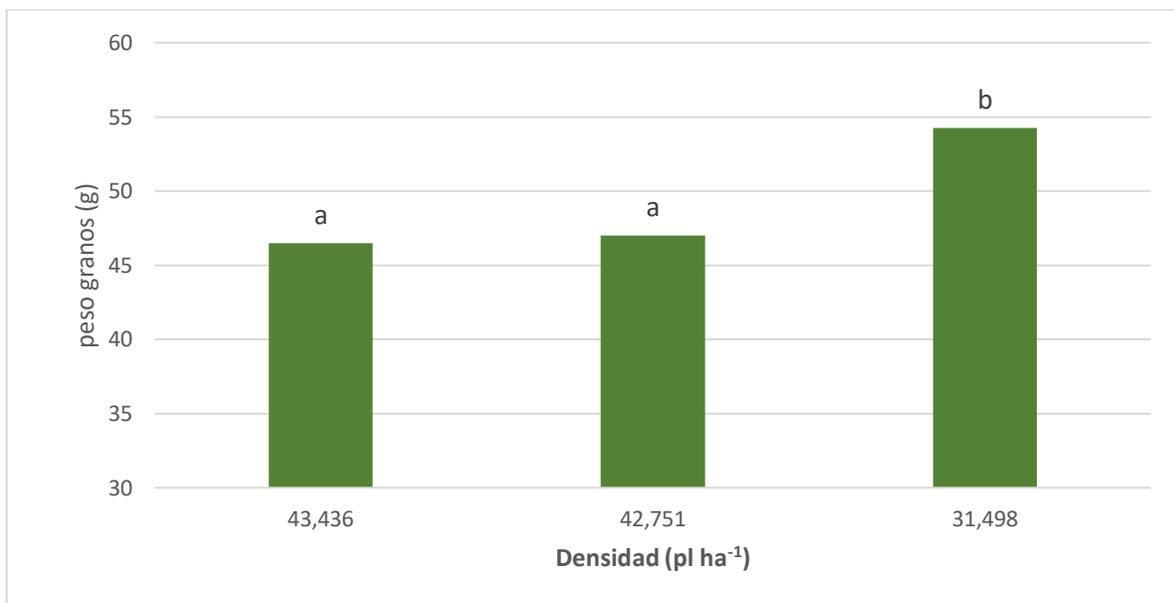


Figura 8: Efecto de la densidad de plantas sobre la biomasa de granos de la planta de girasol. El valor de cada densidad se corresponde al promedio de los cuatro híbridos estudiados (Cacique 312 CL, Exp. S 1408 CL, Exp. S 1305 CL y Exp. S 1407 CL), en Coronel Suárez. Letras diferentes indican diferencias significativas (Tukey ($p < 0,05$)).

La biomasa de los granos depende de las condiciones ambientales a la que está expuesta la planta durante el llenado (Andrade y Ferreiro, 1996). No obstante, ante cambios en la densidad, este segundo componente del rendimiento presenta alta variación en el girasol (Andrade y Sadras, 2002). Esta mayor biomasa obtenida a bajas densidades probablemente sea producto de una mayor disponibilidad de luz, nutrientes y espacio por planta, en comparación con un stand de plantas mayor. Los resultados obtenidos en el ensayo coinciden con los reportados por Ali *et al.* (2011) quienes establecieron un aumento lineal en la biomasa de granos con el aumento de la distancia entre plantas. Resultados similares fueron encontrados por Arroquy (2015), comparando tres híbridos comerciales de girasol en Coronel Suárez.

Con respecto al rendimiento en grano, no se encontró un efecto de la densidad de siembra. Esta respuesta se puede adjudicar a la plasticidad del cultivo de girasol, donde el menor número de granos (más livianos) por capítulo obtenidos en las densidades mayores se compensó con el mayor número de inflorescencias cosechadas por superficie. Tampoco se observaron diferencias significativas de rendimiento entre cultivares (Figura 9).

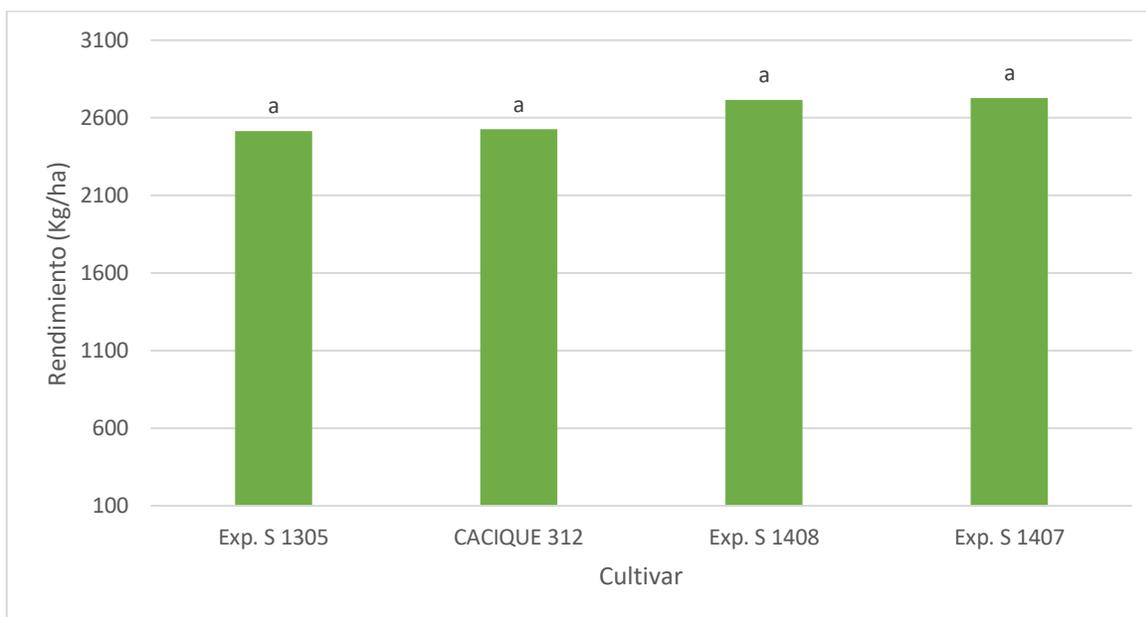


Figura 9: Rendimiento de granos por cultivar. El valor de cada cultivar se corresponde al promedio de los cuatro híbridos estudiados (Cacique 312 CL, Exp. S 1408 CL, Exp. S 1305 CL y Exp. S 1407 CL), en Coronel Suárez. Letras diferentes indican diferencias significativas (Tukey ($p < 0,05$)).

El contenido de materia grasa no tuvo diferencias significativas en las distintas densidades planteadas (Figura 10); sin embargo, si hubo diferencias entre los cultivares, siendo el CACIQUE 312 superior al resto de los híbridos evaluados, con un contenido de aceite promedio en grano cercano al 52% (Figura 11).

El contenido de aceite depende de la cantidad relativa de los otros componentes del fruto (proteínas, hidratos de carbono y minerales) y de la relación cáscara: pepita. Cambios en esta relación cáscara: pepita, que favorecen la cáscara, han sido detectados en experimentos cuando las plantas fueron sembradas a densidades menores a las 30.000 plantas por ha (Aguirrezábal *et al.*, 1996).

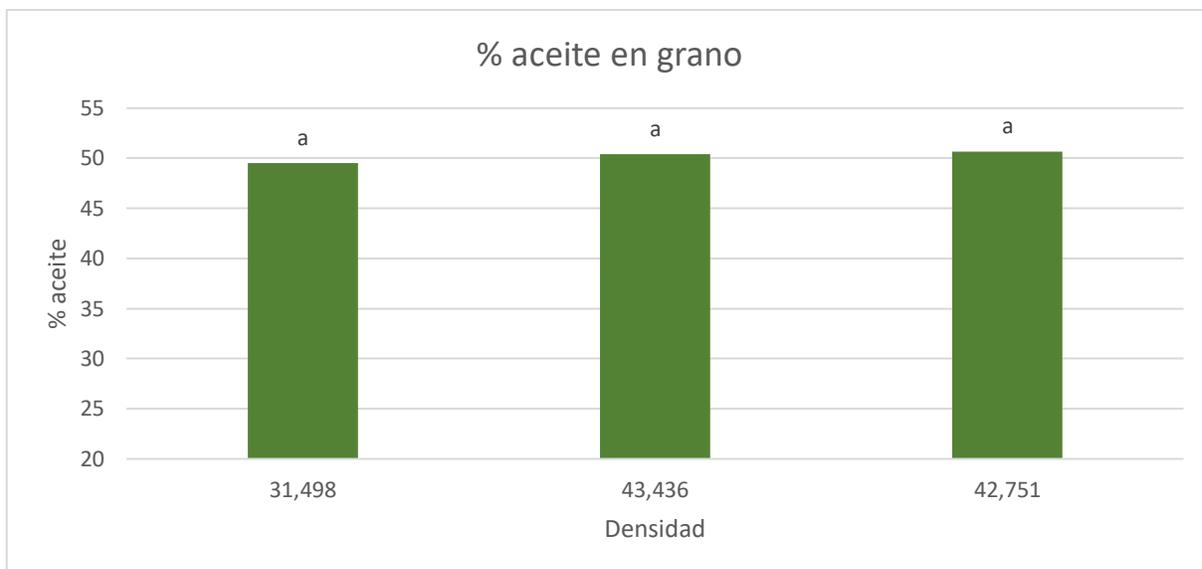


Figura 10: Efecto de la densidad de plantas sobre el % de aceite del fruto de la planta de girasol. El valor de cada densidad se corresponde al promedio de los cuatro híbridos estudiados (Exp. 1408 CL, Exp. 1305 CL, Exp. 1407 CL y Cacique 312 CL), en Coronel Suárez. Letras diferentes indican diferencias significativas (Tukey ($p < 0,05$)).



Imagen 8: Vista del ensayo en floración

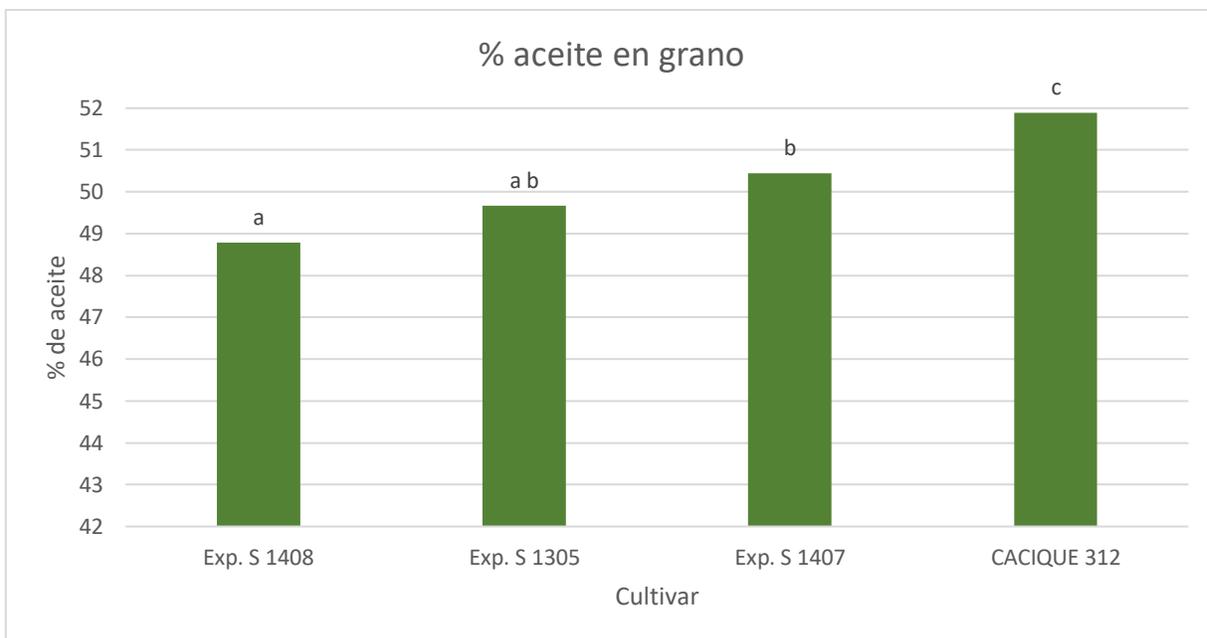


Figura 11: Aceite en grano (%) obtenido en los cuatro híbridos estudiados (Exp. 1408 CL, Exp. 1305 CL, Exp. 1407 CL y Cacique 312 CL), en Coronel Suárez. Letras diferentes indican diferencias significativas según la prueba de Tukey ($p < 0,05$).

Con respecto al rendimiento ajustado, no se observaron diferencias significativas según densidad (Figura 12) ni cultivar (Figura 13).

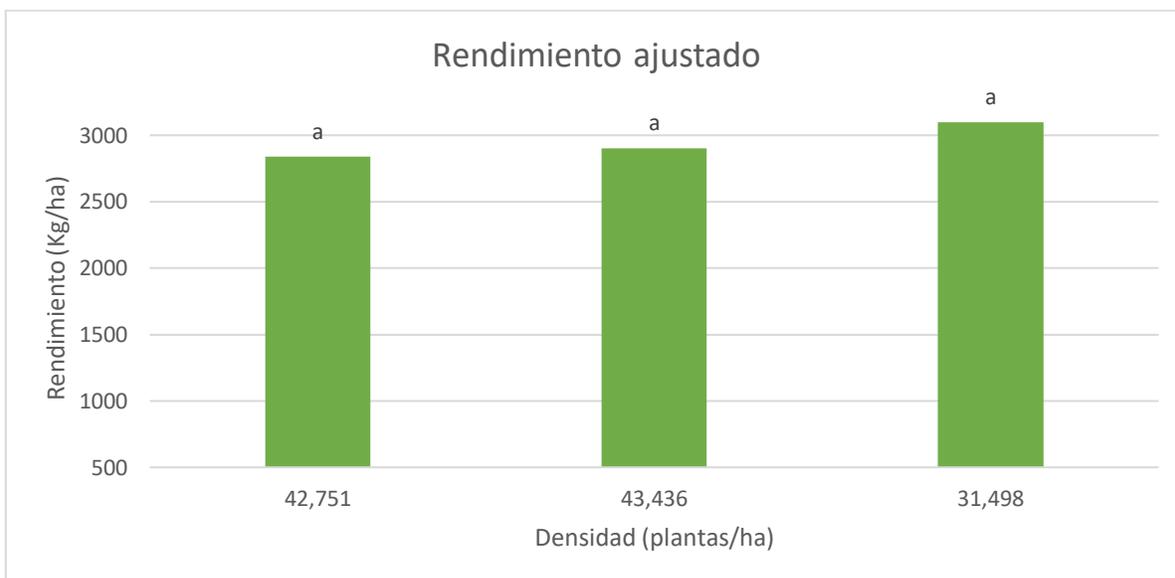


Figura 12: Rendimiento ajustado obtenido para las diferentes densidades. El valor de cada densidad se corresponde al promedio de los cuatro híbridos estudiados (Exp. 1408 CL, Exp. 1305 CL, Exp. 1407 CL y Cacique 312 CL) en Coronel Suárez. Letras diferentes indican diferencias significativas según la prueba de Tukey ($p < 0,05$).

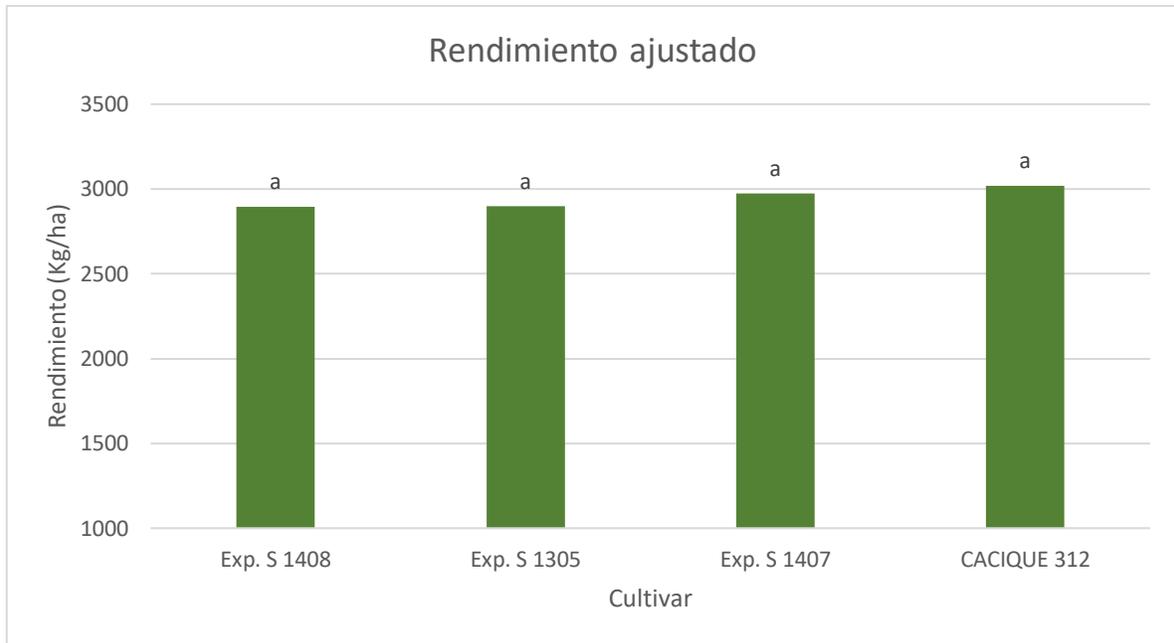


Figura 13: Rendimiento ajustado obtenido para cada cultivar. El valor corresponde a los cuatro híbridos estudiados (Exp. 1408 CL, Exp. 1305 CL, Exp. 1407 CL y Cacique 312 CL) en Coronel Suárez. Letras diferentes indican diferencias significativas según la prueba de Tukey ($p < 0,05$).

CONCLUSIONES

- La altura de las plantas se mantuvo estable entre los materiales y las densidades logradas.
- El diámetro del tallo, el diámetro del capítulo y el peso de granos disminuyó a medida que aumentó la densidad de siembra.
- El rendimiento en grano y el contenido de aceite no varió significativamente para las densidades de siembra logradas.
- Promediando las tres densidades logradas, el cultivar Cacique 312 alcanzó el mayor porcentaje de aceite (51,9%), diferenciándose significativamente del resto.
- No hubo diferencias significativas en el rendimiento ajustado para los cuatro híbridos, entre 31.489 y 43.436 plantas ha⁻¹.

BIBLIOGRAFÍA

AGROINDUSTRIA. 2023. Disponible en: <https://datos.magyp.gob.ar/dataset/girasol-siembra-cosecha-produccion-rendimiento/archivo/a201f477-7021-4ba6-bbae-f218c100688c>

Aguirrezabal L, Orioli G, Hernández L, Pereyra V, Miravé JP. 1996. Girasol. Aspectos fisiológicos que determinan el rendimiento. Ediciones INTA. 111 p.

Ali A., Afzal M., Rasool J., Hussain S. y Ahmad M., 2011. Sunflower (*Helianthus annuus* L.) hybrids performance at different plant spacing under agro-ecological conditions of Sargodha, Pakistán. International Conference on Food Engineering and Biotechnology, Singapur.

Andrade, F.H. y Ferreiro, M.A. 1996. Reproductive growth of maize, sun-flower and soybean at different source levels during grain filling. Field Crops Re-search, 48, 155-165.

Andrade, F. y V. Sadras. 2002. Bases para el manejo del maíz, el girasol y la soja, INTA Balcarce, facultad de ciencias agrarias, UNMP, Buenos Aires, Argentina. 450 pp.

Arroquy S. 2015. Efecto de la densidad de siembra sobre el comportamiento agronómico de tres híbridos comerciales de girasol en Coronel Suárez. Trabajo de intensificación. Departamento de Agronomía. Universidad Nacional del Sur.

ASAGIR. 2023. disponible en: <https://www.asagir.org.ar/acerca-de-evaluaci%C3%B3n-de-cultivares-463>.

InfoStat, versión 2018, Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

NSA (National Sunflower Association), 2023. Disponible en: <https://www.sunflowernsa.com/>.

Schneider, A.A., Miller, J.F., 1981. Description of sunflower growth stages. Crop Science 21: 901-903.

SMN (Servicio Meteorológico Nacional), 2023. Disponible en: <http://www.smn.gov.ar/serviciosclimaticos/?mod=elclima&id=5&var=buenosaires>.

Sposaro M.M., Chimenti C, Hall A.J., 2005. La densidad y su relación con la tolerancia al quebrado del tallo en girasol (*Helianthus annuus* L.). IFEVA, Facultad de Agronomía (UBA)/CONICET, Ciudad de Buenos Aires, Argentina.

USDA (United States Department of Agriculture), 2023. Disponible en: <http://www.usda.gov/wps/portal/usda/usdahome>.

Anexo

Tabla 1: Variables medidas en planta (medias) en cuatro híbridos de girasol (Cacique 312 CL, Exp. S 1408 CL, Exp. S 1305 CL, Exp. S 1407 CL) sembrados a tres densidades de siembra (55.000 plantas ha⁻¹, 45.000 plantas ha⁻¹ y 35.000 plantas ha⁻¹) en Coronel Suárez.

Cultivar	Bloque	Densidad (plantas ha ⁻¹)	Variables de planta			
			Implantación (plantas ha ⁻¹)	Altura (cm)	Diam. Tallo (cm)	Diam. Capitulo (cm)
CACIQUE 312	1	55.000	43.353	101	2,23	19,2
CACIQUE 312	1	45.000	45.388	129	2,12	17,8
CACIQUE 312	1	35.000	32.738	107	2,3	16,6
CACIQUE 312	2	55.000	44.798	143	2,98	20,4
CACIQUE 312	2	45.000	45.388	143	2,32	18,25
CACIQUE 312	2	35.000	31.250	134	2,38	17,5
CACIQUE 312	3	55.000	41.908	121	2,32	18
CACIQUE 312	3	45.000	45.388	145	2,26	19,2
CACIQUE 312	3	35.000	29.762	142	3,1	23
Exp. S 1408	1	55.000	43.353	95	2,39	17
Exp. S 1408	1	45.000	45.388	116	2,24	19
Exp. S 1408	1	35.000	29.762	120	3,1	21,4
Exp. S 1408	2	55.000	37.572	122	2,6	18,4
Exp. S 1408	2	45.000	32.211	98	2,38	17,8
Exp. S 1408	2	35.000	29.762	141	2,56	21
Exp. S 1408	3	55.000	40.462	132	2,66	20
Exp. S 1408	3	45.000	43.924	147	2,44	18,6
Exp. S 1408	3	35.000	31.250	148	3,6	25
Exp. S 1305	1	55.000	46.243	96	2,29	18,8

EFFECTO DE LA DENSIDAD DE SIEMBRA SOBRE EL COMPORTAMIENTO AGRONOMICO DE CUATRO HÍBRIDOS DE GIRASOL CL EN CORONEL SUÁREZ

Exp. S 1305	1	45.000	40.996	105	2,29	18,8
Exp. S 1305	1	35.000	34.226	110	2,39	19,4
Exp. S 1305	2	55.000	47.688	132	2,04	17,4
Exp. S 1305	2	45.000	46.852	130	3,14	20
Exp. S 1305	2	35.000	32.738	103	2,98	21,6
Exp. S 1305	3	55.000	39.017	95	2,36	18,8
Exp. S 1305	3	45.000	48.316	136	2,3	19,8
Exp. S 1305	3	35.000	34.226	104	3,2	24,6
Exp. S 1407	1	55.000	44.798	125	2,29	18,6
Exp. S 1407	1	45.000	43.924	141	2,26	16,8
Exp. S 1407	1	35.000	29.762	130	2,53	20,8
Exp. S 1407	2	55.000	40.462	122	2,38	17,4
Exp. S 1407	2	45.000	40.996	100	2,38	18
Exp. S 1407	2	35.000	32.738	110	2,58	22,2
Exp. S 1407	3	55.000	43.353	107	2,62	22
Exp. S 1407	3	45.000	42.460	137	2,38	20,2
Exp. S 1407	3	35.000	29.762	141	3,24	25

Tabla 2: Componentes de rendimiento (valores medios) en cuatro híbridos de girasol (Cacique 312 CL, Exp. S 1408 CL, Exp. S 1305 CL, Exp. S 1407 CL) sembrados a tres densidades de siembra (55.000 plantas ha⁻¹, 45.000 plantas ha⁻¹ y 35.000 plantas ha⁻¹) en Coronel Suárez.

Cultivar	Implantación (plantas ha ⁻¹)	Componentes de rendimiento				
		Nº granos/m ²	Peso de granos (g)	% Aceite	Rendimiento (Kg ha ⁻¹)	Rendimiento ajustado (Kg ha ⁻¹)
CACIQUE 312	43.353	4.488	46	53	2.084	2.550
CACIQUE 312	45.388	5.315	46	53	2.461	3.000
CACIQUE 312	32.738	4.400	53	53	2.318	2.805
CACIQUE 312	44.798	5.712	45	52	2.589	3.090
CACIQUE 312	45.388	6.343	45	52	2.866	3.435
CACIQUE 312	31.250	4.804	51	50	2.441	2.819
CACIQUE 312	41.908	5.388	48	53	2.583	3.143
CACIQUE 312	45.388	6.047	45	50	2.710	3.161
CACIQUE 312	29.762	5.200	51	51	2.672	3.176
Exp. S 1408	43.353	4.699	52	49	2.436	2.784
Exp. S 1408	45.388	4.879	52	49	2.556	2.929
Exp. S 1408	29.762	4.439	57	48	2.535	2.845
Exp. S 1408	37.572	5.297	52	49	2.772	3.151
Exp. S 1408	32.211	4.549	50	51	2.284	2.694
Exp. S 1408	29.762	4.427	53	49	2.343	2.648
Exp. S 1408	40.462	4.997	48	48	2.402	2.702
Exp. S 1408	43.924	6.104	47	49	2.874	3.278
Exp. S 1408	31.250	5.732	74	47	4.249	3.013
Exp. S 1305	46.243	4.710	50	51	2.378	2.827
Exp. S 1305	40.996	5.131	45	49	2.321	2.631

EFFECTO DE LA DENSIDAD DE SIEMBRA SOBRE EL COMPORTAMIENTO AGRONOMICO DE CUATRO HÍBRIDOS DE GIRASOL CL EN CORONEL SUÁREZ

Exp. S 1305	34.226	5.224	52	50	2.729	3.159
Exp. S 1305	47.688	5.575	45	50	2.484	2.858
Exp. S 1305	46.852	6.364	45	51	2.877	3.396
Exp. S 1305	32.738	4.323	51	51	2.200	2.605
Exp. S 1305	39.017	4.205	40	49	1.701	1.946
Exp. S 1305	48.316	6.672	44	51	2.954	3.482
Exp. S 1305	34.226	4.946	60	45	2.975	3.169
Exp. S 1407	44.798	5.871	44	51	2.561	3.002
Exp. S 1407	43.924	4.776	46	48	2.204	2.451
Exp. S 1407	29.762	4.514	48	49	2.169	2.464
Exp. S 1407	40.462	6.088	45	52	2.733	2.995
Exp. S 1407	40.996	5.249	45	53	2.354	3.354
Exp. S 1407	32.738	5.721	51	51	2.909	3.068
Exp. S 1407	43.353	5.248	48	51	2.517	2.995
Exp. S 1407	42.460	6.446	46	49	2.956	3.354
Exp. S 1407	29.762	8.357	50	50	4.163	3.068

Tabla 3: Análisis de la varianza de la densidad de plantas logradas en el ensayo.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1188286046,83	13	91406619	9,45	<0,0001
Cultivar	82621485,00	3	27540495	2,85	0,061
Bloque	12828953,17	2	6414476,58	0,66	0,5253
Densidad	1078416671,17	2	539208336	55,73	<0,0001
Cultivar*Densidad	14418937,50	6	2403156,25	0,25	0,9548
Error	212870390,17	22	9675926,83		
Total	1401156437,00	35			

Tabla 4: Análisis de la varianza de la altura de planta de girasol.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	4632,94	13	356,38	1,33	0,2686
Cultivar	1406,67	3	468,89	1,75	0,1861
Bloque	1359,39	2	679,69	2,54	0,102
Densidad	824,06	2	412,03	1,54	0,237
Cultivar*Densidad	1042,83	6	173,81	0,65	0,6907
Error	5893,94	22	267,91		
Total	10526,89	35			

Tabla 5: Análisis de la varianza del diámetro del tallo de plantas de girasol.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2,88	13	0,22	2,54	0,026
Cultivar	0,21	3	0,07	0,81	0,501
Bloque	0,71	2	0,35	4,06	0,0316
Densidad	1,45	2	0,72	8,31	0,0021
Cultivar*Densidad	0,51	6	0,09	0,98	0,4627
Error	1,92	22	0,09		
Total	4,79	35			

Tabla 6: Análisis de la varianza del diámetro del capítulo de plantas de girasol.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	133,53	13	10,27	5,27	0,0003
Cultivar	7,99	3	2,66	1,37	0,2786
Bloque	42,25	2	21,13	10,85	0,0005
Densidad	60,54	2	30,27	15,54	0,0001
Cultivar*Densidad	22,74	6	3,79	1,95	0,1179
Error	42,85	22	1,95		
Total	176,38	35			

Tabla 7: Análisis de la varianza del número de granos por m² de plantas de girasol.

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo	13782264,86	13	1060174,2	2	0,0734
Cultivar	3033317,38	3	1011105,8	1,91	0,158
Bloque	4963880,94	2	2481940,5	4,68	0,0202
Densidad	1802236,73	2	901118,37	1,7	0,2059
Cultivar*Densidad	3982829,81	6	663804,97	1,25	0,3191
Error	11666148,19	22	530279,46		
Total	25448413,05	35			

Tabla 8: Análisis de la varianza de la biomasa de los granos de plantas de girasol.

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo	825,19	13	63,48	3,72	0,0033
Cultivar	281,59	3	93,86	5,5	0,0057
Bloque	24,15	2	12,08	0,71	0,504
Densidad	454,02	2	227,01	13,29	0,0002
Cultivar*Densidad	65,42	6	10,9	0,64	0,6985
Error	375,77	22	17,08		
Total	1200,95	35			

Tabla 9: Análisis de la varianza del contenido de aceite de los granos de plantas de girasol.

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Modelo	75,86	13	5,84	2,93	0,0127
Cultivar	46,97	3	15,66	7,87	0,001
Bloque	13,56	2	6,78	3,41	0,0514
Densidad	9,06	2	4,53	2,28	0,1264
Cultivar*Densidad	6,28	6	1,05	0,53	0,7826
Error	43,78	22	1,99		
Total	119,64	35			

Tabla 10: Análisis de la varianza del rendimiento de plantas de girasol.

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Modelo	3569815,78	13	274601,21	1,34	0,265
Cultivar	376299,33	3	125433,11	0,61	0,6151
Bloque	1547200,89	2	773600,44	3,77	0,0392
Densidad	830097,06	2	415048,53	2,02	0,1564
Cultivar*Densidad	816218,5	6	136036,42	0,66	0,6804
Error	4517469,78	22	205339,54		
Total	8087285,56	35			

Tabla 11: Análisis de la varianza del rendimiento ajustado de plantas de girasol.

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Modelo	1402407,42	13	107877,49	1,05	0,4465
Cultivar	101528,31	3	33842,77	0,33	0,8048
Bloque	458028,67	2	229014,33	2,22	0,1321
Densidad	438632,67	2	219316,33	2,13	0,1429
Cultivar*Densidad	404217,78	6	67369,63	0,65	0,6869
Error	2266727,33	22	103033,06		
Total	3669134,75	35			