



FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO

**Influencia de la fertilización con boro en
rendimiento, peso de mil y calibre de semillas de
una línea progenitora de girasol (*Helianthus
annuus* L.) híbrido**

Ing. Agr. MATIAS LUIS PAINO

TRABAJO FINAL PARA OPTAR AL TITULO DE
Especialista en Producción de Semillas de Cereales, Oleaginosas y Forrajeras

DIRECTORA: Ing. Agr. *M.Sc.* Alicia Morant

AÑO: 2016

INFLUENCIA DE LA FERTILIZACIÓN CON BORO EN RENDIMIENTO, PESO DE MIL Y CALIBRE DE SEMILLAS DE UNA LÍNEA PROGENITORA DE GIRASOL (*Helianthus annuus* L.) HÍBRIDO

Ing. Agr. Matías Luis Paino

Ingeniero Agrónomo-Facultad de Agronomía de Universidad de Buenos Aires

Este Trabajo Final es presentado como parte de los requisitos para optar al grado académico de Especialista en Producción de Semillas de Cereales, Oleaginosas y Forrajeras de la Universidad Nacional de Rosario y no ha sido previamente presentado para la obtención de otro título en esta u otra Universidad. El mismo contiene los resultados obtenidos en investigaciones llevadas a cabo en la localidad de Necochea, durante el período comprendido entre 2013 -2015, bajo la dirección de la Ing. Agr. *M.Sc.* Alicia Morant.

Nombre y firma del Autor

Nombre y firma del Director

Defendida:.....de 20__

AGRADECIMIENTOS

- A la empresa en la que trabajo, Syngenta, y a sus gerentes de producción, que me dieron la oportunidad de realizar el posgrado.
- A mi directora de tesis, Alicia Morant y a la directora de la carrera de Especialización Raquel Benavidez, por la ayuda y gran predisposición.
- A mi colega de trabajo, Ignacio Pato, quien me reemplazó en los momentos en que se realizaba el cursado.

DEDICATORIAS

- A mi mujer Carla Poric y a mis hijos Juan Ignacio Paino y Catalina Paino por haberme apoyado y contenido en todo este tiempo.
- A mis padres, Stella Maris Redondo y Luis Paino, que me ayudaron y apoyaron en la realización de la especialización.

ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS

- **B: Boro**
- **MO: Materia orgánica**
- **P: Fósforo**
- **N-NO3: Nitrato**
- **S-SO4: Sulfato**
- **Hi: Humedad inicial**
- **Hf: Humedad final**
- **G0: Grado 0**
- **G1E: Grado 1 Especial**
- **G1: Grado 1**
- **G2: Grado 2**
- **G3L: Grado 3 Largo**
- **G3M: Grado 3 Medio**

RESUMEN

En la localidad de Necochea, en el Sudeste Bonaerense se llevó a cabo un ensayo sobre un suelo Argiudol Típico, franco arcilloso, clase I. Parcelas experimentales de 14 m de ancho por 1.000 m de largo sembradas con la línea progenitora del híbrido de girasol SYN4070CL, se utilizaron para realizar un ensayo de fertilización con boro, bajo dos tratamientos, testigo y fertilizado. Se evaluó una fuente de boro (Boro Stoller), aplicada en forma foliar (dosis de 1,5 litros/ha) sobre líneas alternas (T1) en contraste con un testigo sin fertilizar (T0), en un diseño de muestras apareadas con seis repeticiones. La aplicación del fertilizante se realizó en los estadios fenológicos R2-R3. Sobre los tratamientos se midieron las variables: Rendimiento, Peso de mil semillas y Calibre (tamaño) de semilla. Los valores medios fueron comparados con una prueba “t” de Student para muestras apareadas. Los valores comparados no evidenciaron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) para ninguna de las tres variables analizadas, aunque para Calibre se registró un leve aumento (6%) en favor del fertilizado cuando se considera el conjunto de los tres calibres superiores (G0, G1E y G1), que son los de mayor interés por su valor comercial.

En función de lo obtenido, no resultaría recomendable la aplicación de boro para la producción de semilla de la línea progenitora materna del híbrido SYN4070CL, en los suelos del sudeste bonaerense, para condiciones similares a las del presente ensayo (niveles de boro de 1 ppm y bajo condiciones climáticas similares al promedio de los últimos diez años).

ABSTRACT

In Necochea (at the southeast of Buenos Aires, Argentina) was carried out a trail on a Typic Argiudol soil, clay loam, class I. Experimental plots of 14 m wide by 1000 m long sown with the sunflower hybrid SYN4070CL parents lines, were used to perform a test of a source of boron fertilization, under two treatments, witness and fertilized. A source of boron (Boro Stoller), applied as foliar (dose of 1.5 liters / ha) on alternate lines (T1) in contrast to an unfertilized (T0), was evaluated in a paired sample design with six replicates. Fertilizer application was made in the phenological stages R2-R3. On treatments, yield, thousand seeds weight and sizing (size) seed variables were measured. The mean values were compared with a "t" Student test for paired samples. Compared values showed no statistically significant differences ($p > 0.05$) for any of the three variables analyzed, although a slight sizing increase (6%) in favor of the fertilized witness was recorded when considering the whole of the top three sizes (G0, G1E y G1), which are the most interesting for their commercial value.

Based on the obtained, it would not be advisable to apply boron to produce seed maternal parent line hybrid SYN4070CL, in soils of southeastern Buenos Aires province, for similar to those of the present assay conditions (boron levels of 1 ppm and similar climatic conditions to the average of the last ten years)

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	3
DEDICATORIAS	4
ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS	5
RESUMEN	6
ABSTRACT	7
ÍNDICE	8
LISTA DE TABLAS	9
LISTA DE FIGURAS	10
INTRODUCCIÓN	11
<i>Origen e historia</i>	<i>11</i>
<i>El cultivo en la Argentina</i>	<i>11</i>
<i>Zonas de producción</i>	<i>13</i>
<i>Androesterilidad y producción de híbridos</i>	<i>15</i>
<i>Nutrición mineral</i>	<i>17</i>
<i>Rendimiento</i>	<i>19</i>
<i>Calibre de la semilla</i>	<i>20</i>
HIPÓTESIS:	21
OBJETIVOS:	22
MATERIALES Y MÉTODOS	22
<i>Sitio Experimental</i>	<i>22</i>
<i>Diseño experimental</i>	<i>22</i>
<i>Tratamientos</i>	<i>23</i>
<i>Manejo</i>	<i>23</i>
<i>Muestreo en la cosecha</i>	<i>25</i>
<i>Variables</i>	<i>26</i>
<i>Análisis de datos</i>	<i>27</i>
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	28
<i>Sitio Experimental</i>	<i>28</i>
<i>Variables</i>	<i>30</i>
CONCLUSIONES	33
ANEXOS	34
ANEXO1. SITIO EXPERIMENTAL	34
ANEXO-2. ESCALA FENOLÓGICA PARA GIRASOL	36
ANEXO-3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	36
BIBLIOGRAFÍA	39

Lista de Tablas

TABLA 1. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE SUELO PRE SIEMBRA.	29
TABLA 2. RENDIMIENTO (KG/HA) Y PESO DE MIL SEMILLAS (G) DE GIRASOL	30
TABLA 3. REQUERIMIENTO Y EXPORTACIÓN DE NITRÓGENO, FÓSFORO Y BORO EN EL CULTIVO DE GIRASOL	34
TABLA 4. RENDIMIENTO (KG/HA) Y PESO DE MIL SEMILLAS (G) DE GIRASOL CON APLICACIÓN FOLIAR DE BORO (T1) EN COMPARACIÓN CON EL TESTIGO SIN FERTILIZAR (T0). [PRUEBA "t" DE MUESTRAS APAREADAS, $p < 0,05$]	37
TABLA 5. PESO DE SEMILLAS (G) DE GIRASOL PARA LOS DISTINTOS CALIBRES SEPARADOS EN LAS MUESTRAS, PARA DOS TRATAMIENTOS: A) T0= TESTIGO SIN FERTILIZAR // B) T1= CON APLICACIÓN FOLIAR DE BORO.....	37
TABLA 6. PRUEBA "t" DE MUESTRAS APAREADAS PARA LOS DISTINTOS CALIBRES Y DESCARTE.....	38

Lista de Figuras

FIGURA 1. UBICACIÓN DE LOS TRATAMIENTOS Y SUS REPETICIONES EN EL LOTE DE PRODUCCIÓN.....	23
FIGURA 2. DIAGRAMA DE LA RELACIÓN DE SIEMBRA DE 6 SURCOS DE PARENTAL HEMBRA Y DOS SURCOS DE MACHO (EL CÍRCULO CORRESPONDE A LA SUPERFICIE DEMARCADA POR EL PIVOT DE RIEGO).	24
FIGURA 3. SECUENCIA DE ZARANDAS Y SUS TAMAÑOS PARA OBTENER CADA CALIBRE.....	27
FIGURA 4. VALORES DE TEMPERATURA CORRESPONDIENTES AL PERÍODO DE ENSAYO (CAMPAÑA 2015-2016), ...	28
FIGURA 5. DATOS CLIMÁTICOS DE PRECIPITACIONES DURANTE LA CAMPAÑA 2015-2016, RESPECTO DE VALORES PROMEDIO (10 AÑOS).....	29
FIGURA 6. PORCENTAJES CORRESPONDIENTES A LOS DISTINTOS GRADOS PRODUCTO DEL CALIBRADO DE LAS MUESTRAS DE GIRASOL PARA AMBOS TRATAMIENTOS.....	32
FIGURA 7. MAPA DE LAS ÁREAS DE PRODUCCIÓN DE GIRASOL PARA SEMILLA EN LA ARGENTINA.	34
FIGURA 8. A) UBICACIÓN SATELITAL Y B) PLANO DEL ESTABLECIMIENTO DONDE SE REALIZÓ EN ENSAYO.	35
FIGURA 9. ESCALA FENOLÓGICA PARA GIRASOL. MOMENTOS DE DETERMINACIÓN DE LOS COMPONENTES DE RENDIMIENTO.	36
FIGURA 10. CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA PROMEDIO DE LOS ÚLTIMOS 10 AÑOS (2004-2014).	36

INTRODUCCIÓN

Origen e historia

El girasol (*Helianthus annuus* L.) tiene una antigüedad aproximada de 5.000 años, y su evolución y domesticación se produjeron en el norte de México y el centro-sur de EE.UU. – Arizona y Nuevo México. Algunos arqueólogos sugieren que el girasol se pudo haber cultivado antes que el maíz. En la lengua de los aztecas el vocablo “*acahual*” se utilizaba para nombrar al girasol (*Botanical On Line*, 2016).

Fue llevado a Europa a comienzos del siglo XVI por los españoles y desde allí se extendió prácticamente por todo el mundo, aunque la comercialización comenzó en Rusia. En un principio la planta atrajo por sus enormes flores y llegó a ser un cultivo extenso en Europa occidental como elemento ornamental; fueron desarrolladas también algunas aplicaciones medicinales. Recién para la segunda mitad del siglo XIX datos históricos revelan que los cultivos se generaban para obtener producción de aceite. Existe el registro de una patente para una máquina exprimidora de aceite de semilla de girasol en Inglaterra antes de 1.716. (*National Sunflower Association*, 2016).

El regreso del cultivo a América se produjo por dos rutas, una formal a los Estados Unidos, y la otra, a la Argentina, de manera informal, en el equipaje de los inmigrantes que llegaron al puerto de Buenos Aires, dispuestos a colonizar las pampas. En Estados Unidos, hacia finales del siglo XIX, las semillas de origen ruso se destinaron en primera instancia a la alimentación de aves de corral. Recién en el siglo XX comenzó la producción de aceite de girasol y su comercialización en Estados Unidos y Canadá. En los años 70 se inició la tarea de mejora por medio de hibridaciones para obtener mayor calidad de aceite y mayor resistencia a las diferentes enfermedades. El cultivo de girasol se extendió en Estados Unidos de tal manera que reemplazaron al mercado ruso en la provisión de la demanda europea de aceite de girasol (Schneiter, 1997).

El cultivo en la Argentina

La difusión del girasol como cultivo en la Argentina comenzó a partir de 1900, en forma casi simultánea en el oeste de la Provincia de Buenos Aires y en la Provincia de Entre Ríos en manos de agricultores inmigrantes, en su mayoría colonos de origen hebreo, afincados

en las provincias de Entre Ríos, Santa Fe y Buenos Aires, quienes realizaron las primeras introducciones de semilla para consumo propio.

La evolución del cultivo de girasol en la Argentina puede dividirse en etapas o períodos bien definidos (Asagir, 2008):

- Cultivo pre-industrial, fines del s. XIX y principios del XX
- Gran expansión, entre 1930 y 1950
- Crisis en la década del 50 - Recuperación, entre 1960 y 1975
- Difusión de híbridos, a partir de 1975
- Re-localización del cultivo, a partir de 2000

En la primera etapa fue un cultivo de consumo familiar, sin propósito comercial, utilizado, como en otros ámbitos, como planta ornamental o de jardín y como alimento de aves.

A mediados de la década del 30, destacados técnicos argentinos comenzaron la tarea fitogenética, logrando variedades con mayor rendimiento aceitero que las disponibles hasta entonces. A partir de 1930 tuvo lugar la gran expansión como cultivo oleaginoso, desde la primera información estadística oficial de área sembrada para la campaña 28/29 con 400 ha, hasta un récord de superficie sembrada con 1.800.000 ha en la campaña 48/49.

En 1950, la exportación de 103.000 t de aceite marcó un hito clave y se estaban realizando desde unos años antes, cruzamientos con especies silvestres emparentadas a fin de lograr resistencia a enfermedades y aumentos en el rendimiento de aceite. Algunos altibajos entre los años 1950 y 1960, causados por factores económicos y sanitarios, marcaron un período de crisis cuya recuperación vino de la mano del aporte del mejoramiento genético. Los cultivares originales fueron cruzándose naturalmente dando lugar a poblaciones con gran variación en ciclo, color y forma de semilla, del blanco al negro e intermedios estriados. En 1958 aparecieron las primeras Normas de Comercialización.

El descubrimiento de la androesterilidad genética en 1969 (Leclerk) y la androesterilidad citoplásmica en 1970 (Kinman), hicieron posible la producción y difusión de los primeros híbridos en escala comercial, dando lugar a un vertiginoso desarrollo de los mismos a partir de 1975.

En la década del 80, en una conjunción de mejora genética y disponibilidad y adopción de tecnología, las estadísticas muestran un importante aumento de producción por unidad de superficie (11,2 qq/ha). La demanda del cultivo fue en aumento, alcanzando un área

de más de 3 millones de hectáreas en la campaña 1994/95, nivel que se sostuvo y aún trepó casi un 20%, totalizando 3,6 millones de hectáreas en 1997/1998 (Duarte *et al.*, 2004).

Desde el año 2000 a la actualidad, la superficie sembrada de girasol se vio disminuida y desplazada hacia zonas de menor potencial productivo debido al proceso de “sojización”. Dicho fenómeno, sumado a los precios poco alentadores del *commodity*, trajo aparejada una inestabilidad en la producción comercial de girasol. Esta situación se fue acrecentando desde el 2009 a la actualidad, con la implementación de las retenciones.

Zonas de producción

En la Argentina el cultivo se extiende entre los 24 y 38 grados de longitud sur, abarcando una amplia gama de ambientes, desde el sudeste de la región Pampeana hasta la región Chaqueña, extendiendo su utilización fuera del país al sur de Bolivia, Brasil y Uruguay.

Cada una de las zonas de producción tiene condiciones agroclimáticas diferentes, determinando así la superficie sembrada y su potencial de rendimiento. La zona de mayor área es el Sudeste Bonaerense (SE), con un 36%, le sigue Sudoeste Bonaerense (SO) - Este de La Pampa (LP) con un 33%, en el tercer lugar está el Noroeste Argentino (NEA) con un 12%, Norte de la Pampa (LP) - Oeste de Buenos Aires (OBA) con un 9%, completando el resto de las hectáreas en la zona centro, entre Sur de Córdoba y Santa Fe y Noroeste de Buenos Aires.

La producción alcanzada a nivel nacional en el ciclo 2014/15, con una superficie sembrada de 1.300.000 hectáreas, se encuentra un 19 % por sobre la obtenida durante la pasada campaña (2013/14 = 2,3 millones de t) y el rinde promedio (22,2 qq /ha) resulta el más alto de las últimas diez campañas, donde el rendimiento promedio fue de 17,6 qq/ha y la superficie sembrada tuvo un pico máximo en 2007/08 con 2.600.000 de hectáreas y un mínimo de 1.200.000 hectáreas (Bolsa de Cereales, 2016). Las regiones que mayor volumen aportaron durante la recolección de este cultivo fueron el Sudeste de Buenos Aires con el 34% y el Sudoeste de Buenos Aires – Sur de La Pampa con el 30%. De esta forma, el sur bonaerense aportó el 64% de la producción nacional y ello se debe a que estas zonas participaron con un 62% de la superficie implantada durante la campaña (*Agrofy News*, 2015).

El cultivo de girasol ha cobrado mayor relevancia en la alimentación mundial con el paso de los años debido a sus múltiples usos: consumo directo como aceite comestible, alimentación animal en forma de harinas, *pellets* y *expeler* y bioenergía como biodiesel. La

demanda mundial de alimentos motivó a la industria semillera a realizar mejoramientos genéticos y aplicación de biotecnología para obtener híbridos con mayor potencial de rendimiento. Esto, sumado a las mejoras en los manejos agronómicos como fertilización, elección de cultivares, variación en las fechas de siembra, llevó a una producción más eficiente, tanto de semillas como del *commodity*.

Un sector fundamental relacionado con la producción de girasol en Argentina es el sector de la industria de semillas. Dicho sector ha crecido y desarrollado su producción de semilla híbrida gracias al mejoramiento genético y la investigación, la obtención de líneas endocriadas seleccionadas por su plasticidad, potencial de rendimiento y características agronómicas de alta tecnología, con adaptación a distintas zonas de producción por su tolerancia a enfermedades, resistencia a herbicidas, etc. Todo esto, junto con las condiciones agroclimáticas de nuestro país, la utilización de nuevos agroquímicos y la implementación del riego, tanto por pivot como por surcos, permitió explorar distintas zonas específicamente para la producción de semilla.

Actualmente una de las zonas de mayor importancia para la producción de semilla de girasol es la de Pedro Luro-Villalonga (Anexo-1, Fig.7). La misma cuenta con riego (por surcos) utilizando el agua del río Colorado; en un 99% se realiza labranza convencional y es una zona en la que se obtiene un alto potencial de rendimiento debido a sus condiciones agroclimáticas (alta heliofanía, clima seco y riego). Es por ello que se han instalado allí las más importantes compañías semilleras.

El Sudoeste Bonaerense (Cnel. Pringles, Cnel. Suárez y Guaminí) es la segunda zona en importancia para la producción de semilla de girasol. La misma cuenta con un régimen de lluvias de los 600-700 mm anuales, más la posibilidad de riego por pivot; la implantación del cultivo se hace mediante siembra directa. Su clima seco propicia una baja proliferación de enfermedades e insectos y su ubicación geográfica es clave debido a la poca distancia (entre 300-500 km) hasta el emplazamiento de las plantas de procesamiento de semilla.

Con menor importancia se encuentran la zona de Mendoza (Valle de Uco y Rivadavia), Viedma y el Sudeste Bonaerense. Las dos primeras son muy similares en características agroclimáticas, de clima seco, alta heliofanía, en su mayor parte se riegan por pivot utilizando agua de río, con muy buenas condiciones sanitarias para el cultivo.

El sudeste es de clima húmedo debido a las precipitaciones anuales (850-1000 mm); es frecuente encontrar algunos lotes de producción en secano. Debido a las altas precipitaciones

estivales y elevada humedad relativa es un ambiente propicio para el desarrollo de enfermedades como *Verticillium* y *Sclerotinia sclerotiorum* (Calviño, 2004). Es por ello que es importante en esta zona no demorar la fecha de siembra más allá de mediados de octubre en aquellos lotes destinados a la producción de semilla.

Androesterilidad y producción de híbridos

Dos mecanismos básicos hacen que la planta de girasol sea una planta alógama, es decir de fecundación cruzada. Por un lado, la discordancia entre la maduración de pistilos y estambres (protandria) y por otro, la existencia de un sistema genético de autoincompatibilidad. Estos dos mecanismos, y en especial este último, determinan que el nivel de autofecundación sea diferente en cada genotipo y por lo tanto exista una graduación que va desde la completa autoincompatibilidad hasta el 100% de autofertilidad.

Siendo alógama, se propicia el mayor aprovechamiento posible de la heterosis a través de la obtención de semilla híbrida. Esta heterosis o vigor híbrido, se define como la superioridad, por encima de sus padres y de la población original, del híbrido obtenido por el cruzamiento de dos líneas consanguíneas entre sí, una actuando como macho y otra que cumple la función de hembra.

La efectividad de la utilización de la heterosis se consigue a través del triple proceso de:

- selección de plantas individuales en poblaciones de polinización libre con determinadas características agronómicas de interés (resistencia a enfermedades, potencial de rendimiento, comportamiento al vuelco, etc).
- obtención y mejora de líneas consanguíneas, obtenidas por autofecundación de las anteriores.
- selección por aptitud combinatoria de las líneas consanguíneas que den las mejores combinaciones híbridas.

Como consecuencia de este triple proceso no puede obtenerse ningún genotipo que, teóricamente al menos, no estuviera presente en la población original; pero lo que sí se consigue es aumentar la proporción de genotipos favorables (Ramírez, 2006).

El propósito de la endogamia es el desarrollo de genotipos que se puedan mantener a través de múltiples generaciones para la producción de semilla. En especies alógamas los genotipos homocigotos se pueden producir rápidamente, pero su rendimiento es menor que el

de los cultivares híbridos que se usan para producción comercial. Autofecundaciones sucesivas harán surgir homocigotos recesivos para muchos genes deletéreos, por lo que los individuos serán cada vez más débiles, menos fértiles y las líneas más difíciles de mantener (Contreras Rojas, 2007). Este fenómeno de reducción del valor fenotípico expresado por los caracteres relacionados con la capacidad reproductiva o eficiencia fisiológica, se denomina depresión endogámica. En la práctica se han observado reducciones en la producción de semillas, la fertilidad del polen, la tasa de crecimiento, el tamaño y vigor de las plantas, mayor susceptibilidad al ataque de las plagas, y otros eventos depresivos en diversos caracteres (Allard, 1960; Hallauer & Miranda Filho, 1988). La intensidad del efecto depresivo varía en cada población. También se espera que varíe dentro de las poblaciones, esto es, que genotipos de una población tengan diferentes valores fenotípicos medios, como producto de endogamia.

El girasol se cuenta entre las especies alógamas bastante tolerantes a la autofecundación. En esta especie, el número de individuos anormales recesivos debidos la autofecundación parece ser algo inferior que en otras como el maíz. A veces se encuentran después de varias generaciones de autofecundación algunas líneas tan vigorosas o casi tan vigorosas como las variedades de polinización abierta de que proceden (Allard, 1960).

La producción eficiente de semilla híbrida – actualmente la totalidad de la producida para girasol – ha sido posible a partir del descubrimiento de la androesterilidad citoplásmica (CMS) PET1 (Leclercq, 1969) y de la restauración genética de la fertilidad del polen.

Para obtener híbridos por esta vía es necesario el cruzamiento entre dos líneas progenitoras, un parental polinizador (macho) y un parental sin producción de polen por androesterilidad génico-citoplasmática, que funcionará como hembra.

Dicha hembra, también llamada “línea madre”, sin genes de restauración en su núcleo, se obtiene previamente por cruzamiento con un material que transfiera al genotipo elegido la condición de citoplasma estéril, y se mantiene por cruzamiento con el mismo material inicial (de idéntico genotipo, sin genes nucleares de restauración pero con citoplasma normal), denominado ahora “línea mantenedora B”.

Para la obtención de la semilla híbrida se requiere un macho polinizador con genes nucleares que restauren la fertilidad del citoplasma materno, de manera que la F1 resultante, que hereda dicho citoplasma, produzca semilla viable (Ramírez, 2006).

Para asegurar la polinización, surcos de las plantas de las líneas macho se intercalan en la siembra con otros surcos de plantas madres, en distintas proporciones en función de la capacidad de producción de polen del progenitor paterno.

Para que se realice la fecundación del parental hembra, es necesario que el polen del macho, de peso excesivo para ser transportado por el viento (como en el caso del maíz, por ej.), sea llevado por insectos polinizadores (polinización entomófila), en particular por abejas en un 97/98%. En el otro 2-3% intervienen insectos menores como Dípteros e Himenópteros.

En días nublados o con lluvia el proceso de fecundación se detiene hasta 2 ó 3 días; luego continúa, pero como no hay insectos o estos disminuyen, dicho proceso se ve muy comprometido, afectando la futura producción de frutos. Para asegurarse una buena polinización se recomienda disponer de 2 a 3 colmenas/ha como cantidad mínima para asegurar producción de semilla híbrida.

Las colmenas deben estar distribuidas a lo largo del lote en grupos de 10-12, a una distancia de 200 metros entre grupos y en diferentes direcciones. Es necesario llevarlas al cultivo, no más allá de cuando se esté produciendo un 5% de floración para no perder ocasión de polinizar, pero tampoco mucho antes, ya que las abejas pueden buscar otras flores (ej. flores del eucalipto y de crucíferas). La capacidad polinizadora, disminuye a partir de los 300/400 metros de la colmena. (Díaz Zorita y Duarte, 2002; Comunicación interna [SYT¹](#))

Nutrición mineral

La nutrición de las líneas endocriadas de girasol es un punto relevante a tener en cuenta. La mayor parte de la información sobre la respuesta del cultivo a la fertilización proviene de las zonas más importantes para la producción de girasol comercial en la Argentina - el sur y el oeste de la Región Pampeana- a las que, como ya se mencionara, corresponde más del 75% de la superficie cultivada (SAGPYA, 2005).

Los nutrientes que más frecuentemente limitan los rendimientos del cultivo de girasol son el nitrógeno y el fósforo (Anexo-2, Tabla 3). La demanda de nutrientes del cultivo depende de su crecimiento y rendimiento.

Las líneas parentales son muy sensibles a la deficiencia tanto de micro como de macro nutrientes, es por ello que se utilizan en forma habitual fertilizantes, como por ejemplo urea,

SYT (Protocolos internos del área de Producción a Campo)

fosfato diamónico, fosfato monoamónico en dosis importantes y además, se complementan con aplicaciones para el aporte de micronutrientes como boro, calcio, etc. en determinadas circunstancias.

El boro en la vida vegetal es necesario (Anexo-2, Tabla 3) para la producción de ácidos nucleicos, la producción de hormonas y la translocación de azúcares por floema. Es esencial para mantener la integridad de las membranas, la viabilidad del polen y el desarrollo de flores y frutos. Este micronutriente es poco móvil dentro de la planta, acrecentándose los síntomas de su deficiencia en hojas y tejidos jóvenes, donde provoca mal formaciones y muerte (Yara, 2012).

La falta de boro en el cultivo de girasol interfiere en la división celular, produce anormal desarrollo y expansión de cotiledones y raíces, deformaciones de hojas, mal llenado de granos, rotura de tallos y caída de capítulos (ASAGIR, 2005; Balboa *et al*, 2010).

Dicho oligoelemento es clave en los procesos reproductivos y de formación de granos; la carencia del mismo limita los procesos de floración, fecundación y cuajado, reduciendo los rendimientos en proporciones variables según la importancia de la carencia (Manzano, 1985).

La floración es el período en que comienzan a manifestarse los primeros síntomas, produciéndose una floración irregular en el caso de plantas afectadas. Los capítulos casi no llegan a abrirse, y si lo hacen, los pétalos tienen apariencia de estar arrugados y secos. Muchos de ellos se caen prematuramente. Si el proceso no es muy acentuado y la floración continúa, muchos de los capítulos afectados quedan deformados y pequeños.

Si la falta de boro se manifiesta más tardíamente, una vez que la floración se ha desarrollado con normalidad, el capítulo puede llegar a tener apariencia normal, e incluso un buen diámetro, pero sí habrá fallos en el cuajado de los granos, produciéndose semilla vana en algunos sectores del capítulo.

La ocurrencia de deficiencias de boro está íntimamente relacionada con la textura del suelo, el nivel de materia orgánica (MO) y la disponibilidad de agua, debido a que el movimiento de dicho micronutriente se produce por flujo masal. Aquellos suelos de textura más arenosa y con menor contenido de MO están menos provistos de boro (Shorrocks, 1997). Las deficiencias de boro dependen no solo de la disponibilidad de este elemento en el suelo, sino también de la ocurrencia de situaciones extremas de temperatura y estreses hídricos que alteran su normal provisión a las plantas (Glas, 1988).

Rendimiento

El rendimiento en cereales y oleaginosas se define básicamente a partir de dos variables, que son el número de granos y el peso de los mismos. En girasol, uno de los cultivos de verano más importantes en la Argentina, el rendimiento varía ampliamente debido factores bióticos y abióticos del ambiente. Los períodos de daño causado por cualquier estrés que resultan más críticos son la floración y llenado de grano (Chimenti y Hall, 1992).

El número de granos por unidad de superficie, principal determinante del rendimiento, es el componente que presenta mayor variación ante distintos ambientes. La ventana crítica para la definición de dicha variable abarca desde aproximadamente 30 días antes y hasta 20 días después de antesis. En condiciones hídricas y nutricionales no limitantes, la temperatura y la radiación son los factores más importantes que afectan la definición del número de granos (Chimenti y Hall, 2001).

Las altas temperaturas disminuyen la duración de la fase en la que se diferencian las flores en el capítulo, por lo tanto el número potencial de flores resultante es menor. Las bajas temperaturas aumentan el número de flores diferenciadas, pero inducen su menor funcionalidad posterior.

La radiación afecta al número de granos en forma más crítica en el momento de formación de flores (antes de iniciación floral), reduciendo la tasa fotosintética y produciendo como consecuencia menor cantidad de fotoasimilados destinados a los futuros granos.

La otra componente del rendimiento es el peso de los granos. Este no varía tanto como el número, pero sí es importante destacar que los cambios en el peso tienen mayor importancia relativa que en otras especies como trigo y maíz (de la Fuente *et al*, 2006). La temperatura influye sobre el peso final del embrión, componente principal de la semilla, modificando tanto la duración de la fase (en días) como la tasa de llenado activo del embrión.

La menor oferta de radiación en los 15 días previos a antesis media, afecta el peso de los granos, aun cuando los suministros de radiación, agua y nitrógeno aumenten en antesis. Esto significa que un estrés previo a la fase de llenado puede reducir su peso final (Aguirrezábal, 2003).

Para explorar el potencial de producción se han llevado a cabo ensayos con distintos tipos de fertilización. Se obtuvieron respuestas positivas a la fertilización con boro en rendimiento de girasol en suelos mal provistos o con bajos niveles de materia orgánica. En aquellos lotes de producción donde la oferta de macronutrientes satisface la demanda del

cultivo, el efecto de los micronutrientes puede producir diferencias interesantes. En la región pampeana se han descripto aumentos medios del 20% (Ratto y Diggs, 1990) y de hasta el 33% en la producción en el oeste bonaerense con aplicaciones foliares de boro en etapas vegetativas (Díaz Zorita y Duarte, 1998).

El girasol es uno de los cultivos más sensibles a la deficiencia de boro. Se ha obtenido respuesta a aplicaciones de boro en ensayos de híbridos comerciales de girasol en la zona de La Pampa (Calleti y Vázquez Amábile, 2002). Estos trabajos fueron realizados siempre sobre híbridos comerciales y no sobre líneas endocriadas. Sería conveniente conocer si existen respuestas a la fertilización con boro en líneas progenitoras, dado que experimentos preliminares internos de nuestro equipo de trabajo, indicarían que la fertilización con boro también aumenta el rendimiento de semillas de líneas endocriadas de girasol y favorece la proporción de semilla de mayor tamaño (calibre), aunque se carece de información concreta y sistematizada acerca de este último tema.

Calibre de la semilla

La clasificación de semillas por calibre – “gradeo” en lenguaje coloquial - consiste en agrupar las semillas en grados, de acuerdo con su peso y medida, tanto de largo como de ancho, obteniendo homogeneidad de producto, emergencia uniforme del cultivo y un mejor manejo agronómico. Dicha tarea se realiza junto con la limpieza del lote de semillas y constituye una etapa muy importante en el procesamiento, que tiene por finalidad eliminar en su totalidad las impurezas que acompañan a los lotes provenientes de los campos, uniformando y mejorando su calidad, independientemente de sus características genéticas. En este proceso se entiende por impurezas no solamente las semillas de malezas o de cultivos contaminantes, sino también las semillas anormales del propio cultivo (pequeñas, chuzas, quebradas, enfermas), así como granza, pajas, restos vegetales en general, insectos, tierra, arena, etc. (Morant, Miranda y Salomón, 2004).

Al clasificar la semilla por tamaño, se obtienen seis grados distintos [que van desde el grado 0 (de mayor peso y tamaño) al grado 3M], y el descarte, que resulta del material restante por encima del grado más grande y por debajo del grado más chico.

En la industria de la semilla, el calibrado o gradeo es un aspecto muy importante para la comercialización, y resulta determinante para el área de producción la obtención de determinados calibres, para obtener un mayor margen de ganancia (Mckee, 1963). En el área

de mejoramiento genético y desarrollo de las líneas endocriadas, es tan importante que el parental obtenido por el mejorador tenga un alto potencial de rendimiento y buen comportamiento a enfermedades, como también un buen gradeo y un bajo porcentaje de descarte.

Los calibres de mayor tamaño son de interés y demanda por parte de los productores debido a que la semilla tiene más cantidad de reservas para germinar y facilidad para realizar siembras uniformes, tanto en planteos de siembra neumática como de placa.

Dentro de las medidas de manejo técnico que se pueden implementar para obtener cambios en la proporción de los calibres está la posibilidad de producir variaciones en la densidad del parental hembra. El área de Production, Processing and Technology de Syngenta, ha llevado a cabo ensayos de densidad con la hembra progenitora del material SYN4070CL, en los que se evaluaron los calibres y el rendimiento (kg/ha) con cuatro tratamientos, 35.000 plantas/ha, 50.000 plantas/ha, 65.000 plantas/ha y 80.000 plantas/ha. Entre el tratamiento de menor stand de plantas al mayor, hubo un aumento en un 18% de los calibres G3L y G3M en el de mayor densidad, en detrimento de los calibres G1 y G2 (Syngenta, Comunicación personal²). Sobre la base de esta información, se decidió sembrar el parental hembra del híbrido SYN4070CL con una densidad objetivo de 65.000 pl/ha logradas en V3. Este híbrido tiene un alto potencial de rendimiento y gran importancia en cuanto a su superficie de producción dentro de la empresa que lo ha registrado. Se desconoce si su línea progenitora puede tener una respuesta favorable a la aplicación de boro, expresada en aspectos de calidad de semilla. Por esta razón se seleccionó este genotipo para la realización de la presente experiencia, en función de las siguientes hipótesis:

HIPÓTESIS:

La fertilización con boro podría aumentar el rendimiento, peso del grano y la proporción de los calibres de mayor tamaño de la semilla, como G0, G1E y G1 en la línea progenitora de girasol híbrido SYN4070CL.

² Trabajo llevado a cabo por el área de *Production, Processing and Technology* de Syngenta.

OBJETIVOS:

- 1) Determinar si la fertilización con boro produce variación en el rendimiento, peso de granos y calibre de semilla, en la línea progenitora del híbrido de girasol SYN4070CL.
- 2) Cuantificar dicha variación, si es que existe.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio Experimental

El ensayo se llevó a cabo en el Sudeste Bonaerense, en la localidad de Necochea (38° 28' 30" S - 58° 35' 08" O) (Anexo-3, Fig. 8a), en el establecimiento Amalur, que se encuentra a 7.000 metros del mar. Como características edafológicas se pueden destacar sus suelos formados por acumulaciones de sedimentos loéssicos pampeanos de un espesor considerable, apoyadas sobre una costra calcárea de extensión regional. Su aptitud es agrícola y se encuentra en un paisaje ligeramente ondulado de la "Subregión Pampa Interserrana", bien drenado, no alcalino y no salino, en posición de loma, con pendiente del 1 %. De acuerdo con la clasificación taxonómica se describe como un Argiudol típico, de textura limosa fina, mixta, muy profunda (Soil Taxonomy V., 1999).

Diseño experimental

Se sembró un lote de producción de 130 ha de superficie con la línea progenitora materna del híbrido de girasol SYN4070CL (75% de la superficie) y el parental masculino ocupó el 25% restante de la superficie. El sistema de riego utilizado fue pivot central, aunque no se aplicó ninguna lámina de riego en todo el ciclo del cultivo. Sobre dicho lote, se demarcaron parcelas de 14 m de ancho por 1.000 m de largo, que constituyeron las unidades experimentales de un diseño de muestras apareadas con dos tratamientos y seis repeticiones tal como se esquematiza en la figura 1. Para lograr una longitud uniforme en todas las repeticiones, se realizaron mediciones con GPS Garmin en cada una de ellas y la porción del cultivo que quedó por fuera de los 1.000 m de largo, fue considerada descartable y cosechada antes de comenzar a cosechar el ensayo.

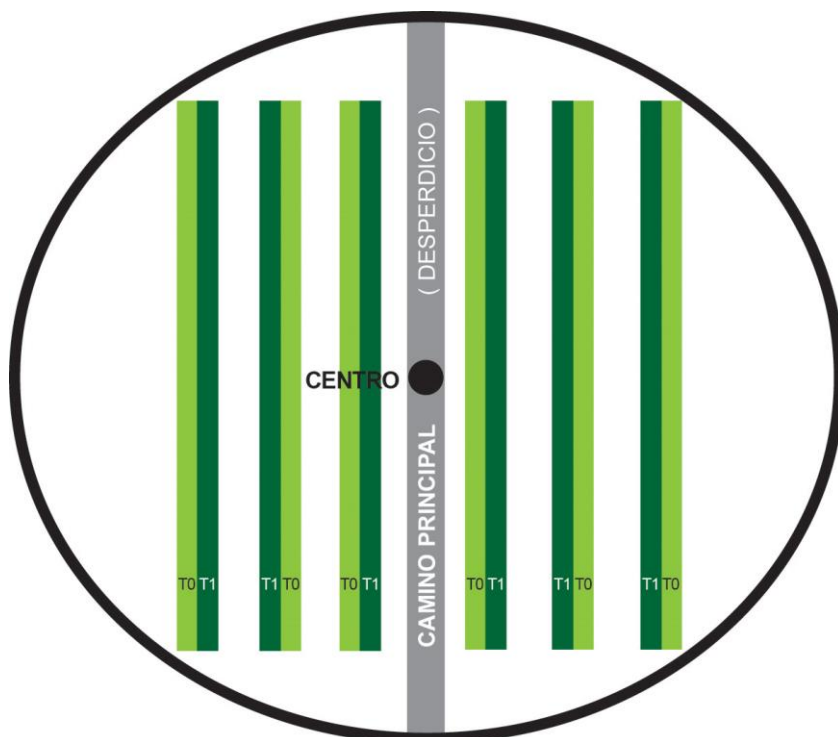


Figura 1. Ubicación de los tratamientos y sus repeticiones en el lote de producción.

Tratamientos

Se realizó una fertilización con una fuente de boro, contrastada con un testigo sin fertilizar. La dosis de fertilización fue de 1,5 litros/ha, aplicándose en forma foliar en cobertura total con una pulverizadora de arrastre autopropulsada, con un caldo de aplicación de 90 litros/ha.

T0: Testigo

T1: Boro *Stoller* (boro 10% como ácido bórico, 134g/l)

Manejo

Previo a la siembra se llevaron a cabo muestreos para el análisis de suelo, a 0-20 cm y 20-40 cm, para determinar: materia orgánica, pH, nitratos, sulfatos, fósforo extractable (método de Bray y Kurtz, 1945) y niveles de boro mediante el método micro-colorimétrico (Naftell, 1939).

La siembra del lote comenzó con la del primer macho el 18 de octubre y una segunda fecha - que correspondió a la siembra de la hembra y del segundo macho - el 28 de octubre. Las densidades utilizadas fueron: 78.064 semillas/ha para ambos machos y 76.160 semillas/ha para la hembra. Los recuentos de plantas logradas, realizados en el momento de crecimiento

vegetativo denominado V3-V4³ en las escalas fenológicas (Schneider y Miller,1981), arrojaron los siguientes valores: primer macho 53.150 plantas/ha, segundo macho 64.050 plantas/ha y hembra 63.740 plantas/ha. La relación de siembra fue de 6 surcos de hembra y 2 de machos - un surco para el sembrado en la primera fecha y otro surco para el sembrado en segunda instancia - (Fig. 2)

Los parentales se sembraron en forma directa con una sembradora neumática Agrometal TX, de 16 surcos a 52cm de distancia entre ellos, con fertilización debajo de la línea de siembra, en un lote donde los cultivos antecesores fueron trigo/soja. Debido a la alta cobertura la sembradora estuvo equipada con barre-rastrojos para lograr una mejor uniformidad de siembra y emergencia de plántulas.

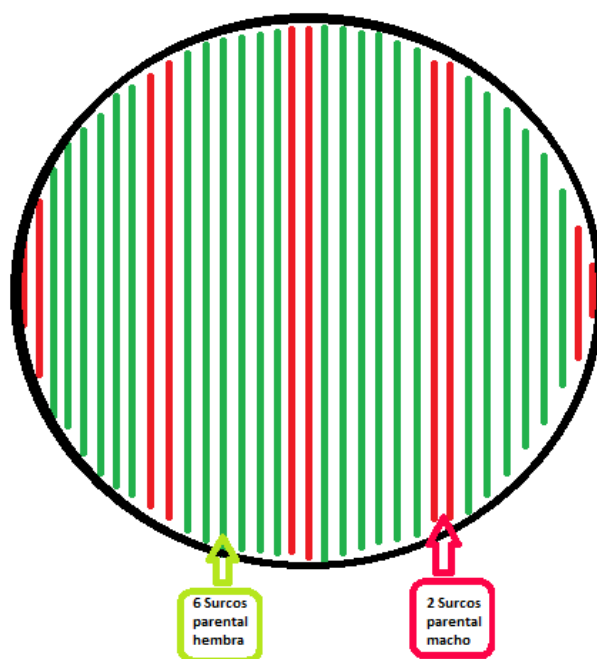


Figura 2. Diagrama de la relación de siembra de 6 surcos de parental hembra y dos surcos de macho (el círculo corresponde a la superficie demarcada por el pivot de riego). Fuente: área de Producción de Campo - Syngenta.

Para el control de malezas se realizaron controles en tres momentos: en barbecho (4 de setiembre), en preemergencia (26 de octubre) y en V4 (30 de noviembre). En el primer control se usó: Sulfosato (Glifosato a 62g) 2,84 l; King Lix (2,4D a 95g) 0,77 kg y Sandowet (alcohol

³ representa el número de hojas verdaderas de longitud superior a 4 cm

etoxilado 50%) 70cc. En preemergencia se utilizaron 1,2 l de Dual Gold (S-Metolacloro 96% p/v, 1,23 l de Rainbow (Flurocloridona al 25%), 2,6 l de Sulfosato (Glifosato a 62g) y 68 cc de Sandowet. En V4 se utilizó 600 g de Clearsol (imazapir 30,4g).

Respecto del control de insectos, contra babosas y bichos bolitas se utilizaron molusquicidas a dosis de marbete y en prefloración se realizó una aplicación aérea de 200 cm³/ha de Engeo (Tiametoxan 14,1% + lambda-Cihalotrina 10,6%) para control de chinche diminuta (*Nysius sp.*) y 500 cm³/ha de Amistar Top (Azoxistrobina 20% + Difenconazol 12,5%), para control de enfermedades.

Se aplicaron 90 kg/ha fosfato diamónico (DAP 18-46-0) a la siembra y 100 kg/ha urea (48-0-0) al voleo en preemergencia, aportando en total 64 kg de nitrógeno y 13,5 kg de fósforo como elemento. El criterio de fertilización estuvo basado en experiencias y protocolos que maneja el área de producción de semillas de Syngenta.

Se llevó a cabo el seguimiento fenológico del cultivo, realizando la aplicación de boro entre los estadios R2-R3 (Anexo-4, Fig. 9). Las aplicaciones foliares del fertilizante se realizaron el 27 de diciembre, cuando las condiciones ambientales se consideraron adecuadas: vientos menores a 10 km/h, humedad relativa del 81% y 27 °C de temperatura, según datos proporcionados por la estación meteorológica del establecimiento.

Para la polinización, se utilizaron tres colmenas por ha, y respecto de su distribución, se hicieron grupos de 12 colmenas cada 250 metros de distancia, quedando cada tratamiento con su repetición en iguales condiciones para la polinización, siendo estas no limitantes.

Previo a la floración del cultivo y durante la misma, se realizó la purificación del lote eliminando las plantas fuera de tipo, tanto para machos como para hembras. Dicha labor fue realizada por personal temporario contratado por Syngenta.

Una vez finalizada la polinización, se procedió a la destrucción de los machos, quedando en pie y cosechables solamente las plantas del parental hembra, procedimiento repetido para ambos tratamientos en sus seis repeticiones.

En el momento en que el cultivo alcanzó la madurez fisiológica (30% de humedad testada con Disckey John), se realizó el tratamiento con desecante, que consistió en la aplicación de 1,5 lts/ha de Gramoxone (20% p/v de ión Paraquat), con el fin de eliminar el follaje y anticipar la cosecha del grano.

Cosecha y muestreo

Se cosechó la totalidad de cada parcela utilizando una cosechadora axial CASE 8120, con cabezal girasolero. Una balanza ubicada en la monotolva autodescargable permitió pesar la semilla obtenida. De dicha monotolva se extrajeron muestras representativas y homogéneas de semillas utilizando un calador de silo bolsa de 2m. Se tomaron de 3 a 5 muestras simples aleatorizadas hasta obtener una muestra compuesta (bulk) de semilla de 0,8 kg aproximadamente, producto tomadas en la monotolva con el calador. Dicho muestreo se realizó en para cada una de las repeticiones de los dos tratamientos. Las muestras se dispusieron en bolsas de polietileno identificadas y rotuladas por medio de etiquetas; se cerraron con cinta con malla de tela y se remitieron al laboratorio para determinar las variables: Peso de mil semillas, Calibrado y Descarte. Las muestras se tomaron inmediatamente después de cosechada la semilla y en el plazo de diez días se realizaron las determinaciones en laboratorio.

Variables

Sobre cada uno de las muestras obtenidas, se midieron las siguientes variables

- Rendimiento: expresado en kg/ha. Se cosechó la totalidad de la parcela utilizando una cosechadora axial CASE 8120, con cabezal girasolero. Se pesó la semilla obtenida con una balanza ubicada en la monotolva autodescargable. Además se tomó humedad del grano en cada repetición de ambos tratamientos, con humidímetro de alta precisión (Disckey John), al momento de extraer las muestras de la monotolva para el análisis de laboratorio. Con esto, todos los valores de rendimiento obtenidos se corrigieron llevándolos a 10% de humedad y calculando sus mermas, de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\%Merma = \frac{(H_i - H_f) \times 100}{100 - H_f}$$

Donde:

Hi: humedad inicial: humedad tomada a campo

Hf: humedad final: humedad 10%

- Peso de mil semillas: en gramos. Se tomaron muestras al azar de cada una de las repeticiones de los dos tratamientos y se realizaron tres conteos de 500 semillas; se calculó

el promedio y se multiplicó por dos. Los pesajes se realizaron con balanza digital de precisión Aspen, división mínima: 1 g, peso máximo: 2 kg.

- Calibre: expresado en porcentaje. Muestras de 500 g del *bulk* de semillas de cada unidad experimental, homogeneizadas mediante cuarteadores, se hicieron pasar por zarandas con distinto tamaño de tajos: 7,5 mm en la zaranda superior y 4 mm en la inferior. La fracción de semilla aprovechable es la que quedó contenida entre ambas zarandas. Esta fracción de semilla aprovechable se hizo pasar a su vez por una secuencia de zarandas de distinta apertura de tajos, obteniéndose los calibres comerciales de acuerdo con el proceso de “gradeo” (*sizing*). Se registró el peso (g) de toda la semilla que quedó arriba de cada zaranda en su respectiva columna (G0, G1E, G1, G2, G3L, G3M). Todo lo existente por encima de 20/64” y debajo de 10/64” se consideró descarte, como se muestra en la figura 3.



CALIBRE	ZARANDA
Descarte	20/64"
G0	19/64"
G1E	17/64"
G1	16/64"
G2	14/64"
G3L	11/64"
G3M	10/64"
Descarte	

Figura 3. Secuencia de zarandas y sus tamaños para obtener cada calibre.
Fuente: Departamento de Production, Processing and Testing de Syngenta.

Análisis de datos

Con los datos correspondientes a todas las variables medidas, se calcularon los valores medios, los que se sometieron a las comparaciones por medio de la *t* de Student.

$$: t_0 = \frac{\bar{D}_o}{s_D / \sqrt{n}}$$

Donde:

1. “*t*₀” tiene probabilidad de ocurrencia en la tabla de distribución *t* de Student con n-1 grados de libertad.

2. \bar{D} es la diferencia promedio entre los valores promedio de cada tratamiento y para cada variable s.
3. s_D es la desviación estándar de los valores medios medias experimentales .
4. n es el tamaño de la muestra.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Sitio Experimental

Durante el período de ensayo (campaña 2015-2016) las temperaturas – tanto máximas como mínimas - no difirieron sustancialmente de los registros históricos (Fig. 4)

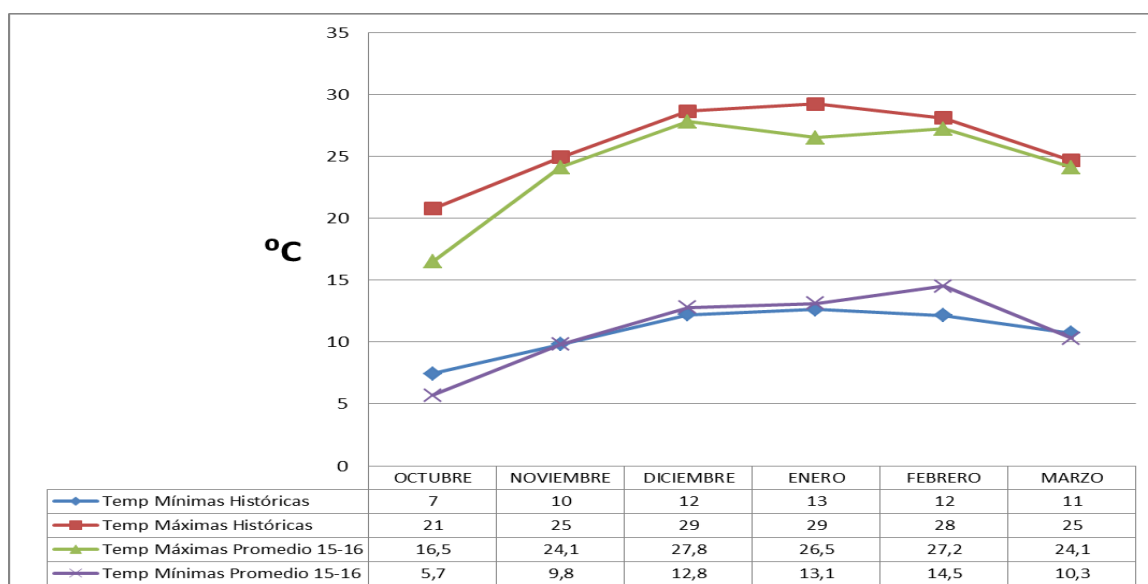


Figura 4. Valores de temperatura correspondientes al período de ensayo (campaña 2015-2016), en relación con los promedios históricos (2004-2015)

Las precipitaciones en cambio, fueron menores al promedio en todos los meses del ciclo del cultivo, salvo en el mes de febrero. A pesar de ello, no se realizaron riegos complementarios, es decir que el agua del cultivo provino solamente de las lluvias. En el mes de enero, cuando se produjo la floración, las lluvias fueron inferiores al promedio (Fig. 5), lo cual favoreció la actividad de las abejas durante la polinización, concretando un buen cuaje de granos.

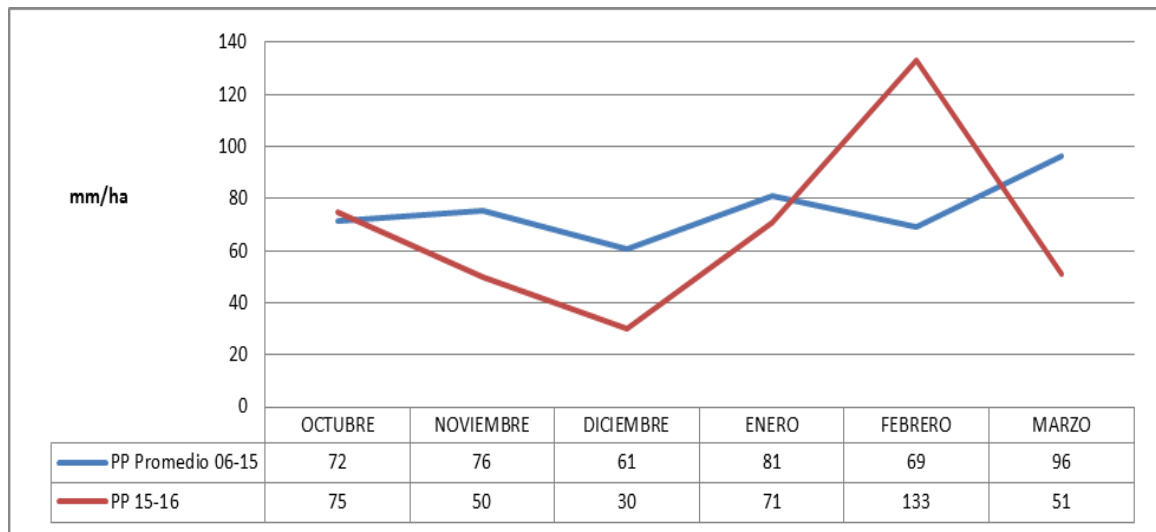


Figura 5. Datos climáticos de Precipitaciones durante la campaña 2015-2016, respecto de valores promedio (10 años).

Los resultados de los análisis de suelo realizados antes de la siembra permiten asumir que los suelos de los lotes utilizados son fértiles, con altos niveles de MO, boro y nitratos (Tabla 1).

Tabla 1. Resultados del análisis de suelo pre siembra.

Profundidad (cm)	P (ppm)	MO (%)	N-NO3 (ppm)	S-SO4 (ppm)	pH	B (ppm)
0-20	35,1	5.5	35	4.9	6	1
20-40			13			

Fuente: Laboratorio de Suelos Fertilab

El contenido de boro de un suelo puede concentrarse tanto en la superficie como en los horizontes inferiores del terreno, dependiendo de las condiciones del mismo. El nutriente es absorbido por las raíces a partir de la solución del suelo, principalmente como ácido bórico no disociado, como resultado de un proceso no metabólico pasivo (Hu y Brown, 1997). En estado soluble se concentra casi invariablemente en los horizontes superiores de los suelos con buen drenaje. Su solubilidad se reduce de manera muy notoria en los suelos en que el valor del pH se aleja del rango de 5-7. Pero si el suelo es arenoso, con buen drenaje, las pérdidas de boro por lixiviación suelen ser cuantiosas, comparando con suelos arcillosos, por lo que las carencias de este oligoelemento resultan más frecuentes en terrenos de textura gruesa y para aquellas plantas con sistemas radiculares superficiales.

Los altos contenidos de boro en el suelo tienen una fuerte correlación con los altos contenidos de MO (Elrashidi y O'Connor, 1982), siendo estos niveles del micronutriente producto del proceso de mineralización de la MO. Hay que tener en cuenta que si a esta condición se le suma una textura arcillosa se puede dar el proceso de adsorción, que no dejaría boro disponible para los primeros estadios de los cultivos (Yermiyaho *et al*, 1995). La disponibilidad del boro depende entonces del pH, la textura y la humedad del suelo. En este caso, la disponibilidad del boro, estuvo por encima del umbral crítico (0,5ppm) sugerido por Bradford (1966). En estas condiciones, se evaluó el efecto de la fertilización foliar con boro sobre las variables preestablecidas.

Variables

- Rendimiento

De acuerdo con la comparación de valores medios para rendimiento, la fertilización con boro en estadios avanzados del cultivo (R1-R2) no produjo incrementos significativos en el rendimiento ($p > 0,05$, Tabla 2).

Tabla 2. Rendimiento (kg/ha) y peso de mil semillas (g) de girasol con aplicación foliar de boro (T1) en comparación con el Testigo sin fertilizar (T0).

Variable	Valor medio		Valor t	Valor de probabilidad
	Test	Fert		
Rendimiento (kg/ha)	1315	1324	0,590	0,58 ns
P1000 (g)	82	89	2,360	0,065 ns

Con alto contenido inicial de boro en el suelo (1 ppm), las condiciones edáficas de los suelos argiudoles, de textura franco arcillosa, con niveles de fertilidad y MO altos (5,5%), cuya mineralización aporta boro, sumadas a las precipitaciones mayores a 350mm durante el ciclo del cultivo es esperable que no se detecten diferencias significativas en el rendimiento ante la fertilización foliar con dicho micronutriente. Galetti y Vázquez Amábile (2002) tampoco encontraron respuestas significativas en el rendimiento en híbridos comerciales de girasol aplicando boro en forma foliar en estadios avanzados (V20), cuando los niveles de disponibilidad en el suelo fueron de 0,8 a 1 ppm, en haplustoles énticos en la localidad de Gral. Pico-La Pampa, donde la MO y las lluvias son menores. Resultados similares obtuvieron García Lamothe y Quincke (2011) quienes, evaluando el efecto de la fertilización foliar en suelos del litoral suroeste de Uruguay con contenidos de 0,5 a 1,15 ppm de boro en

suelo, en estadios R1 sobre el rendimiento en grano de híbridos comerciales de girasol, tampoco encontraron diferencias significativas.

Por el contrario, Balboa *et al* (2010) tuvieron respuestas significativas en el rendimiento ante la fertilización con dicho micronutriente. El ensayo consistió en aplicaciones en los primeros estadios (V2-V3) sobre híbridos comerciales, en la zona de Río Cuarto – Córdoba, donde los suelos contienen mayor porcentaje de arena (mayor riesgo de lixiviación) y menores valores de MO (menor posibilidad de mineralización), aún con contenidos de boro de 0,92 a 1,13ppm.

- **Peso de mil semillas**

Al analizar el peso de la semilla, comparando entre ambos tratamientos tampoco arrojó diferencias significativas ($p > 0,05$ Tabla 3). Promediando los valores para ambos tratamientos sobre las seis repeticiones, el testigo tuvo un valor de 82 gramos comparado con T1 con 89 gramos. Al analizar los valores extremos, en ambas situaciones el valor mínimo fue de 80 gramos, mientras que el máximo fue de 100 gramos para el fertilizado y 90 gramos para el testigo.

Estos resultados eran esperables ya que, dentro de los componentes del rendimiento, el número de granos suele ser el componente que más se asocia con las variaciones del rinde, mientras que el peso de los granos resulta más estable. El peso está determinado por el genotipo y el ambiente. Según Satorre *et al* (2003), los factores ambientales que pueden llegar a afectar el peso de los granos reduciendo rendimientos son: un estrés hídrico durante el llenado de granos o disminuciones en la captación de la radiación, factores que podrían no haber incidido afectando la expresión del peso de granos durante la estación de crecimiento de este ensayo.

- **Calibre**

Para la industria de la semilla son de importancia aquellos grados de mayor tamaño (G0, G1 y G2), respecto de los de menor tamaño (G3 y G4), debido a su mayor valor comercial, lo que se traduce en la posibilidad de incrementar el ingreso por bolsa de semillas vendida.

Todas las diferencias calculadas entre los valores medios de cada calibre para ambos tratamientos resultaron no fueron significativas ($p > 0,05$, Anexo- 4, tabla 5 y 6). Tampoco se

podieron detectar diferencias significativas entre los tratamientos para los valores medios del descarte. A pesar de esta carencia de significancia, fue posible detectar algunas tendencias que resultan de interés. La primera de ellas es que se produce un aumento en el G0 ante la aplicación de boro, casi duplicando el valor del testigo (T1=1,05% versus T0= 0,53%, Fig. 6). La segunda resulta de la comparación de las fracciones de calibres mayores (G0, G1E y G1). Considerando los valores del conjunto de estos tres grados, se detectó que fueron casi 6% superiores en el tratamiento con fertilización.

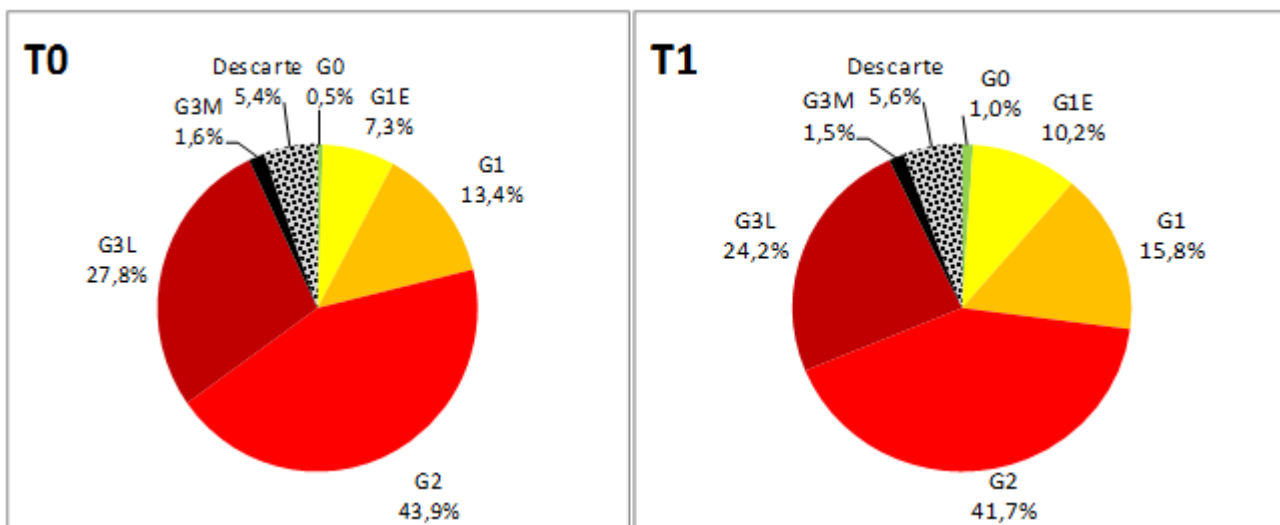


Figura 6. Porcentajes correspondientes a los distintos grados producto del calibrado de las muestras de girasol para ambos tratamientos.

Los grados de mayor tamaño tienen mayor cantidad de sustancias de reserva, por lo cual la calidad fisiológica (poder germinativo y vigor) suele ser óptima, logrando una emergencia uniforme, aún en condiciones adversas (bajas temperaturas o suelos de textura arcillosa). Estudios sobre el poder germinativo y vigor en girasol en relación con el tamaño de semilla, realizados por Brito de Oliveira et al. (2011) en Brasil, concluyeron que los calibres de menor grado tuvieron el menor porcentaje de plántulas normales, con semillas infectadas por hongos y muertas. Las semillas más grandes resultaron más vigorosas que las semillas más pequeñas. Además, cuando se utilizan sembradoras que no son neumáticas, semillas de mayor tamaño facilitan la elección de la placa, disminuyendo la posibilidad de daño mecánico en la siembra. Esto explica el interés que los grados G0, G1E y G1 despierta en los productores. Estas tendencias hacia el aumento de los calibres de mayor tamaño por aplicación de boro son muy interesantes para la industria semillera, ya que así aumenta la proporción de semillas de mayor valor comercial. De acuerdo con los resultados de este

experimento, parece difícil lograr cambios importantes en las proporciones de las fracciones de semilla de distinto calibre por medio de la fertilización con boro, frente a diferencias más notorias respecto del cambio en el tamaño de la semilla logradas con otros tipos de manejo agronómico, como la variación en la densidad de siembra. Cardinali et al., (1984) encontraron respuestas significativas en el tamaño del aquenio, siendo de casi el doble para el tratamiento con un stand de 10.000 plantas/ha comparado con un stand de 50.000 plantas/ha.

CONCLUSIONES

Para las condiciones de este ensayo, se puede concluir que:

- No se detectaron diferencias significativas para el rendimiento, peso de 1000 semillas y los distintos calibres estudiados entre los tratamientos con fertilización y sin ella.
- Fue posible obtener un 6% más de semillas con calibre superior cuando se fertilizó con boro.
- En los suelos del sudeste bonarerense y con niveles de boro de 1 ppm no se encontraron evidencias que la fertilización con boro impacte significativamente en los parámetros de rendimiento de producción de semilla de la línea progenitora del híbrido SYN4070CL en condiciones climáticas similares al promedio de los últimos 10 años.

Sin embargo, sería interesante comprobar y continuar evaluando la respuesta a la fertilización con boro en otras líneas progenitoras de importancia para la compañía, estudiar su comportamiento ante la aplicación de las fuentes ya evaluadas, y repetir la experiencia en otras zonas donde la empresa tiene lotes de producción, cuyos niveles de boro son más bajos, como Mendoza o Villalonga.

ANEXO

1. Áreas de Producción



Figura 7. Mapa de las áreas de producción de girasol para semilla en la Argentina.

2. Nutrición mineral

Tabla 3. Requerimiento y exportación de nitrógeno, fósforo y boro en el cultivo de girasol .

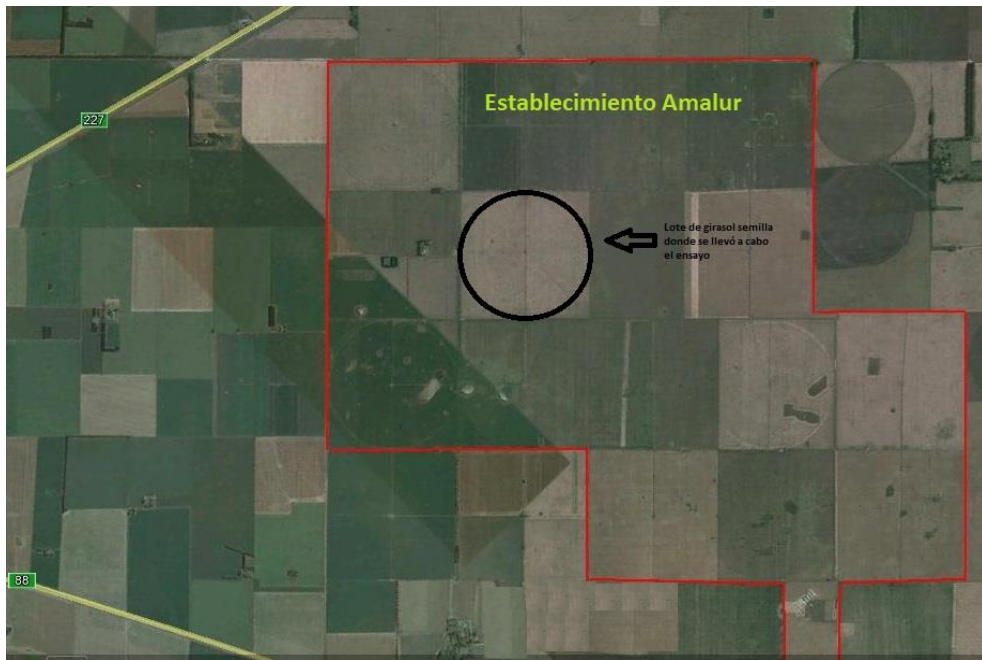
NUTRIENTE	REQUERIMIENTO (kg/t)	INDICE DE COSECHA	EXPORTACION (kg/t)
Nitrógeno	40	0,60	24
Fósforo	8	0,80	4
Boro	0,165	0,22	0,0363

Fuente: García, 1999.

3- Sitio experimental



a)



b)

Figura 8. a) Ubicación satelital y b) plano del establecimiento donde se realizó en ensayo.

4. Fenología

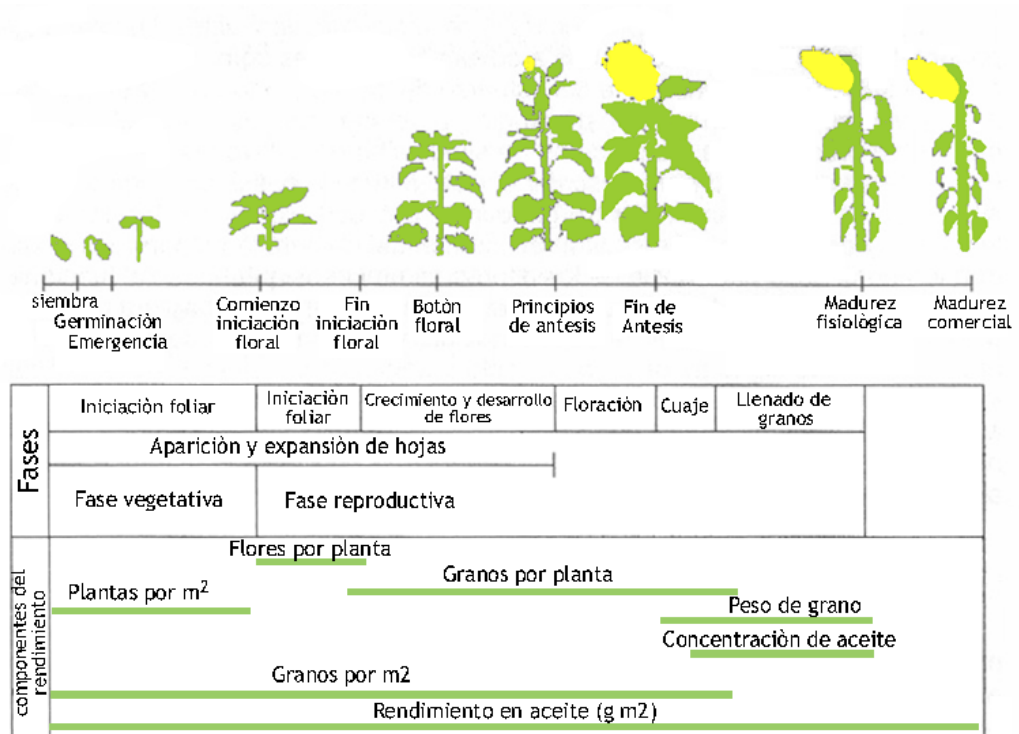


Figura 9. Escala fenológica para girasol. Momentos de determinación de los componentes de rendimiento.

5. Datos climáticos del sitio experimental.

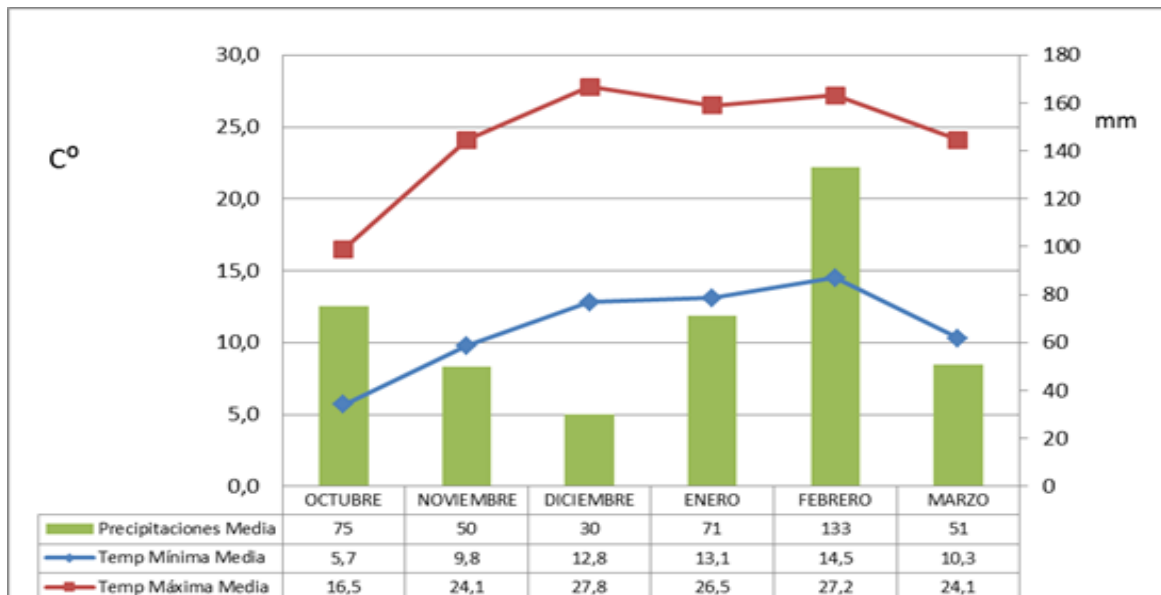


Figura 10. Caracterización climática promedio de los últimos 10 años (2004-2014).

Datos de precipitaciones, temperaturas máxima y mínima promedio.

Fuente: estación meteorológica de Syngenta.

6. Análisis Estadístico

Tabla 4. Rendimiento (kg/ha) y peso de mil semillas (g) de girasol con aplicación foliar de boro

TRATAMIENTO	T1		T0		diferencias		
	Rto	P1000	Rto	P1000		Rto	P1000
1	1265	100.00	1265	80		-0.84	20.00
2	1268	93.33	1281	80		-13.00	13.33
3	1379	83.33	1344	80		34.68	3.33
4	1372	90.00	1330	80		41.23	10.00
5	1370	80.00	1321	80		48.81	0.00
6	1294	90.00	1348	90		-53.81	0.00
Media	1315	82	1324	89	Media	9.51	7.78
Desvío	34	4	55	7	Desvío	39.52	8.07
CV%	2,6	5,0	4,1	8,0	Estad "t"	0.590 ns	2.360 ns
					p	0.5811	0.0648

(T1) en comparación con el Testigo sin fertilizar (T0). [Prueba "t" de muestras apareadas, $p < 0,05$]

Tabla 5. Peso de semillas (g) de girasol para los distintos calibres separados en las muestras, para dos tratamientos: a) T0= Testigo sin fertilizar // b) T1= con aplicación foliar de boro

a)	TRATAMIENTO T0					
REPET	G0	G1E	G1	G2	G3L	G3M
1	2	43	87	354	257	14
2	1	23	45	258	313	18
3	5	62	121	414	209	12
4	7	102	158	365	162	11
5	3	31	83	396	268	15
6	8	96	161	361	153	10
Media	8	75	116	305	177	11
Desvío	3.20	41.26	53.53	22.66	67.35	1.83
CV%	0.42	0.55	0.46	0.07	0.38	0.17

b)	TRATAMIENTO T1					
REPET	G0	G1E	G1	G2	G3L	G3M
1	10	125	186	320	121	9
2	10	92	140	300	135	9
3	8	58	92	322	232	13
4	6	50	97	331	164	11
5	2	14	33	279	286	13
6	10	108	148	279	125	10
Media	4	60	109	358	227	13
Desvío	2.80	33.35	45.84	54.14	63.25	2.94
CV%	0.65	0.56	0.42	0.15	0.28	0.22

Tabla 6. Prueba "t" de muestras apareadas para los distintos calibres y descarte
Diferencias

	G0	G1E	G1	G2	G3L	G3M	Descarte
	8.00	82.00	99.00	-34.00	-136.00	-5.00	14,00
	9.00	69.00	95.00	42.00	-178.00	-9.00	-2,00
	3.00	-4.00	-29.00	-92.00	23.00	1.00	-4,00
	-1.00	-52.00	-61.00	-34.00	2.00	0.00	-13,00
	-1.00	-17.00	-50.00	-117.00	18.00	-2.00	-16,00
	2.00	12.00	-13.00	-82.00	-28.00	0.00	2,00
med	3.33	15.00	6.83	-52.83	-49.83	-2.50	-3,17
desv	4.32	51.55	71.80	56.93	85.93	3.83	10,82
estad	1.890 ns	0.713 ns	0.233 ns	-2.273 ns	-1.421 ns	-1.597 ns	-0,717 ns
p	0.1174	0.5079	0.8249	0.0721	0.2147	0.1711	0,5053

BIBLIOGRAFÍA

- **Agrofy News. (2015).** Estado de cultivos en Argentina. Recuperado de: <http://news.agrofy.com.ar/noticia/148676/finalizo-cosecha-girasol>. Fecha de consulta: mayo de 2015.
- **Aguirrezábal, L, Lavaud, Y., Dosio, G., Izquierdo, N, Andrade, F y González, L. (2003).** Weight per seed and oil concentration in a sunflower hybrid are accounted for by intercepted solar radiation during a definite period of seed filling. *Crop Sci.*, 43 (1): 152-161.
- **Allard, R. (1960).** Principle of plant breeding. John Wiley and Sons Co. New York. p. 485-487.
- **ASAGIR (Asociación Argentina de Girasol) (2005)** 3er. Congreso Argentino de Girasol. Buenos Aires, 31/05/2005 al 01/06/2005.
- **ASAGIR (Asociación Argentina de Girasol) (2008).** Historia. El girasol en la Argentina. Recuperado de: <http://www.asagir.org.ar/asagir2008/historia.asp>. Fecha de consulta: 29/04/2016.
- **Balboa, G. R.; Espósito, G. P.; Castillo, C. & Balboa, R. (2010).** Estrategias de Fertilización con Boro en girasol. *Actas del XXII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo*. Rosario, Santa Fe, 31 de mayo al 4 de junio de 2010
- **Bolsa de Cereales (2016) Estimaciones Agrícolas-girasol 15/16. Informe pre campaña N° 12.** Recuperado de: <http://www.fyo.com/> . Fecha de consulta: 30/05/2016.
- **Botanical On Line.** (sin fecha) Propiedades medicinales del girasol. Recuperado de: <http://www.botanical-online.com/medicinalespropiedadesgirasol.html>. Fecha de consulta: 29/04/2016
- **Bradford, G. R. (1966).** Boron. En: Chapman HD. [Ed.]. Diagnostic criteria for plants and soil. Riverside : Univ. Calif.: 33 - 61.
- **Bray, R.H. y Kurtz, L.T. (1945).** Determination of total, organic and available forms of phosphorus in soil. *Soil Sci* 59: 39-45.
- **Brito de Oliveira, R.; Ranal M.; Cavalcante Lopez, F.; Dalossi Olivato, V. (2001).** Qualidade fisiológica de cipselas de girassol em função de largura e época de semeadura. *Revista Brasileira de Sementes* Vol. 33 No 3.
- **Caletti, M. J.; Vázquez-Amábile, G. (2002).** Evaluación del efecto de la fertilización con boro para híbridos de girasol en suelos Haplustoles Énticos de Gral. Pico, Departamento de Maracó, Prov. de La Pampa. *Revista de la Facultad de Agronomía*, v.22, n.1 :45-49.

- **Calviño, P. (2004).** El cultivo de girasol en siembra directa: Modelos de producción en el sudeste de Buenos Aires : 147-152.
- **Cardinali, F.; Orioli, G.; Pereyra, V. (1984).** Comportamiento de dos híbridos de girasol a ambientes de baja densidad de siembra. Estación Experimental Agropecuaria de INTA Balcarce.
- **Chimenti, C.; Hall, A. (1992).** Sensibilidad del número de frutos por capítulo de girasol (*Helianthus annuus* L.) a cambios en el nivel de radiación durante la ontogenia del cultivo. Actas XIX Reunión Argentina de Fisiología Vegetal. Huerta Grande, Córdoba: 27-28.
- **Chimenti, C.; Hall, A. (2001).** Grain number responses to temperature during floret differentiation in sunflower. *Field Crops Res.* 72: 177-184
- **Contreras Rojas, M. (2007).** Efecto de una generación de endogamia sobre caracteres vegetativos y productivos en yuca (*Manihot esculenta* Crantz). Universidad Nacional de Colombia – Escuela de Posgrado Sede Palmira.
- **De la Fuente, E.; Gil, A.; Gimenez, P.; Kantolic, A.; Lopez Pereira, M.; Ploschuk, E.; Sorlino, D.; Vilariño, M.; Wassner, D.; Windauer, L. (2006).** Cultivos industriales. Facultad de Agronomía-Universidad de Buenos Aires: 159-161.
- **Díaz Zorita, M.; Duarte, G.A. (1998).** Aplicaciones foliares de boro en girasol en el noroeste bonaerense. *Actas III Reunión Nacional de Oleaginosos.* Bahía Blanca. Buenos Aires. Argentina. : 123-124
- **Díaz Zorita, M. & Duarte, G.A. (2002).** Manual Práctico del Cultivo del Girasol. – Editorial Hemisferio Sur: 25-29.
- **Duarte, G.; González Montaner, J.; Lange, A.; Trasmonte, D.; Ducos, M.; Boutes, C.; Díaz-Zorita, M.; Calviño, P. (2004).** El cultivo del girasol en siembra directa. Argentina – Edición 2004. 17-23.
- **Elrashidi, M.A.; O'Connor, G.A. (1982).** Boron sorption and desorption in soils. *Soil Science Society of America Journal*, 46: 27 - 31.
- **García, F. (1999).** Planilla de cálculo para estimar requerimientos nutricionales de cultivos de grano y forrajeros. INPOFOS Cono Sur (PPI-PPIC). Disponible on line en <http://www.ipni.net/ppiweb/itams.nsf>.
- **García Lamothe, A.; Quincke, A. (2011).** Girasol: respuesta a la aplicación foliar de boro en suelos del litoral suroeste de Uruguay. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA), Estación Experimental La Estanzuela, Colonia 70000. Uruguay.

- **Glas, K. (1988)** Fertilizing for high yield and quality: Sunflower. *IPI-Bulletin No. 10*, 37pp.
- **Hallauer, A. and Miranda Filho J. (1988)** Quantitative Genetics in Maize Breeding. Iowa State University Press, Ames, IA. p 219-221
- **Hu, H. y Brown, P. (1997)**. Absorption of boron by plant roots. *Plant Soil*, 193(1-2): 49-58.
- **Infostat (2008)** Manual del Usuario. Grupo InfoStat, FCA .Universidad Nacional de Córdoba. Primera Edición, Editorial Brujas Argentina.
- **Kinman, M.L. (1970)**. New developments in the USDA and state experiment station, sunflower breeding programme. Proc 4th International Sunflower Conference, Memphis, TN, USA. p. 181-183.
- **Leclercq, P. (1969)**. Cytoplasmatic male sterility in sunflower. *Ann. Amélioration Plantes* 19: 99-106.
- **Manzano, L. (1985)**. Carencia de Boro en Girasol. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación – Madrid. Cuadernillo técnico.
- **Mckee, G. (1963)**. Accuracy of seed grading and planter plate recommendations *Pennsylvania Agric. Exp St. Prog. Rep.* 240
- **Morant, A.; Miranda, R.; Salomon, N. (2004)**. Apuntes de la asignatura Procesamiento y Análisis de Semillas. Departamento de Agronomía, UNS. Bs. As. Argentina
- **Naftel, J. (1939)**. Colorimetric micro determination of boron. *Eng. Chem. Anal.* Ed. :. 407-409.
- **National Sunflower Association, (2016)** Historia del girasol. Recuperado de: <http://www.sunflowernsa.com/spanish/historia-del-girasol/>. Fecha de consulta: 29/04/2016.
- **Ramirez, L. (2006)**. Utilización de la androesterilidad para la producción de semilla híbrida. Universidad Pública de Navarra. Recuperado de: http://www.unavarra.es/genmic/genetica%20y%20mejora/mej-alogamas/mej_alogamas%202006.pdf . Fecha de consulta: 20/06/2016.
- **Ratto, S. y Diggs, A. (1990)**. Niveles de Boro en suelos de la pradera pampeana, aplicación al cultivo de girasol. *Ciencia del Suelo*, 8: 95 - 100.
- **SAGPYA, (2005)**. Perfil descriptivo de la cadena de oleaginosos. Subsecretaría de Política Agropecuaria y Alimentos – Dirección Nacional de Mercados – Dirección de Mercados Agroalimentarios. Buenos Aires.

- **Satorre, E.; Benech Arnold, R.; Slafer G.; De la Fuente, E.; Miralles, D.; Otegui, M.; Savin, R. (2003).** Producción de granos. Bases funcionales para su manejo. Facultad de Agronomía-Universidad de Buenos Aires: 230-231.
- **Schneiter, A.A.; Miller, J.F. (1981).** Description of sunflower growth stages. *Crop Science* 21: 901-903.
- **Shorrocks, V.M. (1997).** The occurrence and correction of boro deficiency. *Plant and soil* 193: 121-148.
- **Soil Survey Staff, (1999) - Soil taxonomy:** A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys. 2nd edition. Natural Resources Conservation Service. U.S. Department of Agriculture Handbook 436.
- **Yara (2012)** International ASA. Basic Soil and plant nutrition manual: 60-62.
- **Yermiyahu, U.; Keren, R. y Chen, Y. (1995).** Boron sorption by soil in the presence of composted organic matter. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 59(2-3): 405-409.