

Universidad Nacional del Litoral  
Facultad de Ciencias Agrarias

**EFFECTO DEL ZINC COMO FACTOR DE TOLERANCIA DEL GIRASOL  
(*Helianthus annuus* L.) A RESIDUOS DE METSULFURON METIL EN EL  
SUELO**

Ing. Agr. Héctor Ariel Alcaraz

Trabajo Final de Graduación presentado como requisito parcial para optar por el título  
de Magister en Protección Vegetal

Director: Ing. Agr. (M.Sc.) Sebastián Gustavo Zuil  
Co-Directora: Dra. María Eugenia Carrizzo

11 de septiembre de 2021  
Esperanza, Santa Fe, Argentina

...Dedicado a mi familia

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Ing. Agr. (M.Sc.) Sebastián Zuil, director de mi tesis, por haberme guiado con paciencia, responsabilidad, predisposición y desinterés en todo momento.

Al Ing. Agr. Muchut Mauricio, por haberme acompañado incondicionalmente en todo el desarrollo de los ensayos y trabajos a campo.

Al Ing. Agr. Espíndola Carlos, por haberme facilitado información valiosa de registros, ayudarme en distintos momentos de la toma de muestras y por abrirme las puertas del laboratorio del COET.

A la UAA, por darme facilidades no solo temporal y económica sino también en la obtención de materiales y medios.

A mis padres, María y Walter, por enseñarme el camino correcto de la vida, los valores y haberme dado la posibilidad de estudiar y convertirme en un profesional.

A mi compañera de la vida, Lourdes, por haberme apoyado incondicionalmente todo el tiempo, soportando horas y horas de mi tiempo en casa frente a la computadora analizando datos y escribiendo, sobre todos los fines de semana, y por haberme ayudado en distintas etapas de esta tesis.

A mis hijos, Guillermina y Genaro, que me dan fuerzas y la convicción necesaria para continuar y terminar este difícil camino de realizar una tesis.

## ÍNDICE

RESUMEN.....	8
ABSTRACT.....	9
INTRODUCCIÓN.....	10
HIPÓTESIS.....	14
OJETIVO GENERAL.....	14
OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	14
MATERIALES Y MÉTODOS.....	15
1. Sitio experimental y características edáficas.....	15
2. Manejo del cultivo.....	15
3. Diseño experimental.....	16
3.1. Factor herbicida.....	16
3.2. Factor Zinc.....	17
4. Determinaciones y análisis de datos.....	17
4.1. Fitotoxicidad.....	17
4.2. Plantas logradas por metro cuadrado.....	17
4.3. Altura de plantas.....	17
4.4. Biomasa expresada como Peso de la Materia Seca o Peso seco.....	17
4.5. Área foliar por planta.....	18
4.6. Rendimiento en granos, sus Componentes, Materia Grasa (MG) y Rendimiento en aceite.....	18
5. Registros meteorológicos y de suelo.....	19
6. Análisis estadístico.....	19
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	20
Condiciones meteorológicas y de suelo.....	20
Fitotoxicidad Aguda en plántulas y establecimiento del cultivo.....	22
Efectos sobre la arquitectura de la planta: Altura y área foliar.....	23
Efectos sobre la Biomasa.....	24
Efectos sobre variables de productividad: rendimiento, sus componentes y materia grasa.....	26
CONCLUSIÓN.....	29
ANEXOS.....	30
BIBLIOGRAFÍA.....	33

## LISTA DE TABLAS

Título	Pág.
<i>Tabla 1:</i> Propiedades químicos y fisicoquímicos de suelos, provenientes del análisis de una muestra de suelo del sitio del experimento a la profundidad de 0 a 20 cm y valores de referencia (Ortega & Corvalán, 2001). Materia Orgánica (%) (Walkley-Balc), Nitrógeno total (%) (Kjeldha), N-Nitatos (mg kg <sup>-1</sup> ) (método fenil disulfónico), Fósforo (mg kg <sup>-1</sup> ) (Bray-Kurtz 1), S-Sulfatos (mg kg <sup>-1</sup> ) (método gravimétrico), pH (método potenciométrico en pasta saturada 1:2,5), Zinc (mg kg <sup>-1</sup> ) (DTPA) y Conductividad Eléctrica (dS m <sup>-1</sup> ) (conductimetría en extracto acuoso de pasta saturada).	15
<i>Tabla 2:</i> Plantas logradas (plantas/m <sup>2</sup> ) a 25 días después de la siembra (DDS), altura de plantas (cm) a los 50 DDS y área foliar (cm <sup>2</sup> ) a los 50 DDS, correspondientes a los niveles del factor herbicida (M0g, M2g y M4g), del factor Zn (CZn y SZn) durante la campaña 2018/19. Valor medio ± error estándar. En la tabla se encuentra p-valor de cada tratamiento, siendo significativos los que aparecen en negrita.	23
<i>Tabla 3:</i> Peso seco de raíces (g), peso seco de láminas (g), peso seco de tallos (g), peso seco aéreo (g) y peso de la materia seca total (g) medidos a los 50 DDS, correspondientes a los niveles del factor herbicida (M0g, M2g y M4g), del factor Zn (CZn y SZn) durante la campaña 2018/19. Valor medio ± error estándar. En la tabla se encuentra p-valor de cada tratamiento, siendo significativos los que aparecen en negrita.	25
<i>Tabla 4:</i> Rendimiento (kg ha <sup>-1</sup> ), Número de Granos por planta, Peso de granos (g), Materia grasa (%) y rendimiento de aceite (kg ha <sup>-1</sup> ), correspondientes a los niveles del factor herbicida (M0g, M2g y M4g), factor Zn (CZn y SZn) durante la campaña 2018/19. * Valor medio ± Error estándar. En la tabla se encuentra p-valor de cada tratamiento, siendo significativos los que aparecen en negrita.	27
<i>ANEXO Tabla 5:</i> Interacción de los factores Herbicida y Zn y p-valor para las variables: Plantas logradas (plantas/m <sup>2</sup> ) a 25 días después de la siembra (DDS), altura de plantas (cm) a los 50 DDS y área foliar (cm <sup>2</sup> ) a los 50 DDS, durante la campaña 2018/19. Valor medio ± error estándar.	30
<i>ANEXO Tabla 6:</i> Interacción de los factores Herbicida y Zn y p-valor para las variables: Peso seco de raíces (g), peso seco de láminas (g), peso seco de tallos (g), peso seco aéreo (g) y peso de la materia seca total (g) medidos a los 50 DDS, durante la campaña 2018/19. Valor medio ± error estándar.	30
<i>ANEXO Tabla 7:</i> Interacción de los factores Herbicida y Zn y p-valor para las variables: Rendimiento (kg ha <sup>-1</sup> ), Número de Granos por planta, Peso de granos (g), Materia grasa (%) y rendimiento de aceite (kg ha <sup>-1</sup> ), durante la campaña 2018/19. * Valor medio ± error estándar.	32

## LISTA DE FIGURAS

<b>Título</b>	<b>Pág.</b>
<i>Figura 1:</i> Reservas hídricas del suelo (mm) hasta los 30 cm de profundidad del perfil, durante la campaña de girasol 2018/19 en Reconquista, Santa Fe (del 14/08 al 07/01) (ORA-MAGyP).	<b>20</b>
<i>Figura 2:</i> Registro de precipitaciones (mm) para la campaña de girasol 2018/19 (columnas negras) e histórico para el Centro Operativo Experimental de Tacuarendí (COET) (columnas grises).	<b>21</b>
<i>Figura 3:</i> Temperatura (°C) media de suelo a cinco cm de profundidad, temperaturas máximas y mínimas del aire (°C), durante la campaña de girasol 2018/19 (del 01/07/2018 al 31/01/2019). La línea de puntos horizontal corresponde al límite de temperatura máxima que describen Rondanini <i>et al.</i> , (2003). En la figura se detallan los momentos de Siembra, inicio y fin de llenado de granos.	<b>21</b>
<i>Figura 4:</i> Peso seco de Láminas (PSL) (g) en función del: a) área foliar, b) Área foliar específica, para los tratamientos CZn y SZn (iconos grises y vacíos, respectivamente) a los 50 DDS.	<b>26</b>
<i>Figura 5:</i> Rendimiento (kg ha <sup>-1</sup> ) en función del número de granos por metro cuadrado, para los tratamientos Con Zn (iconos grises, línea punteada) y Sin Zn (íconos blancos, línea sólida).	<b>28</b>
<i>Figura 6:</i> Foto de raíces de plantas de girasol secadas en estufa correspondiente a los tratamientos a) M0gSZn, b) M0g CZn, c) M2g SZn, d) M2g CZn, e) M4g SZn y f) M4g CZn, obtenidas a los 50 DDS.	<b>31</b>

## ABREVIATURAS UASADAS EN LA TESIS

Tn	Tonelada	DDS	Días después de la siembra
ha	Hectárea	l ha <sup>-1</sup>	Litros por hectárea
kg ha <sup>-1</sup>	Kilogramos por hectárea	m <sup>2</sup>	Metro cuadrado
g kg <sup>-1</sup>	Gramos por kilogramos	°C	Grados Celsius
cm	Centímetros	CZn	Con Zn
m	Metro	SZn	Sin Zn
g Tn <sup>-1</sup>	Gramos por tonelada	M0g	Metsulfurón 0 g por hectárea
mg l <sup>-1</sup>	Miligramos por litro	M2g	Metsulfurón 2 g por hectárea
g l <sup>-1</sup>	Gramos por litro	M4g	Metsulfurón 4 g por hectárea
ppm	Parte por millón	PMS	Peso de la Materia seca
dS m <sup>-1</sup>	Decisiemens por metro	PSR	Peso seco de raíces
pl ha <sup>-1</sup>	Plantas por hectárea	PSA	Peso seco parte aérea
Sem ha <sup>-1</sup>	Semillas por hectárea	PSL	Peso seco de Láminas
ia ha <sup>-1</sup>	Ingrediente activo por hectárea	PST	Peso seco de tallos
mg	Miligramos	PMST	Peso de la materia seca total
g	Gramos	AF	Área foliar
g ha <sup>-1</sup>	Gramos por hectárea	AFE	Área foliar específica
g ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup>	Gramos por hectárea por año	MG	Materia grasa
DDE	Días después de emergencia	mm	Milímetros
DAS	Días antes de la siembra		

## RESUMEN

Residuos en el suelo de herbicidas como metsulfurón metil son limitantes para la producción del cultivo de girasol. Actualmente no existen estudios que indiquen que suplementaciones con Zn en semillas de girasol pueda incrementar la tolerancia a estos residuos. El objetivo de este experimento fue evaluar el comportamiento de plantas de girasol tratadas con Zn y sin Zn expuestas a residuos de metsulfurón en el suelo, para determinar si éste aumenta la tolerancia de las plantas al herbicida. Para ello se realizó un experimento bajo un diseño factorial con cuatro repeticiones y con dos factores, herbicida: Sin herbicida, 2 g ha<sup>-1</sup> de metsulfurón y 4 g ha<sup>-1</sup> de metsulfurón; y Zn: CZn y SZn. El Herbicida fue aplicado sobre el suelo previo a la siembra, mientras que el factor Zn fue aplicado sobre las semillas, previo a la siembra. No se encontró interacción entre factores. Los resultados obtenidos indican que 4 g ha<sup>-1</sup> del herbicida redujo 22,3 % el área foliar, 27 % la biomasa radical, 14,5 % el rendimiento en granos y 14,6 % el rendimiento en aceite. El tratamiento con Zn incrementó 19,3 % el área foliar, 37,5 % la biomasa radical, 27 % la biomasa aérea, 12 % el rendimiento en granos y 13 % el rendimiento en aceite. Sin embargo, la ausencia de interacción entre factores indican que suplementaciones con Zn, no tendrían efecto sobre el estrés provocado por residuos de metsulfurón en el suelo *per se*, con lo cual la hipótesis es rechazada.

Palabras claves: *herbicidas, residuo, fitotoxicidad, fertilización, micronutrientes, tolerancia.*



## ABSTRACT

Negative effects caused by soil residues of herbicides such as metsulfuron methyl are problematic for sunflower production. Currently there are no studies indicating that Zn supplementation in sunflower seeds can increase tolerance to these residues. The objective of this experiment was to evaluate the behavior of sunflower plants treated with Zn and without Zn exposed to metsulfuron residues in the soil, to determine if it increases plant tolerance to the herbicide. For this, an experiment was carried out under a factorial design with four repetitions and with two factors, herbicide: Without herbicide, 2 g ha<sup>-1</sup> of metsulfuron and 4 g ha<sup>-1</sup> of metsulfuron; and Zn: CZn and SZn. The Herbicide was applied to the soil prior to sowing, while the Zn factor was applied to the seeds prior to sowing. No interaction between factors was found. The results obtained indicate that 4 g ha<sup>-1</sup> of the herbicide reduced the leaf area by 22.3%, the root biomass by 27%, the grain yield by 14.5% and the oil yield by 14.6%. The treatment with Zn increased the leaf area by 19.3%, the root biomass by 37.5%, the aerial biomass by 27%, the grain yield by 12% and the oil yield by 13%. However, the absence of interaction between factors indicates that Zn supplementation would not have an effect on the stress caused by metsulfuron residues in the soil per se, thus rejecting the hypothesis.

Keywords: *herbicides, residue, phytotoxicity, fertilization, micronutrients, tolerance.*

## INTRODUCCIÓN

El cultivo de girasol destinado a la producción de aceite es de gran importancia económica en Argentina. En la campaña 2017/2018, se sembraron 1,94 millones de hectáreas en el país, con una producción de 3,82 millones de Tn y un rendimiento superior a los 2.100 kg ha<sup>-1</sup> (Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca, 2020). La provincia de Santa Fe, representa la tercera provincia con mayor superficie sembrada del país (más de 266.000 hectáreas) durante la campaña 2018-2019. Además, genera una producción de 432.659 Tn, con un promedio de rendimiento de 1.765 kg ha<sup>-1</sup> (Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca, 2020).

El sistema de producción de girasol más difundido en Argentina es la siembra directa con rotación de cultivos, en los cuales se realizan barbechos químicos para el control de malezas una vez recolectado un cultivo y previo a la implantación del posterior. Durante el período de barbechos largos, es decir dos o más meses antes de la nueva siembra, se aplican herbicidas de acción residual en el suelo, los cuales poseen efector prolongados sobre las malezas, pero que no siempre presentan selectividad hacia el próximo cultivo. Esta práctica se realiza con la premisa de que con el transcurso del tiempo, el efecto de dichos residuos puedan mitigarse mediante los procesos de adsorción, volatilización, transporte (erosión, lixiviación), absorción por las plantas, transformación (química, microbiana, fotoquímica), etc. (Arregui *et al.*, 2016), de manera de que al momento de la implantación del nuevo cultivo los residuos no lo afecten.

Es frecuente que algunos cultivos que se desarrollen posteriormente al período de barbecho, sufran algún tipo de efecto negativo por estar expuestos a sus residuos activos en el suelo, fenómeno conocido como “carryover” o arrastre (Monaco *et al.*, 2002). Los herbicidas con mayor residualidad son las sulfonilureas, imidazolinonas, triazolopirimidinas, auxinas y triazinas. Estas cinco familias químicas son las principales causantes del problema de “carryover” en distintas regiones de Argentina (Bedmar, 2017). Además, el uso recurrente de diferentes herbicidas residuales con el mismo modo de acción, pueden resultar en un proceso de acumulación en el suelo potencialmente perjudiciales para las plantas, fenómeno conocido como “stacking” o apilamiento (Montoya, 2017). Algunos herbicidas del grupo de las sulfonilureas, como metsulfurón metil o el clorsulfurón, son de uso frecuente en trigo y barbechos para soja, debido a su gran eficacia y bajo costo. El potencial de producir “carryover” en suelos de

zonas templadas para ambos herbicidas es moderado a alto (Van Acker, 2005). El metsulfurón metil, debido a su comportamiento edáfico y su uso frecuente, ya sea en trigo, soja resistente a sulfonilureas (STS) o en barbechos, incluso en dosis que superan a las recomendadas por sus fabricantes (hasta  $10 \text{ g ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ ), es un herbicida con un alto potencial de riesgo de dejar residuos en el suelo. Esto puede afectar a cultivos sensibles como girasol, el cual es muy frecuente sembrarse a continuación de soja en las rotaciones típicas de la zona norte de Santa Fe. Ésta problemática es aún mayor en campañas con restricciones hídricas donde su degradación de los residuos es más lenta. Estudios realizados por Avendaño *et al.*, (2003) concluyeron que el girasol es muy sensible a residuos de sulfonilureas en el suelo. Ellos determinaron que, en suelos de Balcarce, la residualidad fitotóxica del herbicida metsulfurón metil (al 60%) para girasol ronda entre los 166 a 184 días a las dosis de 7 y  $14 \text{ g ha}^{-1}$  respectivamente. Bedmar *et al.*, (2016) determinaron que la vida media del metsulfurón metil en suelos de Balcarce fue de 38 a 51 días, mientras que en suelos de San Cayetano fue de 54 a 84 días; Además, aplicaciones en dosis normales de este herbicida el intervalo entre su aplicación y la siembra de girasol debe ser de 46 y 139 días.

La suplementación con algunos micronutrientes en determinados cultivos puede aumentar la tolerancia de plantas a ciertos herbicidas. Por ejemplo, Kutman *et al.*, (2013) concluyeron que, aplicaciones foliares de níquel (Ni), redujeron significativamente las lesiones causadas por deriva de glifosato en plantas de trigo. La unión directa de Ni al glifosato, así como el papel del Ni como inhibidor de etileno, podrían estar asociados con este efecto detoxificador. Por otra parte, Rengel & Wheal (1997) hallaron que la suplementación con Zinc (Zn) en plantas de trigo provocó un aumento en la longitud de raíces finas. Este efecto fue capaz de compensar la disminución en la absorción de cobre (Cu) y manganeso (Mn) producido por la presencia del herbicida clorsulfurón. Nilsson (1985) determinó que el glifosato aplicado a la solución hidropónica de plantas de trigo cultivadas en este medio, aumentó las concentraciones de Fe y Mn en hojas, aumentando también la concentración de glifosato. La presencia de Fe o Mn redujo el efecto fitotóxico del glifosato en el trigo, posiblemente por la formación de quelatos del herbicida con el metal en el citoplasma.

El Zn es un micronutriente fundamental para las plantas. Está relacionado al metabolismo de los ácidos nucleicos, forma parte de las enzimas y proteínas que están involucradas en la síntesis y expresión del ADN. Además, regula la actividad de las

enzimas necesarias para la síntesis de proteínas celulares. En la fotosíntesis y metabolismo de carbohidratos, forma parte de las proteínas chaperonas necesarias para mantener activo al fotosistema II, entre otras funciones (Amezcu Romero & Flores, 2017).

Existe numerosa evidencia que indica de todos los micronutrientes esenciales, el Zn, es uno de los que se encuentra más frecuentemente en deficiencia en los suelos agrícolas de Argentina, en especial aquellos que tienen un extenso historial productivo (Ratto & Miguez, 2006; Ferraris, 2011; Barbieri *et al.*, 2015; Ferraris *et al.*, 2016; Díaz Zorita, 2017). Lindsay & Norvell (1978) indicaron que el contenido crítico de Zn en el suelo para la mayoría de los cultivos es de  $0,8 \text{ g kg}^{-1}$  (método DTPA o ácido dietilenotriamino pentaacético), mientras que Díaz Zorita (2014) establece que los requerimientos de Zn en plantas de girasol es de  $100 \text{ g Tn}^{-1}$  de grano a cosecharse. En los suelos del noreste de Santa Fe, el contenido promedio de Zn extraído por el método DTPA es de  $0,47 \text{ g kg}^{-1}$  de Zn ( $\pm 0,21$ ) en los primeros 20 cm de profundidad, teniendo en consideración que algunos de estos fueron enriquecidos mediante el agregado de barridos orgánicos (Oficina de Desarrollo Agropecuario, 2017).

Existe evidencia que relacionan a algunos micronutrientes, como el Zn, con mecanismos fisiológicos de tolerancia de plantas al estrés. Las enzimas antioxidantes son complejos que pueden ayudar a tolerar herbicidas, entre otras adversidades (Agostinetto *et al.*, 2016). Éstas actúan como un importante mecanismo de defensa de las plantas contra el estrés (Halleiwel, 2006). En cultivo de trigo, la aplicación de herbicidas como bentazón, clodinafop, iodosulfuron, metribuzin, metsulfurón metil y 2,4-D produjeron cambios en las enzimas antioxidantes y en la fotosíntesis, como mecanismo de supervivencia al estrés (Agostinetto *et al.*, 2016). Cuando las plantas se estresan por alguna adversidad, acumulan compuestos tóxicos que les causan graves daños (Scandalios, 1993). Para combatirlos existe un aparato enzimático antioxidante (Caverzan *et al.*, 2016), donde algunas de estas enzimas, son metaloenzimas que se presentan en formas moleculares diferentes, que contienen Zn como grupos protésicos, entre otros (Fridovich, 1986).

Estos antecedentes indicarían que es esperable que suplementaciones con Zn en cultivos que crecen en suelos carentes de este elemento, podrían ayudar a tolerar daños por herbicidas. Sin embargo, no se encontraron estudios que indiquen que suplementaciones

con Zn en girasol pueden lograr incrementar la tolerancia a residuos de herbicidas en el suelo.

## **HIPÓTESIS**

Las plantas de girasol provenientes de semillas suplementadas con zinc, toleran el efecto perjudicial provocado por residuos del herbicida metsulfurón metil en el suelo.

## **OBJETIVO GENERAL**

Evaluar el efecto de la suplementación con zinc en el desarrollo del cultivo de girasol en presencia de residuos de metsulfurón metil en el suelo.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Cuantificar la fitotoxicidad provocada por residuos de metsulfurón metil en el suelo sobre el crecimiento de plantas de girasol provenientes de semillas suplementadas con Zn.

Evaluar el efecto de la suplementación con Zn en semillas y residuos de metsulfurón metil en suelo, sobre variables de productividad.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### 1. Sitio experimental y características edáficas

El experimento se realizó en el establecimiento agropecuario “Don Edgardo”, ubicado en Villa Ocampo, al noreste de la provincia de Santa Fe, Argentina (28° 32′ 21,9″ S; 59° 25′ 20,0″ O). El suelo pertenece a la unidad cartográfica RTA 14, cuyo índice de capacidad productiva de las tierras es “medio-bajo”, compuesto principalmente por la serie Reconquista, cuya clasificación taxonómica es Argiudol acuértico. Como componente menor en el complejo se encuentra la serie VOC cuya clasificación taxonómica es Natracualf vértico (Visor GeoINTA, 2014). En esta región se detectaron contenidos deficientes de Zn en suelo, alrededor de 0,20 g kg<sup>-1</sup> en los primeros 20 cm del perfil. Previo al inicio del experimento se realizó un análisis de suelo de 0-20 cm de profundidad, para conocer el contenido de materia orgánica, pH actual, fósforo disponible, nitrógeno total, contenido de nitratos y contenido de Zn (Tabla 1).

*Tabla 1:* Propiedades químicas y fisicoquímicas de suelos, de una muestra del sitio del experimento a la profundidad de 0 a 20 cm, y valores de referencia (Ortega & Corvalán, 2001). Materia Orgánica (Walkley-Balc, en %), Nitrógeno total (Kjeldhal, en %), N-Nitratos (método fenil disulfónico, en mg kg<sup>-1</sup>), Fósforo (Bray-Kurtz, en mg kg<sup>-1</sup>), S-Sulfatos (método gravimétrico, en mg kg<sup>-1</sup>), pH (método potenciométrico en pasta saturada 1:2,5), Zinc (DTPA, en mg kg<sup>-1</sup>) y Conductividad Eléctrica (conductimetría en extracto acuoso de pasta saturada, en dS m<sup>-1</sup>).

Propiedades	Valores (Análisis de suelo)	Valores de referencia		
		Limitante	Regular	Bueno
Materia Orgánica (%)	1,90	<1	1 - 2	>2
Nitrógeno total (%)	0,09	<0,06	0,06 - 0,12	>0,12
N-Nitratos (mg kg <sup>-1</sup> )	6,80	<6	6 - 9	>9
Fósforo (mg kg <sup>-1</sup> )	10,10	<8	8 - 12	>12
S-Sulfatos ( mg kg <sup>-1</sup> )	4,30	<3	3 - 4,5	>4,5
pH (1:2,5)	6,05	<4,1 y >8,5	5,4 - 7,9	5,5 - 7,5
Zinc (mg kg <sup>-1</sup> )	0,22	<0,5	0,5 - 1	>1
Conductividad Eléctrica (dS m <sup>-1</sup> )	0,01	>6	4 - 6	<4

### 2. Manejo del cultivo

La siembra se realizó el 14 de agosto del 2018 con sembradora mecánica de granos gruesos de 0,52 m de distanciamiento entre surcos, con una densidad siembra de 54.000

semillas  $\text{ha}^{-1}$ . El híbrido de girasol utilizado fue SYN 4066 (NK Semillas) por su adecuado comportamiento y adaptación a la región.

Al momento de la siembra, se realizó una fertilización de base con  $70 \text{ kg ha}^{-1}$  de fosfato diamónico por debajo de la línea de siembra y  $50 \text{ kg ha}^{-1}$  de urea a unos 10 cm al costado de la misma. Para evitar la competencia con malezas, se aplicó el herbicida S-metolacoloro a razón de  $960 \text{ g de i.a. ha}^{-1}$  a todas las parcelas; Adicionalmente, se realizó el control manual de malezas presentes a los 60 DDE.

### 3. Diseño experimental

El experimento se realizó con un diseño factorial con dos bloques al azar y cuatro repeticiones. Se evaluaron el FACTOR HERBICIDA (con tres niveles) y el FACTOR Zn en semillas (con 2 niveles). El tamaño de cada unidad experimental fue de 12 surcos de ancho por 8 m de largo.

3.1. *Factor herbicida:* el herbicida utilizado fue metsulfurón metil, formulado como gránulos dispensables por el laboratorio DVA, cuya concentración es de 60 g de i.a. en 100 g. de producto formulado como gránulos dispersables.

Los niveles del factor herbicidas fueron; **a) M0g** (sin herbicida), **b) M2g** (Metsulfurón metil  $2 \text{ g ha}^{-1}$ ), **c) M4g** (Metsulfurón metil  $4 \text{ g ha}^{-1}$ ). Los mismos fueron aplicados al suelo el 03/08/2018 (11 DAS) mediante mochila de presión constante de  $\text{CO}_2$  (3 bares,  $120 \text{ l ha}^{-1}$ ), perpendicular al sentido de siembra, en un ancho de 8 m para cada uno. Las dosis y momento de aplicación del herbicida fueron utilizadas teniendo en cuenta que la vida media de metsulfurón metil está comprendida entre los 38 y 51 días según tipo de suelo (Bedmar *et al.*, 2006), intentando replicar lo que podría suceder en la práctica a campo, donde algunas veces se pueden encontrar residuos de metsulfurón metil en el suelo en distintas concentraciones, ya sea por *carry-over* o *stacking*. Además, otra situación frecuente en la zona, se da cuando el productor decide reemplazar el cultivo de trigo por girasol (de 30 y 60 días más tarde) después de haber realizado aplicaciones del herbicida en sus dosis recomendadas ( $5 \text{ a } 10 \text{ g ha}^{-1}$ ). Esto podría darse ante una falla en la implantación del trigo, falta de humedad en la siembra, cambios operativos, económicos, etc.



3.2. *Factor Zinc*: Los niveles del factor Zn fueron; **I) CZn**: Semillas tratadas con Teprosyn Zn (Yara), a razón de  $10 \text{ cm}^3 \text{ kg}^{-1}$  de semillas, mediante una mezcladora de tipo tambor con eje excéntrico. Teprosyn Zn es un fertilizante suspensión concentrada a base  $60 \text{ g l}^{-1}$  de Zn; **II) SZn**: Semillas sin aplicaciones de Zn.

De esta manera quedan conformadas seis tratamientos: i) M0gCZn, ii) M0gSZn, iii) M2g CZn, iv) M2g SZn, v) M4g CZn y vi) M4g SZn; donde, **M0gSZn** o **Control** representa la condición normal o **testigo**. Ambos factores fueron circunscriptos a un ancho de 6,24 m (12 líneas a 0,525 m).

#### 4. *Determinaciones y análisis de datos*

4.1. *Fitotoxicidad*: A los 25 días después de la siembra (DDS) se realizó una determinación de plántulas con síntomas de fitotoxicidad aguda, mediante una versión acotada de la escala de la Sociedad Europea de Investigación en Malezas (EWRS) (Chaila, 1986). Para esta variable solo se tomó como síntomas de fitotoxicidad a aquellos síntomas notorios a simple vista, como amarillamiento, necrosis en órganos o muerte total de plántulas, descartando así efectos sobre altura de las plantas que se estudiaron en su aparatado específico. Del método se tomó la escala para los efectos del cultivo, desestimando los efectos sobre las malezas.

4.2. *Plantas logradas por metro cuadrado*: Para evaluar la implantación del cultivo se realizó un recuento de plantas logradas a los 25 DDS, tomando como unidad de muestreo una superficie de  $10 \text{ m}^2$  para cada tratamiento. Para ello se contabilizaron las plantas emergidas en los cuatro surcos del medio de cada parcela en distancias de 4,75 m de largo.

4.3. *Altura de plantas*: A los 50 DDS se tomaron las medidas de altura (cm), desde el cuello de las plantas hasta el ápice, en tres plantas al azar por repetición. Para la selección de las plantas a medir, se utilizó una aplicación que genera números aleatorios al azar. Los mismos se tomaron para seleccionar el número de surco (1 a 12) y el número de plantas dentro de cada surco, descartando las primeras 3 y últimas 3 plantas en cada línea.

4.4. *Biomasa expresada como peso de la materia seca*: a los 50 DDS se extrajeron al azar tres plantas del suelo mediante la metodología propuesta por el Departamento de

Ciencias de las Plantas de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Estatal de Pennsylvania (2018) adaptado, donde cada pozo para extraer las plantas se realizó a 20 cm de profundidad y 20 cm de diámetro. La selección de plantas se efectuó mediante el procedimiento descrito anteriormente para la medición de altura de plantas, aunque en este caso se dejaron intactos los 4 surcos del medio, necesarios para la determinación de rendimiento y sus componentes. Posteriormente, se lavaron las raíces sumergiendo cada muestra durante 50 a 70 minutos, para luego, colocarlas sobre tela metálica y aplicar presión de agua suavemente hasta que se quite todo el resto de suelo. Luego se procedió a separar el sistema radical de la parte aérea con un corte en el cuello de la planta. A su vez, la parte aérea fue particionada en láminas y tallos más pecíolos. Las muestras se llevaron a estufa de aire forzado a 60 C° durante 72 horas o peso constante.

Por último, se pesaron las muestras con balanza de precisión (0,01 g) para determinar el peso seco en gramos de cada una de las partes de la planta (peso seco de raíces -PSR-, peso seco de lámina -PSL- y peso seco de tallos -PST-). El peso seco aéreo -PSA- es la sumatoria de PSL y PST. El peso de la materia seca total -PMST- es la sumatoria del PSR y el PSA.

*4.5. Área foliar por planta:* La estimación del área foliar en cm<sup>2</sup>, se realizó mediante el método sugerido por Pire & Valenzuela (1995), a partir del peso conocido de una superficie, en este caso discos de hojas, se realiza la siguiente relación: Área Foliar Calculada = (Peso Seco Lámina Total x Área del Disco) / Peso Seco Promedio de los Discos.

Los discos fueron tomados de las láminas de las hojas con sacabocados de 7,06 cm<sup>2</sup> durante el proceso de determinación del PSL.

*4.6. Rendimiento en granos, sus componentes, materia grasa (MG) y rendimiento en aceite:* A la madurez del cultivo se cosecharon los capítulos en una superficie de 10 m<sup>2</sup> provenientes de los 4 surcos del medio de cada parcela. Posteriormente, se extrajeron los granos mediante una trilladora estática y se pesaron los granos obtenidos de cada parcela. Se determinó la humedad de granos de cada muestra mediante humidímetro digital (Tesma A-79 PLUS). De esta manera todos los pesos obtenidos se convirtieron a kg ha<sup>-1</sup> corregidos a la humedad de 11 % para representar el rendimiento en granos (desde ahora solo rendimiento).

Para obtener el peso de granos (mg), se tomaron tres muestras de 100 semillas por cada parcela y se pesó con balanza de precisión. A partir del rendimiento, el número de capítulos cosechados y el peso de los granos, se estimó el número de granos por capítulo (número de granos desde ahora en más).

El porcentaje de aceite (% MG) se determinó mediante un equipo de resonancia magnética (Spinlok SLK 200) en el laboratorio Agroindustrial de la Unión Agrícola de Avellaneda. Con estos valores de rendimiento y % MG se estimó el rendimiento de aceite (kg de aceite ha<sup>-1</sup>).

##### *5. Registros meteorológicos*

Las precipitaciones se registraron con pluviómetro manual en el sitio del experimento. Los datos de temperatura del aire, temperatura del suelo y radiación se obtuvieron de los registros de la estación meteorológica del Centro Operativo Experimental de Tacuerendí (COET). Los registros de reserva hídrica en el suelo se obtuvieron de la Oficina de Riesgo Agropecuario (ORA).

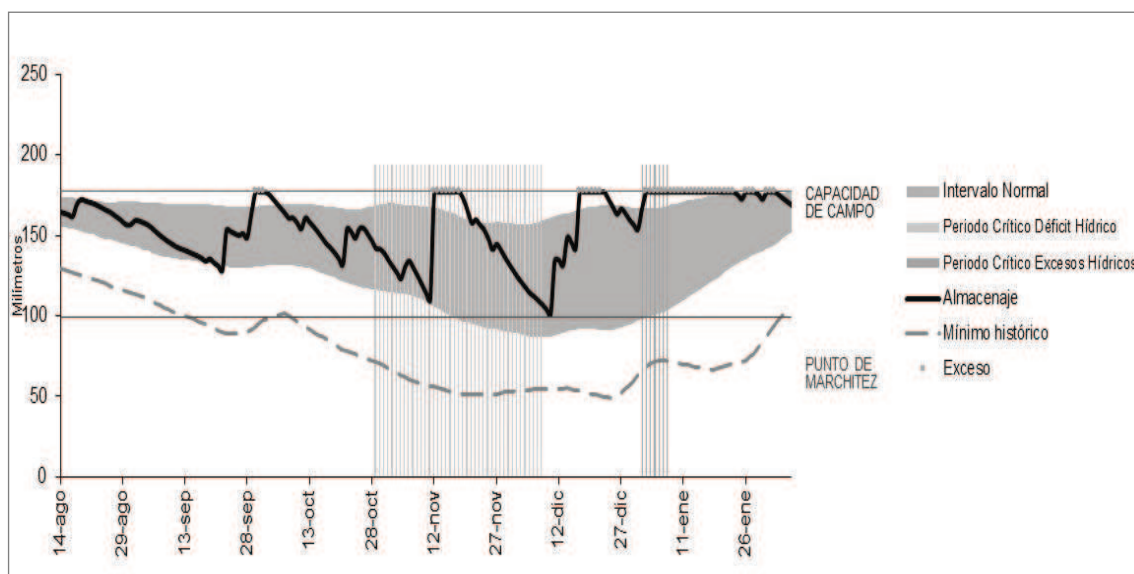
##### *6. Análisis estadístico*

Los resultados fueron analizados estadísticamente por medio del análisis la varianza ANOVA, usando modelos lineales mixtos. Se realizaron comparaciones de medias con el test LSD de Fisher ( $p < 0,05$ ). El software estadístico empleado fue InfoStat, versión 2013 (Di Rienzo *et al.*, 2013).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### *Condiciones meteorológicas y de suelo*

Durante la campaña 2018/19, el contenido de agua en el suelo fue óptimo al inicio del cultivo, haciendo posible que las labores de barbecho y siembra se realicen sin impedimentos y, que el proceso de germinación-emergencia del cultivo sea normal. La reserva hídrica del suelo durante todo el desarrollo del cultivo se mantuvo por encima del punto de marchitez, lo cual permitió que el cultivo esté bien provisto de agua durante todo su desarrollo fenológico, principalmente en su periodo crítico (Figura 1). A su vez sucedieron eventos momentáneos de excesos hídricos, aunque no en el período crítico para el cultivo desde el punto de vista ecofisiológico, sino durante el momento de la cosecha. Esta condición no fue un problema para el desarrollo del experimento ya que la cosecha se realizó en forma manual.



*Figura 1:* Reservas hídricas del suelo (mm) hasta los 30 cm de profundidad del perfil, durante la campaña de girasol 2018/19 en Reconquista, Santa Fe (del 14/08 al 07/01, ORA-MAGyP).

Las lluvias producidas durante julio y agosto permitieron que las aplicaciones de los tratamientos se realicen en condiciones óptimas (Figura 2). Si bien las precipitaciones de los meses de agosto y octubre para la campaña 2018/19, fueron inferiores a los históricos, el agua útil durante los estadios iniciales del cultivo (50-60 DDS) estuvo alrededor de 150 mm (Figura 1), por lo que las determinaciones no fueron condicionadas a restricciones hídricas.

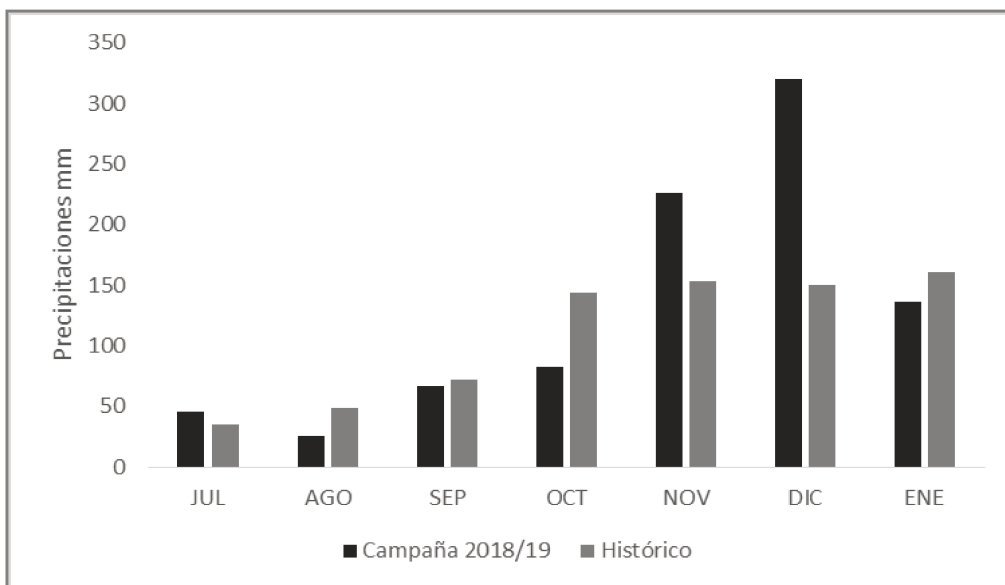


Figura 2: Registro de precipitaciones (mm) para la campaña de girasol 2018/19 (columnas negras) e histórico para el Centro Operativo Experimental de Tacuarendí (COET) (columnas grises).

La temperatura media de suelo a la siembra fue de 14,7 °C, con una media de 13,2 °C durante los primeros diez días del proceso de germinación-emergencia (Figura 3). Si bien estas temperaturas de suelo no son las óptimas, las cuales estarían entorno a los 15°C, fue suficiente para garantizar una germinación-emergencia generalizada Aguirrezabal *et al.*, (2001).

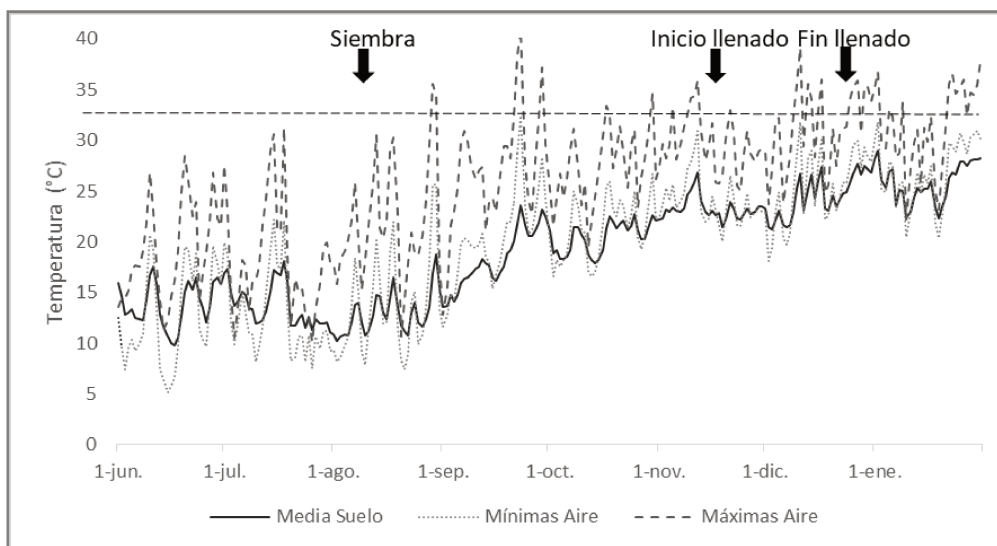


Figura 3: Temperatura (°C) media de suelo a cinco cm de profundidad, temperaturas máximas y mínimas del aire (°C), durante la campaña de girasol 2018/19 (del 01/07/2018 al 31/01/2019). La línea de puntos horizontal corresponde al límite de temperatura máxima que describen Rondanini *et al.*, (2003). En la figura se detallan los momentos de Siembra, inicio y fin de llenado de granos.

La temperatura del aire no fue limitante para el crecimiento y desarrollo del cultivo durante todo su ciclo. No se registraron temperaturas por debajo de 0 °C que dañen plantas, ni periodos de más de 4 días con temperaturas encima de 34 °C que pudieran producir estrés térmico severo en las plantas durante el llenado de granos, límite térmico propuesto por Rondanini *et al.*, (2003). Este período fenológico ocurrió desde aproximadamente el 20 de noviembre hasta el 25 de diciembre (Figura 3).

#### *Fitotoxicidad aguda en plántulas y establecimiento del cultivo*

Las plántulas no presentaron síntomas fitotoxicidad aguda a los 25 DDS en ninguno de los tratamientos en estudio. Los tallos y hojas presentes al momento de la determinación se encontraban sanos, sin síntomas de necrosis o amarillamiento con un patrón definido en sus tejidos. Pérez (2010) describió que en dosis de 5 y 7 g ha<sup>-1</sup> de metsulfurón metil aplicados al suelo 150 días antes de la siembra, observó síntomas muy leves de amarillamiento y menor altura de plántulas.

No se encontró interacción entre los factores Herbicida y Zn para la variable número de plantas por m<sup>2</sup> ( $p > 0,05$ , Anexo Tabla 5). Tampoco se observó mortandad de plántulas, por lo tanto, no se afectó el número de plantas por m<sup>2</sup> para ninguno de las variables analizadas. Sin embargo, el resultado buscado en este ensayo fue un efecto crónico fácilmente cuantificable que pudiera explicar interacciones entre ambos factores, y no mortandad de plántulas *per se*, en cuyo caso sería difícil describir efectos positivos del Zn si los hubiera.

El número de plantas a los 25 DDS para los niveles del factor herbicida M0g, M2g y M4g no se diferenciaron significativamente entre sí. Esto coincide con lo observado por Saavedra *et al.*, (2016); quienes a pesar de reportar efectos visuales de daño en plántulas de girasol (plántulas más pequeñas y con leve amarillamiento) por parte del metsulfurón aplicado con agua de riego, no evidenciaron mortandad de las mismas, aún en las máximas dosis utilizadas (equivalentes a 0,125 y 5 ha<sup>-1</sup> de metsulfurón metil 60).

Por otro parte, tampoco hubo diferencias significativas en el número de plantas por m<sup>2</sup> a los 25 DDS para los niveles del factor Zn (CZn y SZn). Baraich (2017) determinó que la germinación de semillas de girasol no varió con el incremento en la dosis de Zn de 0 a 8 kg ha<sup>-1</sup> (3, 5 y 8 kg ha<sup>-1</sup>) en combinación con dosis constantes de B y Fe. Mahmood *et al.*, (2005), determinaron que la germinación de semillas de maíz no fue afectada por

concentraciones crecientes de Zn y Cu. Esto descartaría efectos negativos por la fertilización con Zn al inicio del cultivo, a las dosis utilizadas.

*Tabla 2:* Plantas logradas (plantas/m<sup>2</sup>) a 25 días después de la siembra (DDS), altura de plantas (cm) a los 50 DDS y área foliar (cm<sup>2</sup>) a los 50 DDS, correspondientes a los niveles del factor herbicida (M0g, M2g y M4g), del factor Zn (CZn y SZn) durante la campaña 2018/19. Valor medio  $\pm$  error estándar. En la tabla se encuentra p-valor de cada tratamiento, siendo significativos los que aparecen en negrita.

Factor	Niveles	Plantas logradas (plantas/m <sup>2</sup> )	Altura de plantas (cm)	Área Foliar (cm <sup>2</sup> )
Factor Herbicida	M0g	5,0 $\pm$ 0	29,0 $\pm$ 0,6 a	1013 $\pm$ 54 a
	M2g	5,0 $\pm$ 0	27,7 $\pm$ 0,6 ab	868 $\pm$ 54 ab
	M4g	5,0 $\pm$ 0	26,6 $\pm$ 0,6 b	787 $\pm$ 54 b
Factor Zn	CZn	5,1 $\pm$ 0	28,4 $\pm$ 0,5 a	968 $\pm$ 44 a
	SZn	5,0 $\pm$ 0	27,1 $\pm$ 0,5 b	811 $\pm$ 44 b
p-valor	Factor Herb.	0,8924	<b>0,0158</b>	<b>0,0280</b>
	Factor Zn	0,2543	<b>0,0409</b>	<b>0,0223</b>
	Herb. x Zn	0,2566	0,6618	0,8680

*Efectos sobre la arquitectura de la planta: altura y área foliar*

No se observó interacción significativa entre los factores herbicida y Zn para la variable altura de plantas ( $p > 0,05$ , Anexo Tabla 5). Por otra parte, la altura de las plantas medidas a los 50 DDS, fue afectada tanto por el factor herbicida como por el factor Zn ( $p < 0,05$ , Anexo Tabla 5).

Las plantas sometidas al efecto del nivel M4g resultaron en promedio 2,4 cm más bajas que M0g (Tabla 2). Saavedra *et al.*, (2015) observaron que siete de ocho cultivares evaluados tuvieron menor altura con residuos de metsulfurón metil equivalentes a 1 g ha<sup>-1</sup> (de metsulfurón 60 %), aplicados con agua de riego. Esto indicaría que la altura de las plantas es un factor que normalmente es condicionada con por la presencia de residuos de metsulfurón en el suelo.

Las plantas de los tratamientos CZn fueron en promedio 1,3 cm más altas que las de SZn (Tabla 2). Este resultado concuerda con Al-Doori & Al-Dulaimy (2012), quienes observaron que aplicaciones foliares de Zn en girasol, en dosis de 10 mg l<sup>-1</sup> resultó en un aumento significativo en la altura de las plantas. Baraich (2017) determinó que la altura de las plantas de girasol aumentó con el incremento en la dosis de Zn de 0 a 8 kg ha<sup>-1</sup> (3, 5 y 8 kg ha<sup>-1</sup>) en combinación con dosis constantes de B y Fe. Además,

determinó que dicho efecto fue mayor en aplicaciones foliares respecto de cuando se aplicó al suelo. Así mismo, Mirzapour & Khoshgoftar (2006) no observaron un efecto significativo del Zn sobre la altura de la planta cuando se aplicaba al suelo. Si bien éste último no concuerda con los resultados obtenidos en este experimento, podría deberse a que las aplicaciones de Zn al suelo tendrían menor respuesta que aplicación foliar y/ o directa a las semillas como en este trabajo.

Respecto al área foliar medido a los 50 DDS, no se observó interacción significativa entre los factores herbicida y Zn ( $p > 0,05$ , Anexo Tabla 5). Por otra parte, esta variable si fue afectada por ambos factores por separado ( $p < 0,05$ ). El área foliar por planta del nivel M4g fue en promedio un 22,3 % inferior al M0g (Tabla 2). Por otra parte, las plantas tratadas CZn tuvieron en promedio un área foliar 19,3 % mayor que las SZn (Tabla 2). Baraich (2017) determinó que el índice de área foliar de plantas de girasol aumentó con el incremento en la dosis de Zn de 0 a 8 kg ha<sup>-1</sup> (3, 5 y 8 kg ha<sup>-1</sup>) en combinación con dosis constantes de B y Fe. Del mismo modo, El-Fouly *et al.*, (2001) observaron un aumento en el área foliar en plantas que crecían en macetas que recibieron Fe y Zn en el agua de riego. Esto demuestra que la fertilización con Zn, con frecuencia, produce aumentos en el área foliar en plantas de girasol.

#### *Efectos sobre la biomasa*

No se observó interacción significativa entre los factores Herbicida y Zn para las variables que conforman la biomasa de las plantas (PSR, PSL, PST, PSA y PMST) ( $p > 0,05$ , Anexo Tabla 6). El factor herbicida tuvo influencia sobre el PSR ( $p \leq 0,05$ , Tabla 3), y se mantuvo sin efecto sobre las demás variables (PSL, PST, PSA y PMST) ( $p \geq 0,05$ , Tabla 3). El PSR del nivel M4g tuvo una disminución del 27 % en su peso seco, respecto a la de las plantas de M0g (Tabla 3). Saavedra *et al.*, (2015 y 2016) observaron que las raíces de los cultivares de girasoles convencionales sufrieron daños considerables con la presencia de metsulfurón metil aplicados en el agua de riego en dosis equivalentes a 0,1 g ha<sup>-1</sup> en el primer caso y de 0,125 y 5 g ha<sup>-1</sup> en el segundo, estos se manifestaron principalmente como disminución en su tamaño y proliferación de raicillas.



Tabla 3: Peso seco de raíces (g), peso seco de láminas (g), peso seco de tallos (g), peso seco aéreo (g) y peso de la materia seca total (g) medidos a los 50 DDS, correspondientes a los niveles del factor herbicida (M0g, M2g y M4g), del factor Zn (CZn y SZn) durante la campaña 2018/19. Valor medio  $\pm$  error estándar. En la tabla se encuentra p-valor de cada tratamiento, siendo significativos los que aparecen en negrita.

Factor	Niveles	PS Raíces (g)	PS Lámina (g)	PS Tallo (g)	PS Aéreo (g)	PMS Total (g)
<b>Factor Herbicida</b>	<b>M0g</b>	2,2 $\pm$ 0,16 a	7,9 $\pm$ 0,46	5,2 $\pm$ 0,3	13,2 $\pm$ 0,8	15,4 $\pm$ 0,84
	<b>M2g</b>	1,9 $\pm$ 0,16 ab	7,0 $\pm$ 0,46	4,5 $\pm$ 0,3	11,6 $\pm$ 0,8	13,4 $\pm$ 0,84
	<b>M4g</b>	1,6 $\pm$ 0,16 b	6,5 $\pm$ 0,46	4,3 $\pm$ 0,3	10,8 $\pm$ 0,8	12,3 $\pm$ 0,84
<b>Factor Zn</b>	<b>CZn</b>	2,2 $\pm$ 0,13 a	7,9 $\pm$ 0,38 a	5,3 $\pm$ 0,27 a	13,2 $\pm$ 0,62 a	15,4 $\pm$ 3,75 a
	<b>SZn</b>	1,6 $\pm$ 0,13 b	6,4 $\pm$ 0,38 b	4,0 $\pm$ 0,27 b	10,4 $\pm$ 0,62 b	12,0 $\pm$ 3,75 a
<b>p-valor</b>	<b>Factor Herb.</b>	<b>0,0500</b>	0,1186	0,1227	0,1057	0,0616
	<b>Factor Zn</b>	<b>0,0051</b>	<b>0,0119</b>	<b>0,0039</b>	<b>0,0059</b>	<b>0,0031</b>
	<b>Herb. X Zn</b>	0,6641	0,5624	0,3922	0,4781	0,5097

Si bien no se detectó efecto del tratamiento herbicida sobre la biomasa aérea en este experimento, el trabajos realizado por Saavedra *et al.*, (2015) muestran que el peso total de las plantas disminuyó un 31 % con la aplicación de metsulfurón en dosis equivalente a 1 g ha<sup>-1</sup> y, un 17 % con dosis equivalente a 0,5 g ha<sup>-1</sup>, también disminuyó el peso de sus hojas y tallos un 33 % y 17 %, respectivamente. Asimismo, Principiano (2019) demostró que la aplicación de metsulfurón (10 g ha<sup>-1</sup> de principio activo) generó una reducción en la longitud de la raíz principal, materia seca aérea y materia seca de raíces en soja.

Las plantas del nivel CZn tuvieron un incremento del 37,5 % en el PSR, del 27 % en el PSA, del 23,4 % en el PSL, 32,5% en el PST y del 28,3 % en el PMST respecto a los SZn (p<0,05, Tabla 3, Anexo Figura 6). Esto demuestra una gran influencia de la aplicación de Zn en semillas de girasol sobre la biomasa de las plantas, donde se encontró un incremento en el sistema radical, biomasa de tallos y hojas. Los datos obtenidos concuerdan con los resultados obtenidos por Baraich (2017), quien determinó aumentos de peso seco de plantas de girasol con dosis crecientes de Zn (de 0 a 8 kg ha<sup>-1</sup>).

El peso seco de las hojas, representado por el PSL, se exhibe como una función directamente proporcional al área foliar (AF) y al área foliar específica (AFE). A medida que el AF y AFE incrementan, mayor es el peso de las hojas (Figura 4). Sin embargo, no hay diferencias de PSL en los tratamientos CZn y SZn para un mismo AF

(Figura 4 a), mientras que el PSL es superior para los tratamientos CZn respecto a los tratamientos SZn para un mismo AFE, (Figura 4 b). Estos valores sugieren que las hojas de los tratamientos CZn tienen mayor espesor que las de las Sin Zn, lo que indicarían que el Zn no tuvo influencias en el AF *per se*, sino sobre el AFE.

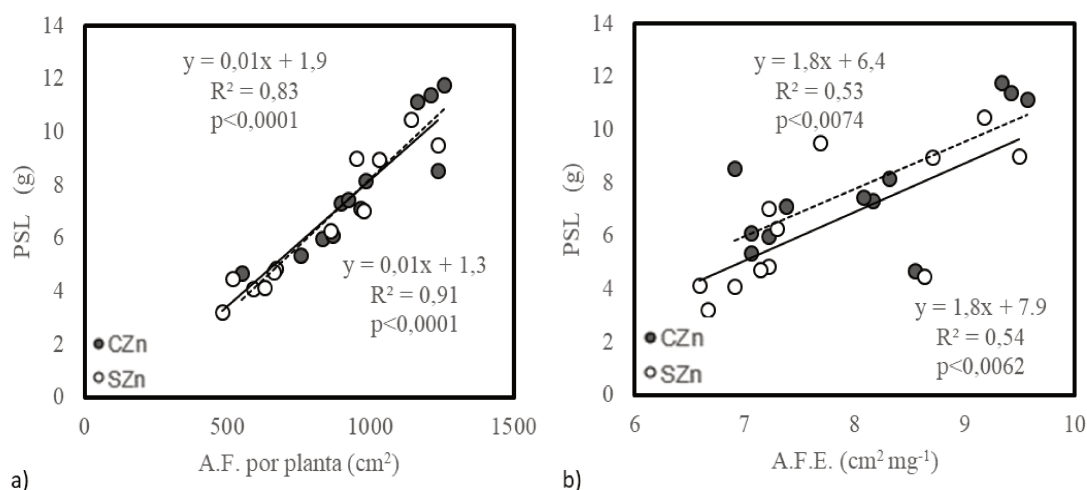


Figura 4: Peso seco de Láminas (PSL, en g) en función del: a) área foliar (A.F. por planta, en  $\text{cm}^2$ ), b) Área foliar específica (A.F.E. en  $\text{cm}^2 \text{mg}^{-1}$ ), para los tratamientos CZn y SZn (iconos grises y vacíos, respectivamente) a los 50 DDS.

#### Efectos sobre variables de productividad: rendimiento, sus componentes y materia grasa

No se observó interacción significativa entre los factores Herbicidas y Zn para las variables, rendimiento, número de granos, peso de granos ( $p > 0,05$ , Anexo Tabla 7). A su vez los residuos de metsulfurón metil en el suelo tuvieron influencias negativas sobre el rendimiento en granos, número de granos por planta, peso de los granos y rendimiento de aceite ( $p < 0,05$ ), y se mantuvo sin efectos sobre la concentración de materia grasa en granos ( $p > 0,05$ , Tabla 4).

El rendimiento del nivel M4g fue de  $356 \text{ kg ha}^{-1}$  y  $266 \text{ kg ha}^{-1}$  inferior al M0g y a M2g respectivamente. Las plantas del nivel M4g disminuyeron 13,6 % en el número de granos por plantas respecto al M0g y 13 % respecto a M2g. A su vez, el peso de los granos disminuyó un 2,95 % por efecto del nivel M4g respecto de M0g (Tabla 4). Montoya (2016) determinó que el rendimiento de girasoles sembrados en parcelas con residuos de  $6 \text{ g ha}^{-1}$  de metsulfurón metil, aplicados 110 y 140 días antes de la siembra, fue menor que le testigo sin residuos; mientras que, a la misma dosis, pero aplicados 170 días antes de la siembra, no generó diferencias significativas.

Tabla 4: Rendimiento ( $\text{Kg ha}^{-1}$ ), Número de Granos por planta, Peso de granos (g), Materia grasa (%) y rendimiento de aceite ( $\text{Kg ha}^{-1}$ ), correspondientes a los niveles del factor herbicida (M0g, M2g y M4g), del factor Zn (CZn y SZn) durante la campaña 2018/19. \* Valor medio  $\pm$  error estándar. En la tabla se encuentra p-valor de cada tratamiento, siendo significativos los que aparecen en negrita.

Factor	Niveles	Rendimiento ( $\text{Kg ha}^{-1}$ )	N° de Granos	Peso de Granos (g)	Materia Grasa (%)	Rend. de aceite ( $\text{Kg ha}^{-1}$ )
<b>Factor Herbicida</b>	<b>M0g</b>	2454 $\pm$ 65 a	1187 $\pm$ 24 a	4,41 $\pm$ 0,03 a	55,3 $\pm$ 0,16	1347 $\pm$ 37 a
	<b>M2g</b>	2364 $\pm$ 65 a	1180 $\pm$ 24 a	4,33 $\pm$ 0,03 ab	54,9 $\pm$ 0,16	1308 $\pm$ 37 a
	<b>M4g</b>	2098 $\pm$ 65 b	1025 $\pm$ 24 b	4,28 $\pm$ 0,03 b	54,8 $\pm$ 0,16	1150 $\pm$ 37 b
<b>Factor Zn</b>	<b>CZn</b>	2448 $\pm$ 53 a	1217 $\pm$ 19 a	4,40 $\pm$ 0,03 a	55,2 $\pm$ 0,13	1350 $\pm$ 30 a
	<b>SZn</b>	2163 $\pm$ 53 b	1044 $\pm$ 19 b	4,27 $\pm$ 0,03 b	54,8 $\pm$ 0,13	1186 $\pm$ 30 b
<b>p-valor</b>	<b>Factor Herb</b>	<b>0,0042</b>	<b>0,0003</b>	<b>0,0294</b>	0,0657	<b>0,0046</b>
	<b>Factor Zn</b>	<b>0,0018</b>	<b>0,0001</b>	<b>0,0011</b>	0,0882	<b>0,0016</b>
	<b>Herb. X Zn</b>	0,4377	0,1033	0,8005	0,5459	0,4132

Por otra parte, el nivel M2g no se diferenció significativamente de las parcelas sin herbicidas. A bajas concentraciones de residuos de metsulfurón en el suelo (M2g), no se observaron efectos negativos en el rendimiento y sus componentes, aunque su influencia negativa es evidente cuando la dosis aumenta, similar a lo expuesto para PSR.

Por su parte, el factor Zn también tuvo influencias sobre el rendimiento y sus componentes ( $p < 0,05$ ). Los tratamientos CZn produjeron un incremento en el rendimiento de 285  $\text{kg ha}^{-1}$  respecto a los tratamientos SZn (Tabla 4). Por otra parte, las plantas tratadas con Zn tuvieron un incremento del 16,5 % en el número de granos y un 3 % en el peso de los granos, respecto de las no tratadas (Tabla 4). En estos resultados se observa un claro efecto positivo en la aplicación de Zn en semillas de girasol, lo cual también lo observaron otros autores. Sharifi, (2016) determinó que en cultivo de soja, la aplicación foliar de zinc a la dosis de 0,9  $\text{g l}^{-1}$  produjo un incremento del 30 % en el número de granos y 434  $\text{kg ha}^{-1}$  en el rendimiento en granos en respecto del control. Mirzapour & Khoshgoftar (2006) informaron que la aplicación de Zn en girasol, a razón de 20  $\text{kg ha}^{-1}$  aumentó significativamente la producción de semillas y el peso de mil semillas.

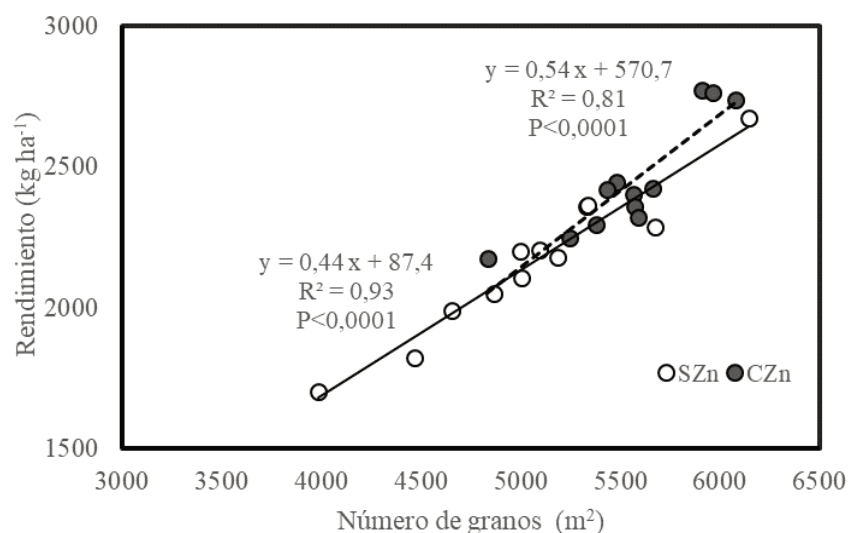


Figura 5: Rendimiento ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) en función del número de granos por metro cuadrado, para los tratamientos Con Zn (íconos grises, línea punteada) y Sin Zn (íconos blancos, línea sólida).

Al relacionar el número de granos por  $\text{m}^2$  con el rendimiento ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) se obtuvo una función lineal con pendiente positiva (Figura 5). El nivel CZn tiene un mínimo en el número de granos mayor que el SZn, y en consecuente parte de un rendimiento más alto. A su vez, la ganancia en rendimiento, explicada por el aumento en el número de granos fue mayor para las plantas tratadas CZn (0,54) respecto a las SZn, (0,44) (Figura 5).

No se observó interacción significativa entre los factores Herbicidas y Zn para la concentración en materia grasa expresada en % MG y para el rendimiento en aceite ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) ( $p > 0,05$ , Anexo Tabla 7). Tampoco se observó diferencias significativas en el % MG al analizar factor herbicida ( $p < 0,05$ ), y el factor Zn por separado ( $p < 0,05$ , Tabla 4).

Al igual que el rendimiento en granos, el rendimiento en aceite fue afectado tanto por el factor herbicida como por el factor Zn ( $p < 0,05$ ). El rendimiento de aceite del nivel M4g fue  $197 \text{ kg ha}^{-1}$  inferior a M0g y,  $158 \text{ kg ha}^{-1}$  inferior al de M2g. Por otra parte, el tratamiento CZn produjo un incremento en el rendimiento de aceite de  $164 \text{ kg ha}^{-1}$  respecto al SZn (Tabla 4). Similares resultados obtuvieron Shaker & Al-Doori (2012) donde aplicaciones foliares de Zn en dosis de  $8 \text{ mg l}^{-1}$  conducía a un aumento significativo tanto en rendimiento en granos como rendimiento en aceite, aunque también en la concentración de aceite en los granos.

## CONCLUSIONES

La ausencia de interacción entre los factores evaluados (herbicida y Zn) indica que, suplementaciones con Zn, no tendrían efecto protector o remediador sobre el estrés provocado por los residuos de metsulfurón metil en el suelo *per se*, para el híbrido y las condiciones de estudio planteadas. Por lo tanto, la hipótesis “*Las plantas de girasol suplementadas con Zn toleran el efecto perjudicial provocado por el herbicida metsulfurón metil*” es rechazada.

La presencia de residuos de metsulfurón metil en el suelo a la mayor dosis de estudio, produce un deterioro en la mayoría de las variables evaluadas como altura de plantas, área foliar, biomasa de raíces, rendimiento en granos, rendimiento en aceite, número y peso de granos. Asimismo, la presencia del herbicida en el suelo no tuvo efectos significativos sobre la biomasa aérea de la planta y tampoco en la concentración en materia grasa.

Se reportó un efecto positivo del Zn aplicado a las semillas de girasol en todas las variables estudiadas, excepto en la concentración en materia grasa, que se mantuvo sin cambios.

## ANEXOS

*Tabla 5:* Interacción de los factores Herbicida y Zn y p-valor para las variables: Plantas logradas (plantas/m<sup>2</sup>) a 25 días después de la siembra (DDS), altura de plantas (cm) a los 50 DDS y área foliar (cm<sup>2</sup>) a los 50 DDS, durante la campaña 2018/19. Valor medio  $\pm$  error estándar.

Factor Herbicida	Factor Zn	Plantas logradas (plantas/m <sup>2</sup> )	Altura de plantas (cm)	Área Foliar (cm <sup>2</sup> )
M0g	CZn	5,0 $\pm$ 0,12	29,3 $\pm$ 0,8	1092 $\pm$ 76
	SZn	5,0 $\pm$ 0,11	28,6 $\pm$ 0,8	934 $\pm$ 76
M2g	CZn	5,0 $\pm$ 0,12	28,3 $\pm$ 0,8	927 $\pm$ 76
	SZn	5,0 $\pm$ 0,11	27,1 $\pm$ 0,8	810 $\pm$ 76
M4g	CZn	5,2 $\pm$ 0,12	27,7 $\pm$ 0,8	886 $\pm$ 76
	SZn	4,9 $\pm$ 0,11	25,5 $\pm$ 0,8	688 $\pm$ 76
<b>Interacción</b>	<b>Herb*Zn</b>	0,2566	0,6618	0,8680

*Tabla 6:* Interacción de los factores Herbicida y Zn y p-valor para las variables: Peso seco de raíces (g), peso seco de láminas (g), peso seco de tallos (g), peso seco aéreo (g) y peso de la materia seca total (g) medidos a los 50 DDS, durante la campaña 2018/19. Valor medio  $\pm$  error estándar.

Factor Herbicida	Factor Zn	PS Raíces (g)	PS Lámina (g)	PS Tallo (g)	PS Aéreo (g)	PMS Total (g)
M0g	CZn	2,4 $\pm$ 0,23	8,95 $\pm$ 0,65	6,2 $\pm$ 1,09	15,2 $\pm$ 1,08	17,6 $\pm$ 1,18
	SZn	1,9 $\pm$ 0,23	6,92 $\pm$ 0,65	4,3 $\pm$ 1,09	11,2 $\pm$ 1,08	13,1 $\pm$ 1,18
Met 2g	CZn	2,1 $\pm$ 0,23	7,4 $\pm$ 0,65	4,9 $\pm$ 1,09	12,2 $\pm$ 1,08	14,3 $\pm$ 1,18
	SZn	1,6 $\pm$ 0,23	6,69 $\pm$ 0,65	4,2 $\pm$ 1,09	10,9 $\pm$ 1,08	12,5 $\pm$ 1,18
Met 4g	CZn	2,0 $\pm$ 0,23	7,42 $\pm$ 0,65	4,9 $\pm$ 1,09	12,3 $\pm$ 1,08	14,3 $\pm$ 1,18
	SZn	1,2 $\pm$ 0,23	5,59 $\pm$ 0,65	3,6 $\pm$ 1,09	9,2 $\pm$ 1,08	10,4 $\pm$ 1,18
<b>Interacción</b>	<b>Herb*Zn</b>	0,6641	0,5624	0,3922	0,4781	0,5097



*Figura 6:* Foto de raíces de plantas de girasol secadas en estufa correspondiente a los tratamientos a) M0gSZn, b) M0g CZn, c) M2g SZn, d) M2g CZn, e) M4g SZn y f) M4g CZn, obtenidas a los 50 DDS.

Tabla 7: Interacción de los factores Herbicida y Zn y p-valor para las variables: Rendimiento (Kg ha<sup>-1</sup>), Número de Granos por planta, Peso de granos (g), Materia grasa (%) y rendimiento de aceite (Kg ha<sup>-1</sup>), durante la campaña 2018/19. \* Valor medio ± error estándar.

Factor Herbicida	Factor Zn	Rend. (Kg ha <sup>-1</sup> )	Nº de Granos	Peso de Granos (g)	Materia Grasa (%)	Rend. de aceite (Kg ha <sup>-1</sup> )
<b>M0g</b>	<b>CZn</b>	2592 ± 92	1277 ± 33,4	4,49 ± 0,05	55,0 ± 0,22	1426 ± 52
	<b>SZn</b>	2316 ± 92	1097 ± 33,4	4,33 ± 0,05	54,7 ± 0,22	1268 ± 52
<b>Met 2g</b>	<b>CZn</b>	2448 ± 92	1227 ± 33,4	4,38 ± 0,05	55,4 ± 0,22	1356 ± 52
	<b>SZn</b>	2280 ± 92	1134 ± 33,4	4,32 ± 0,05	55,3 ± 0,22	1260 ± 52
<b>Met 4g</b>	<b>CZn</b>	2304 ± 92	1148 ± 33,4	4,35 ± 0,05	55,1 ± 0,22	1270 ± 52
	<b>SZn</b>	1892 ± 92	901 ± 33,4	4,21 ± 0,05	54,5 ± 0,22	1031 ± 52
<b>Interacción</b>	<b>Herb*Zn</b>	0,4377	0,1033	0,8005	0,5459	0,4132



## BIBLIOGRAFÍA

- ABDALLA, F. E. & Z. M. MOBARAK. 1992. Shoot intake of nutrients from different micronutrients fertilizer formulations in fababean. **African Journal Agricultural Science**; 19:147-160.
- AGOSTINETTO, D.; L. T. PERBONIA; C. LANGARO; J. GOMES; D. S. FRAGA & J. J. FRANCO. 2016. Changes in photosynthesis and oxidative stress in wheat plants submitted to herbicides application. **Planta Daninha**; 34 (1): 1-9.
- AGUIRREZÁBAL, L. A. N.; G. A. ORIOLI; L. F. HERNÁNDEZ; V. R. PEREYRA & J. P. MIRAVÉ. 2001. Girasol. Aspectos fisiológicos que determinan el rendimiento. Ed. INTA (Estación Experimental Agropecuaria Balcarce) y la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad de Mar del Plata. Balcarce. 111 pp.
- AMEZCUA ROMERO, J. & M. FLORES. 2017. El zinc en las plantas. **Ciencia**; 68 (3): 28-35.
- AL-DOORI, S. A. M. & M. Y. H. AL-DULAIMY. 2012. Influence of zinc fertilization levels on growth, yield and quality of some sunflower genotypes (*Helianthus annuus* L., Compositae). **Journal of Research**; 11(4): 714-730.
- ARREGUI C.; F. BEDMAR; A. BRUNORI; D. FACCINI; C. LESCANO; E. PURICELLI; M. MONTERO-BULACIO & J. SUVIRADA. 2016. Herbicidas aplicados al suelo y al follaje. Ed. E. Purichelli y D. Faccini. Mendoza, Argentina. 159 pp.
- AVENDAÑO, M.; J. M. BIROLO & F. BEDMAR. 2003. Residualidad de herbicidas sulfonilureas aplicados en barbechos destinados a siembra de girasol, soja o maíz. Disponible en: [https://www.agroconsultasonline.com.ar//documento.html?op=v&documento\\_id=366](https://www.agroconsultasonline.com.ar//documento.html?op=v&documento_id=366). Acceso: 10 diciembre de 2018.
- BARAICH, A. 2017. Influencia de micronutrientes y prácticas de manejo sobre características agronómicas de cultivares de girasol. PhD. Tesis Universidad de Agricultura de Sindh Tandojam. Sindh, Pakistán.

- BARBIERI, P.; H. SAINZ ROZAS; H. ECHEVERRÍA; F. SALVAGIOTTI; P. BARBAGELATA; M. BARRACO; J. COLAZO; G. FERRARIS; H. SÁNCHEZ; R. CÁCERES DÍAZ; N. REUSSI CALVO; G. ESPOSITO; M. EYHERABIDE & B. LARSEN. 2015. ¿El análisis de suelos permite diagnosticar la deficiencia de cinc en el cultivo de maíz? **Informaciones Agronómicas de Hispanoamérica**; 19: 18-21.
- BEDMAR, F; J. A. PERDIGON AND M.G. MONTERUBBIANESI. 2006. Residual phytotoxicity and persistence of chlorimuron and metsulfurón in soils of Argentina F. **Journal of Environmental Biology**. 27(2): 175-179.
- BEDMAR, F. 2017. "Carryover", la otra cara de la residualidad. Disponible en: <https://niderasemillas.com.ar/argentina/noticias/%22carryover%22,-la-otra-cara-de-la-residualidad/pdf>. Acceso 11 de marzo de 2019.
- CAVERZAN, A.; A. CASASSOLA & S. P. BRAMMER. 2016. Reactive Oxygen Species and Antioxidant Enzymes Involved in Plant Tolerance to Stress. Capítulo 20. In: SHANKER, A. K.; SHANKER, C. (Ed.) *Abiotic and Biotic Stress in Plants – Recent Advances and Future Perspectives*. Hyderabad, India
- CHAILA, S. 1986. Métodos de evaluación de malezas para estudios de población y de control. **Malezas**; 14 (2): 5-78.
- DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LAS PLANTAS DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS DE LA UNIVERSIDAD ESTATAL DE PENNSYLVANIA. 2018. Muestreo y análisis de las raíces de la corona de cultivos. Disponible en: <https://plantscience.psu.edu/research/labs/roots/methods/metodologia-de-investigacion/muestreo-y-analisis-de-las-raices-de-la-corona-de-cultivos>. Acceso: 07 noviembre de 2018.
- DI RIENZO, J. A.; F. CASANOVES; M. G. BALZARINI; L. GONZALEZ; M. TABLADA & C. W. ROBLEDO. InfoStat versión 2013. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>

- DIAZ ZORITA, M. 2014. Girasol. (pp. 509-524). En: H.E. Echeverría & F.O. García (eds.). Fertilidad de suelos y fertilización de cultivos. Ed. INTA. Balcarce, Argentina.
- DIAZ ZORITA, M. 2017. Micronutrientes para la producción de soja. Kairós – 25 Congreso de AAPRESID. Disponible en: <https://2017.congresoaaapresid.org.ar/wp-Content/uploads/2017/08/Diaz-Zorita-micronutrientes-para-la-produccion-de-Soja.pdf>. Acceso: 25/02/2019.
- EL-FOULY, M. M., O. A. NOFAL & Z. M. MOBARAK. 2001. Effects of soil treatment with iron, manganese and zinc on growth and micronutrient uptake of sunflower plants grown in high-pH soil. **Agronomy and Crop Science**; 4: 245-251.
- FERRARIS, G. N. 2011. Micronutrientes en cultivos extensivo. ¿Necesidad actual o tecnología para el futuro?. Disponible en: <http://geadecolon.com.ar/micronutrientes-en-cultivos-extensivo-necesidad-actual-o-tecnologia-para-el-futuro/>. Acceso 20 de diciembre de 2018
- FERRARIS, G.N.; F. MISSART & F. PRATS. 2016. Fertilización con Zinc bajo diferentes escenarios de fertilidad nitrogenada en maíz de siembra temprana. Disponible en: <https://inta.gob.ar/documentos/fertilizacion-con-zinc-bajo-diferentes-escenarios-de-fertilidad-nitrogenada-en-maiz-de-siembra-temprana>. Acceso 19 de diciembre de 2019
- FRIDOVICH, I. 1986. Superoxide dismutases. **Advances in enzymology and related areas of molecular biology**; 58: 61-97.
- HALLIWELL, B. 2006. Reactive species and antioxidants. Redox biology is a fundamental theme of aerobic life. **Plant Physiology**; 141: 312–322.
- KUTMAN, B.; U.B. KUTMAN & I. AKMAK. 2013. Foliar nickel application alleviates detrimental effects of glyphosate drift on yield and seed quality of wheat. **Journal of agricultural and food chemistry**; 61(35): 8364-8372.

- LINDSAY, W.L. & W.A NORVELL. 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper. **Soil Science Society of America Journal**; 42: 421-428.
- MAHMOOD S; A. HUSSAIN; Z. SAEED & M. ATHAR. 2005. Germination and seedling growth of corn (*Zea mays* L.) under varying levels of copper and zinc. **INTERNATIONAL JOURNAL OF ENVIRONMENTAL SCIENCE AND TECHNOLOGY**; 2 (3): 269-274.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA GANADERÍA Y PESCA. 2020. Dirección Nacional de análisis económico agroindustrial - Dirección de estimaciones. Secretaría de agroindustria. Disponible en: <http://datosestimaciones.magyp.gob.ar/reportes.php?reporte=estimaciones>. Acceso: 09/05/2020.
- MIRZAPOUR, M. H. & A. H. KHOSHGOFTAR. 2006. Zinc application effects on yield and seed oil content of sunflower grown on a saline calcareous soil. **Journal of Plant Nutrition**; 29: 1719-1727.
- MONACO, J. T.; M. S. WELLER & F. ASTHON. 2002. Weed Science - Principles and practices. Ed. John Wiley & Sons Inc. New York. 671 pp.
- MONTOYA, J. C. 2016. Malezas en el cultivo de girasol: estrategias de manejo y control. Ed. INTA. Centro Regional La Pampa-San Luis EEA INTA. Anguil. 40 pp
- MONTOYA, J. C. 2017. Comportamiento de los herbicidas en el suelo. Disponible en: <https://2017.congresoaaapresid.org.ar/wp-content/uploads/2017/08/Montoya-comportamiento-de-los-herbicidas-en-el-suelo-.pdf>. Acceso: 25 de febrero de 2019
- NILSSON G. 1985. Interactions between glyphosate and metals essential for plant growth in the herbicide glyphosate, Ed. E Grossbard and D Atkinson, p. 35-47, Butterworth, London.

- OFICINA DE DESARROLLO AGROPECUARIO. 2017. Girasol-Maíz-Sorgo, campaña 2016-2017. **Revista Oficina de Desarrollo Agropecuario**. Junio 2017: 9-14.
- ORTEGA, A. & E. CORVALÁN. 201. Diagnóstico de suelos. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria - Estación Experimental Agropecuaria Salta. Disponible en: <https://www.profertil.com.ar/wp-content/uploads/2020/08/diagnostico-de-suelos.pdf>. Acceso: 15 de mayo de 2020.
- PÉREZ, M. B. 2010. Efecto de residuos de herbicidas sobre el cultivo de girasol. Disponible en: [https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-mt2011\\_perez\\_efecto\\_residuos\\_herbicidas.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-mt2011_perez_efecto_residuos_herbicidas.pdf). Acceso: 25 de agosto 2020
- PIRE, R. & I. VALENZUELA. 1995. Estimación del área foliar en *Vitis vinifera* L. 'French Colombard' a partir de mediciones lineales en las hojas. **Agronomía Tropical**; 45: 143-154.
- PRINCIPIANO M. (2019). Persistencia de herbicidas residuales de la familia de la Acetolactato Sintasa (ALS) y su incidencia en la productividad de cultivos sensibles en la rotación en sistemas agrícolas del NO bonaerense. Tesis de MSci. Universidad Nacional de La Plata. La Plata, Argentina.
- RATTO, S. E. & F. H. MIGUEZ. 2006. Cinc en el cultivo de maíz, deficiencia de oportunidad. **INPOFOS-Informaciones agronómicas del Cono Sur**; 31: 11-14.
- RENGEL, Z. & M. WHEAL. 1997. Herbicide chlorsulfuron decreases growth of fine roots and micronutrient uptake in wheat genotypes. **Journal of Experimental Botany**; 48 (309): 927-934.
- RONDANINI, D; E. PLOCHUK & A. HALL A. 2003. Estimación de umbrales de temperatura de aire capaces de producir mermas en el rendimiento de girasol (*Helianthus annuus* l.): Simulación y Experimentación. Disponible en: <http://agro.unc.edu.ar/~clima/AADA/Congresos/MDQ/157.htm>. Acceso: 12 de agosto de 2020.
- SAAVEDRA, M.; E. ALCÁNTARA; M. FUENTES & C. ALCÁNTARA. 2015 susceptibilidad de variedades de girasol al herbicida metsulfurón-metil del grupo

sulfonilureas. Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural. Instituto de y Formación Agraria y Pesquera. Córdoba. 1-17.

SAAVEDRA, M.; E. ALCÁNTARA; M. FUENTES; M. LAFONT & C. ALCÁNTARA. 2016. Ensayos de susceptibilidad de dos variedades de girasol a tres herbicidas del grupo sulfonilureas. Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural. Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera. Córdoba. 1-27.

SCANDALIOS, J. G. 1993. Oxygen stress and superoxide dismutases. *Plant Physiology*. 101. 7-12.

SHAKER, A. T. & S. A. AL-DOORI. 2012. Response of some sunflower hybrids to zinc foliar Spraying and phosphorus fertilizer levels under sandy Soils conditions. **Tikrit University for Agricultural Science**. 12 (4):174-182.

SHARIFI, R. S. 2016. Application of bio-fertilizers and zinc increases yield, nodulation and unsaturated fatty acids of soybean. **Zemdirbyste-Agric.**, 103 (3): 251-258.

VAN ACKER, R. C. 2005. Soil residual herbicides: Science and management. Ed. Van Acker R. Manitoba. Winnipeg, Canadá. 125 pp

VISOR GEOINTA. 2014. Suelos de Santa Fe. Suelos de la provincia de Santa Fe 1/50000. Disponible en: [http://visor.geointa.inta.gob.ar/#infoFeature\\_1](http://visor.geointa.inta.gob.ar/#infoFeature_1). Acceso: 11 marzo de 2019.