

**Universidad Nacional de Lomas De Zamora**

**Facultad de Ciencias Agrarias**



***Tesina***

“INFLUENCIA DEL AMBIENTE MATERNO EN LA CALIDAD DE SEMILLAS  
DE GIRASOL (*Helianthus annuus* L.)”

García, Federico Augusto

2014

## INDICE GENERAL

<b>Contenido general</b>	<b>Página</b>
INDICE DE FIGURAS.....	IV
INDICE DE TABLAS.....	VI
RESUMEN.....	VII
INTRODUCCION.....	1
Importancia de la producción Argentina de girasol.....	1
Influencia del ambiente materno en la calidad de semillas.....	2
Relación entre el porcentaje de aceite y la calidad fisiológica de semillas de girasol.....	7
OBJETIVOS DEL PROYECTO.....	9
Objetivo general.....	9
Objetivos específicos.....	9
HIPOTESIS.....	9
Hipótesis general.....	9
Hipótesis específicas.....	10
MATERIALES Y METODOS.....	10
Obtención de la semilla híbrida.....	10
Variables medidas en los ensayos a campo.....	11
Fenología.....	11
Humedad de Grano.....	12
Concentración de aceite.....	12
Variables medidas en los ensayos de laboratorio.....	12

Dormición.....	12
Porcentaje de germinación (St/Sp).....	13
Vigor.....	13
Diseño experimental y análisis estadístico.....	14
RESULTADOS.....	14
Duración de las etapas fenológicas.....	14
Caracterización de los ambientes mediante variables climáticas.....	16
Temperaturas medias en el periodo vegetativo y en llenado.....	16
Proporción de días con $T^{\circ} > 30^{\circ}\text{C}$ .....	17
Agua total: precipitaciones + riego.....	17
Contenido de aceite.....	18
Contenido de humedad.....	19
Porcentaje de Germinación.....	20
Vigor.....	21
Conductividad Eléctrica.....	21
Porcentaje de semillas de alto vigor.....	22
Relación entre el vigor y las condiciones ambientales.....	23
Asociaciones entre el porcentaje de aceite, la humedad, la germinación y el vigor.....	26
DISCUSION.....	28
CONCLUSIONES.....	30
BIBLIOGRAFIA.....	31

## INDICE DE FIGURAS

<b>Contenido</b>	<b>Página</b>
Figura 1: Evolución del contenido de materia seca y humedad del grano durante el llenado en girasol .....	3
Figura 2: Duración de la etapa vegetativa en número días (a) y tiempo térmico (b), para los genotipos 904 y 867 en los ambientes A1: ambiente 1, fecha de siembra 25/09/11, A2: ambiente 2, fecha de siembra 31/10/11 y A3: ambiente 3, fecha de siembra 05/11/12.....	15
Figura 3: Duración en número días (a) y tiempo térmico en °C.d (b) de la etapa de llenado, para los genotipos 904 y 867 en los ambientes A1: ambiente 1 (fecha de siembra 25/09/11) A2: ambiente 2 (fecha de siembra 31/10/11) y A3: ambiente 3 (fecha de siembra 05/11/12).....	16
Figura 4: Registro de la temperatura media (C°) para la etapa vegetativa (a) y de llenado (b), para los genotipos 904 y 867 en los ambientes A1: ambiente 1 (fecha de siembra 25/09/11), A2: ambiente 2 (fecha de siembra 31/10/11) y A3: ambiente 3 (fecha de siembra 05/11/12).....	16
Figura 5: Proporción de días con $T^{\circ} > 30^{\circ}\text{C}$ , para la etapa vegetativa (a) y de llenado (b), expresados en %, para los genotipos 904 y 867 en los ambientes A1: ambiente 1 (fecha de siembra 25/09/11), A2: ambiente 2 (fecha de siembra 31/10/11) y A3: ambiente 3 (fecha de siembra 05/11/12).....	17
Figura 6: Milímetros de agua registrados en las etapas vegetativa y de llenado para los genotipos 904 y 867 en los ambientes A1: ambiente 1 (fecha de siembra	

25/09/11), A2: ambiente 2 (fecha de siembra 31/10/11) y A3: ambiente 3 (fecha de siembra 05/11/12).....	18
Figura 7: Porcentaje de aceite registrados para los genotipos 904 y 867 en los ambientes A1: ambiente 1 (fecha de siembra 25/09/11), A2: ambiente 2 (fecha de siembra 31/10/11) y A3: ambiente 3 (fecha de siembra 05/11/12).....	19
Figura 8: Contenido de humedad en semilla para los genotipos 904 y 867 en los ambientes A1: ambiente 1 (fecha de siembra 25/09/11), A2: ambiente 2 (fecha de siembra 31/10/11) y A3: ambiente 3 (fecha de siembra 05/11/12), expresados en %.....	20
Figura 9: Relación entre el porcentaje de semillas vigorosas y el agua total (medido en milímetros) (medido en milímetros) registrada en la etapa de llenado para el genotipo 867.....	24
Figura 10: Relación entre la conductividad eléctrica y el agua total (medido en milímetros) registrada en la etapa de llenado para el genotipo 904.....	25
Figura 11: Relación entre el porcentaje de semillas vigorosas y el agua total (medido en milímetros) registrada en la etapa de llenado para el genotipo 904.....	25
Figura 12: Relación entre la conductividad eléctrica y el porcentaje de días con $T^{\circ} > 30^{\circ}\text{C}$ relativo a la duración en grados día registrada en etapa de llenado para el genotipo 904.....	26
Figura 13: Análisis de componentes principales (Biplot) para las variables % de aceite y % de humedad respecto a la y germinación y vigor. Genotipo 904.....	27

Figura 14: Análisis de componentes principales (Biplot) para las variables % de aceite y % de humedad respecto a la germinación y vigor. Genotipo 867.....27

## INDICE DE TABLAS

<b>Contenido</b>	<b>Página</b>
Tabla I: Porcentaje de germinación (ST/SP) para los genotipos 904 y 867 en los ambientes A1: ambiente 1 (fecha de siembra 25/09/11), A2: ambiente 2 (fecha de siembra 31/10/11) y A3: ambiente 3 (fecha de siembra 05/11/12.....	21
Tabla II: Valores de conductividad eléctrica para los genotipos 904 y 867 en los ambientes A1: ambiente 1 (fecha de siembra 25/09/11), A2: ambiente 2 (fecha de siembra 31/10/11) y A3: ambiente 3 (fecha de siembra 05/11/12.....	22
Tabla III: Valores del porcentaje de semillas de alto vigor para los genotipos 904 y 867 en los ambientes A1: ambiente 1 (fecha de siembra 25/09/11), A2: ambiente 2 (fecha de siembra 31/10/11) y A3: ambiente 3 (fecha de siembra 05/11/12.....	23

## RESUMEN

La calidad de las semillas, que se maximiza en la madurez fisiológica, puede estar afectada por las condiciones ambientales durante su llenado y desecación. Los estreses ambientales durante el llenado de semilla limitan el potencial de calidad, y en el período de desecación hasta la cosecha, el estrés hídrico, la elevada temperatura y humedad aceleran el deterioro. El objetivo del presente fue cuantificar los efectos del genotipo, el ambiente materno y su interacción en la calidad fisiológica de semillas de girasol a cosecha. Se evaluaron dos híbridos (surgidos de diferentes fuentes genéticas), en tres ambientes (siembras el 25/09/11, 31/10/11 y 05/11/12) bajo condiciones contrastantes de temperatura y humedad. Se analizó la germinación y el vigor según ISTA y mediante la separación del pericarpio y testa. La contribución relativa del ambiente, el genotipo y su interacción se analizaron mediante ANAVA y las relaciones entre las variables de calidad fisiológica y las variables ambientales mediante análisis de regresión.

En semillas de girasol, la germinación se encuentra influenciada por el genotipo. En contraposición, el vigor se halla condicionado por el ambiente. El atraso de la fecha de siembra reduce germinación y el vigor.

**Palabras clave:** girasol, ambiente materno, genotipo, germinación, vigor.

## INTRODUCCION

### Importancia de la producción Argentina de girasol.

Argentina juega un papel importante en el mercado mundial de girasol, siendo uno de los principales países productores y exportadores de grano, aceite y subproductos, junto con la Federación Rusa y Ucrania (ASAGIR, 2010). La principal ventaja de este cultivo es la posibilidad de producir aceites de alta calidad alimenticia con una elevada proporción de ácidos grasos insaturados (omega 6 y 9) y ácidos grasos esenciales. Además de ello, existen en el mercado girasoles con composición acídica modificada o girasoles alto oleico (Aguirrezábal *et al.*, 2002). Este tipo de aceites son muy demandados por el mercado debido a que se consideran saludables, por su bajo nivel de lipoxidación (Maiti *et al.*, 2006). Lo mencionado demuestra que el girasol es un producto estratégico para el país (Rebolini, 2002), por lo que todas aquellas prácticas de producción que tiendan a maximizar el rendimiento y preserven su calidad (Cantamutto *et al.*, 2008) juegan un rol muy importante para la expansión de este cultivo.

La producción nacional está sustentada por una industria semillera altamente desarrollada, con más de 20 empresas que liberan al mercado local e internacional genética de girasol de avanzada. Según el Instituto Nacional de Semillas (INASE, 2013), durante el último quinquenio se han producido en promedio 11.754 toneladas de semillas por año, de las cuales se exportó alrededor del 12 %. Varios programas de mejoramiento genético de girasol de empresas con alcance internacional tienen en Argentina gran parte de sus centros de biotecnología y producción (ASAGIR, 2013). La industria semillera



de girasol enfrenta diversos inconvenientes durante la producción de semilla híbrida que requieren desarrollo tecnológico local para su superación.

La calidad de las semillas de girasol puede ser influenciada por el ambiente materno, el genotipo y la composición acídica, dichos son los condicionantes que serán abordados en el presente trabajo.

### Influencia del ambiente materno en la calidad de semillas.

Producida la fecundación, el desarrollo posterior del grano puede dividirse en tres etapas, una primer etapa con bajas tasas de crecimiento (fase lag), una segunda etapa caracterizada por una tasa de crecimiento alta y constante (fase lineal) y una tercera etapa (fase plateau) de cese definitivo de crecimiento, donde el grano alcanza la madurez fisiológica (Abeledo *et al.*, 2003). El contenido hídrico del grano también sufre variaciones durante el periodo de llenado. Durante la primera fase se produce una deposición neta de agua, luego se produce una rápida absorción de agua y, alcanzado el nivel máximo de contenido de agua, el mismo comienza a disminuir. La duración del periodo que abarca desde madurez fisiológica hasta madurez comercial se encuentra relacionada con factores ambientales y genotípicos. El ritmo de pérdida de humedad en este periodo depende de la diferencia entre el contenido hídrico de los granos y el aire que los rodea, por lo que se hace cada vez más lento a medida que el grano se va secando (figura 1). La madurez fisiológica de girasol se alcanza con 38% de humedad del grano (Rondanini *et al.*, 2007).

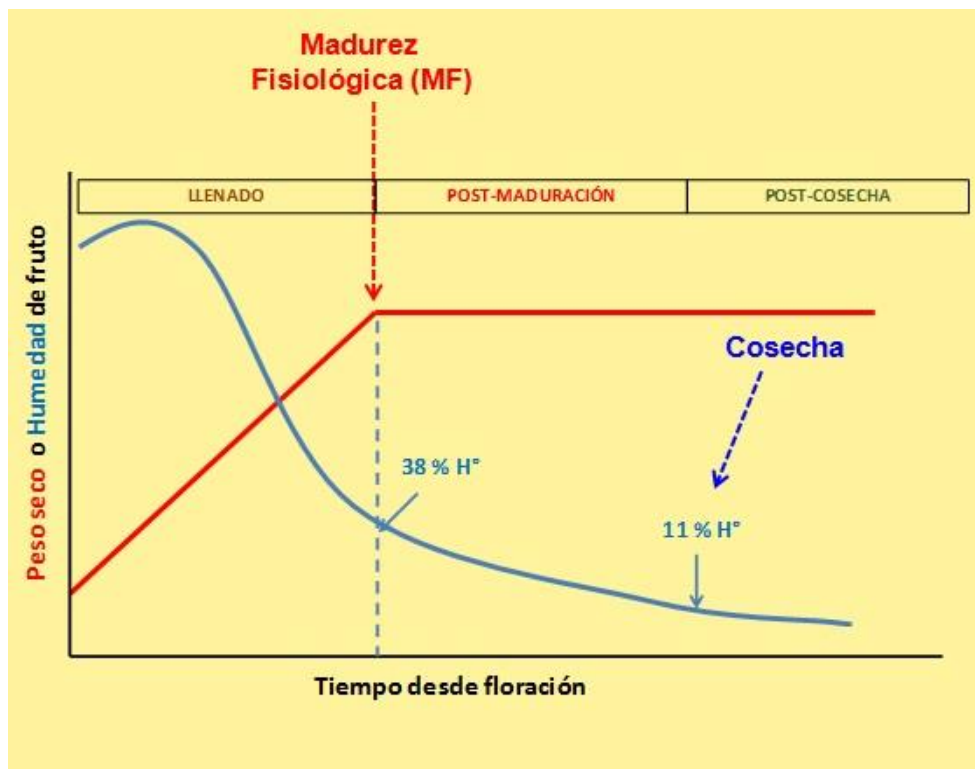


Figura 1: Evolución del contenido de materia seca y humedad del grano durante el llenado en girasol.

La germinación y el vigor se incluyen dentro de un conjunto de atributos que definen la calidad de las semillas, como la pureza genética y varietal, la dormición, el estado sanitario y el contenido de humedad (Peretti, 1994). El porcentaje de germinación indica la capacidad de las semillas de emerger en condiciones óptimas (ISTA, 2010). En cambio, el vigor expresa la capacidad de las semillas para emerger bajo condiciones ambientales desfavorables (AOSA, 1983). Las semillas alcanzan su máximo peso seco, viabilidad y vigor en madurez fisiológica. A partir de este estado, tanto la germinación como el vigor son gradualmente reducidos a medida que progresa el deterioro de las semillas. El vigor se pierde más rápidamente que la capacidad para germinar (Delouche y Caldwell, 1960).

Estos atributos se originan en la planta madre y por ello están afectados por el genotipo y el ambiente explorado durante el ciclo del cultivo. Los efectos genotípicos en girasol corresponden a los provenientes de las líneas endocriadas que se emplean para la producción de los híbridos (simples o triples) comercializados (Fick y Miller, 1997). Los efectos ambientales se refieren principalmente a las condiciones exploradas por la planta madre según el ambiente (localidad y fecha de siembra elegidas en el programa de producción de semillas).

En Argentina, las zonas de producción de semilla híbrida de girasol comprenden desde el límite sur de la región pampeana (valle bonaerense del Río Colorado) (Rivas *et al.*, 2010), hasta la producción invernal en el norte del país (Salta) (Vásquez, 2002). En la zona núcleo agrícola de Argentina, la producción de semilla híbrida puede realizarse en siembras normales (mediados de octubre) o tempranas (fin de septiembre), generando un rango variable de condiciones ambientales bajo las cuales crece la planta madre (Vásquez, 2002).

La calidad fisiológica puede estar limitada por las condiciones ambientales previas y posteriores a la madurez fisiológica. Los estreses ambientales que ocurren durante el llenado de grano limitan el máximo nivel de calidad alcanzable hasta madurez fisiológica. En las etapas posteriores a la madurez y hasta el momento de la cosecha, el estrés hídrico, la elevada temperatura, la alta humedad y las precipitaciones promueven el rápido deterioro de las semillas (Dornbos, 1995). Dichos estreses limitan la habilidad para sintetizar y organizar los fosfolípidos de la membrana plasmática, afectando el mecanismo de germinación (Dornbos, 1995). La modificación del ambiente materno, a

través de la siembra en distintas fechas, también puede impactar fuertemente en la calidad de las semillas, debido a la exposición a diferentes condiciones climáticas (Rahman *et al.*, 2005).

Sin embargo, las causas fisiológicas del efecto del ambiente materno sobre la viabilidad y el vigor no están totalmente claras (Dornbos, 1995). Bajas temperaturas durante el llenado de granos pueden resultar beneficiosas para la calidad de las semillas (Sanhewe y Ellis, 1996). La habilidad de una especie para mantener la calidad de sus semillas en condiciones de estrés puede atribuirse a factores genéticos y/o ambientales. En este sentido, existen en la literatura controversias sobre la importancia relativa de cada uno de estos factores (Dornbos, 1995). Por tal razón, resulta importante conocer cuánto de la variabilidad detectada en la calidad de las semillas de girasol producidas en Argentina puede atribuirse a factores genéticos, efectos ambientales y/o a la interacción entre ambos.

En experimentos realizados a campo Heatherly (1993) señaló que el estrés hídrico redujo la germinación de semillas de soja (*Glycine max* L.). En cambio, Samarah y Alqudah (2011) indican que el estrés hídrico durante la etapa final de llenado de no tuvo efectos en la germinación, mientras que redujo significativamente el vigor en semillas de cebada (*Hordeum vulgare* L.). En semillas de vicia (*Vicia faba* L.), las variaciones en el régimen hídrico de las plantas madre no afectaron significativamente la germinación ni el vigor (Ghassemi-Golezani y Hosseinzadeh-Mahootchy, 2009).

En semillas de soja, en condiciones de campo, Egli *et al.* (2005) demostraron que la germinación y el vigor se redujeron a medida que aumentó la temperatura durante el llenado de granos, detectando diferente sensibilidad

en las variedades evaluadas. Sus resultados también demuestran que el vigor es mucho más sensible al estrés por alta temperatura que la germinación. El efecto del estrés por alta temperatura sobre la germinación de semillas de trigo (*Triticum aestivum* L.) resultó inconsistente entre genotipos con diferente sensibilidad al estrés por calor, en cambio, el vigor se redujo en todos los genotipos evaluados (Hasan *et al.*, 2012).

Según Siddique y Wright (2004), el atraso en la fecha de siembra puede ocasionar reducciones en la germinación y el vigor de semillas de soja. Rahman *et al.* (2005) también detectaron reducciones en la germinación y el vigor con el atraso en la fecha de siembra, pero sólo en uno de los años evaluados. Dichas pérdidas en la calidad no pudieron ser asociadas con las temperaturas durante la desecación. Por su parte Rosbaco *et al.* (2005) también afirma que el atraso de la siembra en soja resulta perjudicial sobre la calidad fisiológica de la semilla, con reducción significativa del vigor, atribuido a las variaciones ambientales y consecuentemente a ciertos factores bióticos. En semillas de poroto (*Phaseolus vulgaris* L.), Greven, *et al.* (2004) observaron que el atraso en la fecha de siembra redujo la germinación y tuvo un impacto mucho menor en el vigor. Las reducciones en la calidad se asociaron con el exceso de humedad y los ciclos de humedecimiento-secado previos a madurez fisiológica de las semillas. En variedades de maní (*Arachis hypogaea* L.) de ciclo largo, el atraso en la fecha de siembra acorta el periodo de llenado dando como resultado semillas que no completan su formación y presentan menor calidad fisiológica (Arnosio *et al.*, 2013).

En semillas de girasol los efectos del genotipo y el ambiente materno han sido poco estudiados. Miklič *et al.*, (2006) hallaron que el porcentaje de

germinación se encuentra bajo control genético y Radić *et al.* (2009) observaron que los factores del ambiente materno tienen efectos altamente significativos en la germinación de las semillas de girasol. Sin embargo, en ninguno de estos estudios se emplearon las normas de la *International Seed Testing Association* (ISTA) como criterio de evaluación de la calidad de las semillas. Por lo expuesto, la modificación de la calidad de las semillas de girasol asociada al ambiente de la planta madre, debería considerar un estudio que aplique la normativa de la ISTA que se aplica en el comercio internacional de semillas (OCDE, 2012). Dicha normativa brinda protocolos de evaluación que son estandarizados internacionalmente lo que permite la comparación de resultados entre diferentes grupos de investigación. Además, sería de gran utilidad la incorporación de otros atributos de calidad como el vigor, dada su importancia en la predicción de las reales condiciones del ambiente de producción.

#### Relación entre el porcentaje de aceite y la calidad fisiológica de semillas de girasol.

Otro de los aspectos cruciales desde el punto de vista económico para la producción de semillas es la conservación de la calidad durante el almacenamiento. La longevidad de las semillas de girasol puede variar desde 6 a 20 meses, si son destinadas como *carry over* (Šimić *et al.*, 2007). La peroxidación de lípidos y el incremento en el contenido de ácidos grasos libres constituyen las principales causas de deterioro en las semillas de oleaginosas (Balešević-Tubić *et al.*, 2005). Entre sus efectos más notables se encuentran la degradación de membranas biológicas, la desnaturalización de proteínas,

interferencias en la síntesis de ADN y proteínas, acumulación de materiales tóxicos y destrucción del sistema transportador de electrones de la fosforilación oxidativa (Wilson y Mc Donald, 1986). Tales procesos llevan a reducciones en la germinación y el vigor de las semillas y por ende comprometen su futura performance a campo (Kausar *et al.*, 2009).

Lo mencionado demuestra que el contenido de aceite y su composición química pueden modificar el estado oxidativo de las semillas y por lo tanto su susceptibilidad al deterioro. La concentración de aceites en el grano de cultivares modernos varía entre 48 y 54 %. La variación entre cultivares es atribuible a una menor proporción de pericarpio y una mayor concentración de aceite en el embrión en los cultivares con mayor contenido de aceite. Conjuntamente, el porcentaje de aceite puede ser modificado tanto por el genotipo, como por las condiciones ambientales. El contenido de aceite se asocia negativamente con la temperatura y el estrés hídrico, que causan una reducción del periodo de llenado, lo que da lugar a semillas de menor tamaño, que finalmente logran un contenido reducido de aceite y una mayor proporción de pericarpio. Por su parte, el atraso de la fecha de siembra lleva al cultivo a una situación de baja radiación y temperaturas sub óptimas para la acumulación de aceite durante el periodo llenado (Trápani *et al.*, 2003). Balešević-Tubić *et al.* (2005) hallaron que las líneas de girasol con mayor contenido de aceite en sus semillas presentaron alta sensibilidad al estrés oxidativo y mayor susceptibilidad al deterioro. Por su parte, Radić *et al.* (2009) detectaron una correlación positiva y significativa entre la concentración de aceite y el porcentaje de germinación en dos genotipos de girasol. Por lo tanto, resulta importante considerar la relación existente entre la calidad de las

semillas de girasol y la concentración de aceite, evaluadas en diferentes genotipos y ambientes.

## OBJETIVOS DEL PROYECTO

Objetivo general:

Identificar los efectos del genotipo, el ambiente y la interacción genotipo x ambiente en la calidad fisiológica de las semillas de girasol.

Objetivos específicos:

- Estimar importancia del genotipo, el ambiente y su interacción en la germinación y el vigor de las semillas de girasol.
- Determinar la incidencia del atraso en la fecha de siembra sobre la germinación y el vigor de las semillas de girasol.
- Cuantificar el efecto del porcentaje de aceite sobre la calidad fisiológica de semillas de girasol.

## HIPOTESIS

Hipótesis general:

El genotipo, el ambiente y su interacción ejercen una influencia significativa en la calidad fisiológica de las semillas de girasol.

Hipótesis específicas:



- El genotipo, el ambiente y su interacción pueden impactar en la germinación y el vigor en diferente magnitud.
- El atraso en la fecha de siembra reduce la calidad fisiológica de las semillas de girasol.
- Aumentos en el porcentaje de aceite se corresponden con disminuciones en la calidad fisiológica de semillas de girasol.

## MATERIALES Y METODOS

### Obtención de la semilla híbrida:

Se evaluaron semillas de girasol de dos híbridos provenientes de orígenes genéticos (grupos heteróticos) muy diferentes entre sí. Uno de ellos se obtuvo como resultado de un cruzamiento simple (904) y el otro de un cruzamiento triple (867). Las líneas empleadas para los cruzamientos fueron facilitadas por el semillero PANNAR SEMILLAS S.R.L. Los ensayos a campo se realizaron en el campo experimental del semillero en la localidad de Venado Tuerto, Santa Fe (33° 44' S; 61° 58' O) durante las campañas 2011/2012 y 2012/2013, con dos fechas de siembra 25/09/11(ambiente 1 = A1) y 31/10/11(ambiente 2 = A2) en la primer campaña, y una única fecha de siembra para la segunda, 05/11/12 (ambiente 3 = A3), generando tres ambientes contrastantes en humedad y temperatura. Las líneas femeninas (androestériles) se sembraron en 8 surcos de 5 m de largo distanciados a 0,70 m y una densidad de 50.000 pl/ha. Las líneas macho (restauradoras de la fertilidad) se sembraron en una relación hembra: macho de 5:2. Previo a

floración se cubrieron los capítulos, se colectó polen de los machos y se mantuvo refrigerado hasta su utilización en la polinización manual de capítulos hembra. Los ensayos se condujeron libres de adversidades bióticas, con fertilización y riego suplementario.

### Variables medidas en los ensayos a campo.

#### 1. Fenología.

La fenología del cultivo se siguió de acuerdo a la escala fenológica de Schneiter y Miller (1981), considerando el 50% de las plantas por parcela. Se determinaron las fechas de ocurrencia de los siguientes eventos fenológicos:

- Floración (R5.5)
- Llenado de granos (R6 a R9)
- Madurez fisiológica (R9)

La duración de los mencionados eventos se determinó mediante el cálculo de:

- a) Tiempo cronológico: días desde la siembra y
- b) Tiempo térmico (TT): medido en °C.día, a través de la siguiente fórmula:

$$TT (\text{°C.d}) = \sum (T^{\circ}\text{media diaria} - T^{\circ}\text{base})$$

Los datos climáticos fueron recolectados de la estación meteorológica del campo experimental de la empresa Pannar. Para una mejor caracterización de los ambientes de producción, durante todo el ciclo del cultivo se midieron las

siguientes variables: temperatura media, tiempo térmico (TT), días con temperaturas mayores a 30° C ( $T^{\circ} > 30^{\circ}\text{C}$ ), precipitaciones (que junto al agua de riego conforman el agua total) y el porcentaje de días con temperaturas mayores a 30° C relativo a la duración en grados día.

## 2. Humedad de Grano

A partir del estado de madurez fisiológica se determinó el porcentaje de humedad de los granos a través de la metodología de ISTA (2010).

## 3. Concentración de aceite

La concentración de aceite se determinó a través de un analizador de Resonancia Magnética Nuclear (NMR).

## Variables medidas en los ensayos de laboratorio (análisis de calidad fisiológica).

Se determinó un mes después de la cosecha de acuerdo con los protocolos para girasol de las normas ISTA (2010), utilizando una cámara de germinación con condiciones controladas de luz y temperatura (IDE, TIPO 40S12, Córdoba, Argentina). Sobre 4 repeticiones de 50 semillas por cada tratamiento, se analizaron las siguientes variables:

- Dormición: mediante un método de ruptura de la dormición que consistió en la remoción de la testa y el pericarpio (Szemruch *et al*, 2013). Para ello se pre-humedecieron las semillas durante un periodo de 18 horas y se eliminaron las cubiertas mediante un bisturí, sin dañar los tejidos.

- Porcentaje de germinación (PG) sin testa y sin pericarpio (St/Sp): Una vez eliminada la dormición de semillas, se procedió a la siembra de las mismas en sustrato de papel blanco (tipo "Valot") dentro de bolsas transparentes de polietileno de 25 x 20 cm. La temperatura de la cámara germinativa fue de 25°C con fotoperiodo de 12 h y los recuentos se realizaron al 4°, 7° y 10° día.
- Vigor: Se determinó mediante dos procedimientos:
  - a) Conductividad eléctrica (CE): esta metodología evalúa el vigor en forma indirecta a través de la intensidad de daños causados en las membranas celulares resultantes del proceso de deterioro de las semillas. La técnica consiste en la cuantificación de electrolitos liberados por las semillas al agua de imbibición, siendo esa cantidad proporcional al grado de desorganización de la membrana plasmática. Bajos valores de conductividad se corresponden con una menor liberación de electrolitos e indican alto vigor (Abreu *et al*, 2011). La liberación de electrolitos se determinó en embriones sin pericarpio sumergidos en 75 ml de agua destilada a 25 °C por 24 h, utilizando un conductímetro (Orion 120, Boston, USA) según AOSA (1983) y Braz *et al.* (2008).
  - b) Prueba de tetrazolio (TZ). se empleó la prueba topográfica usando Cloruro de 2,3,5-trifenil-2H-tetrazolio (Anedra) sobre embriones (sumergidos en agua durante 18 h a 20 °C y remoción manual del pericarpio y la testa) con corte longitudinal entre los cotiledones y el eje radícula/hipocótilo. Posteriormente se incubaron en una solución al 1% de cloruro de 2,3,5-trifenil tetrazolio, durante 3 hs a 30°C, en

oscuridad. Las semillas se categorizaron como vigorosas mediante una adaptación para girasol de método propuesto por Craviotto *et al.*, (2008).

#### Diseño experimental y análisis estadístico:

A campo, para cada campaña y fecha de siembra, los tratamientos se aplicaron siguiendo un diseño de parcelas divididas con 2 repeticiones, donde los 2 genotipos se aleatorizaron en la parcela principal. En el caso de los ensayos en laboratorio se aplicó un diseño completamente aleatorizado (DCA). Previo a la realización de los análisis estadísticos, las variables expresadas en porcentaje fueron transformadas (arco seno) para homogeneizar las varianzas (Little, 1985). Se realizó un análisis de varianza (ANAVA) y comparación de medias mediante el test LSD para detectar diferencias entre los tratamientos con un nivel de significancia del 5%. Para detectar las relaciones entre los valores de vigor y las variables climáticas medidas, se realizó un análisis de regresión lineal. Las asociaciones entre el porcentaje de aceite y humedad y las variables de calidad fisiológica se establecieron mediante un análisis multivariado (componentes principales-biplot). Los análisis se realizaron mediante el programa estadístico INFOSTAT (Di Rienzo *et al.*, 2008).

## RESULTADOS

### Duración de las etapas fenológicas

La duración de la etapa vegetativa, expresada en tanto en número de días como en TT (tiempo térmico), fue similar para los dos genotipos en ambos ambientes (figura 2a). En cuanto al efecto del ambiente sobre la duración de la etapa, se observó una reducción en el número de días de siembra floración a medida que se atrasó la fecha de siembra (desde el A1 al A3) (figura 2a) para ambos genotipos. Sin embargo, si se cuantifica en TT, no se observaron diferencias en la duración entre ambientes (figura 2b).

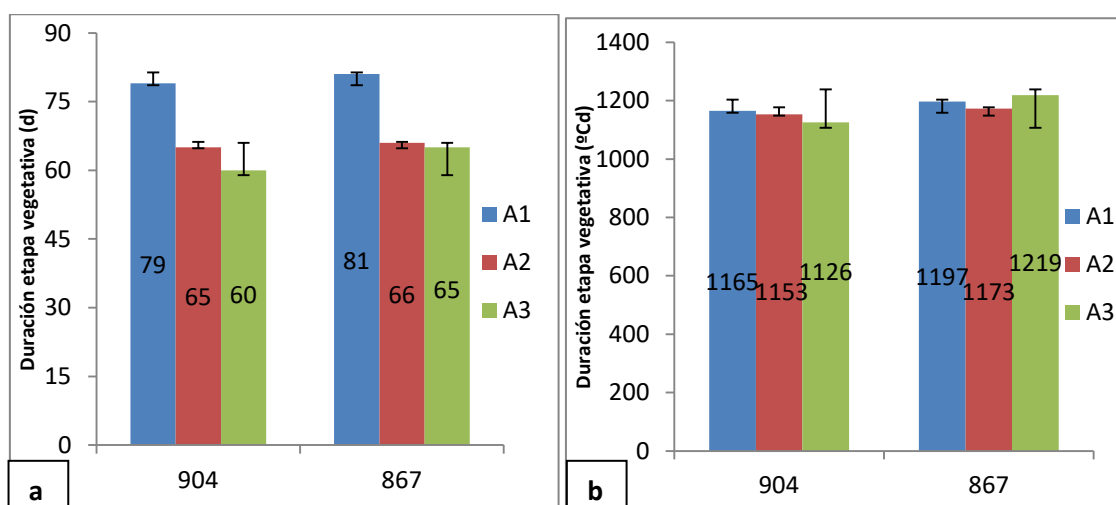


Figura 2: Duración de la etapa vegetativa en número días (a) y tiempo térmico (b), para los genotipos 904 y 867 en los ambientes A1: ambiente 1 (fecha de siembra 25/09/11), A2: ambiente 2 (fecha de siembra 31/10/11) y A3: ambiente 3 (fecha de siembra 05/11/12).

La duración de la etapa de llenado fue similar entre genotipos tanto en días como en TT para ambos ambientes. En cuanto a las diferencias entre ambientes, al igual que en la etapa anterior, el A1 presentó las mayores duraciones. Entre los ambientes 2 y 3 se observaron duraciones similares para el genotipo 867. Mientras que el genotipo 904 mostró una duración mayor del periodo en el ambiente 3 (figuras 3a y 3b).

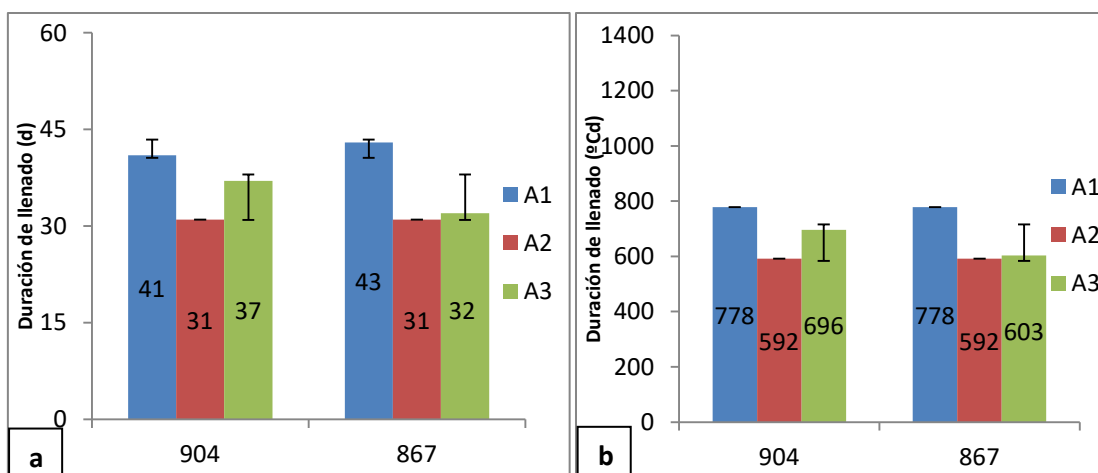


Figura 3: Duración en número días (a) y tiempo térmico en °C.d (b) de la etapa de llenado, para los genotipos 904 y 867 en los ambientes A1: ambiente 1 (fecha de siembra 25/09/11), A2: ambiente 2 (fecha de siembra 31/10/11) y A3: ambiente 3 (fecha de siembra 05/11/12).

### Caracterización de los ambientes mediante variables climáticas

#### *Temperaturas medias en el periodo vegetativo y en llenado.*

La temperatura media a la que estuvieron sometidos ambos genotipos durante la etapa vegetativa fue similar en los tres ambientes (figura 4a). En el ambiente 1 se registró una temperatura media menor que las registradas en los ambientes 2 y 3, sin diferencias entre estos últimos (figura 4a). En cuanto a las temperaturas registradas en la etapa de llenado, no se observaron diferencias substanciales entre los tres ambientes para ninguno de los dos genotipos (figura 4b).

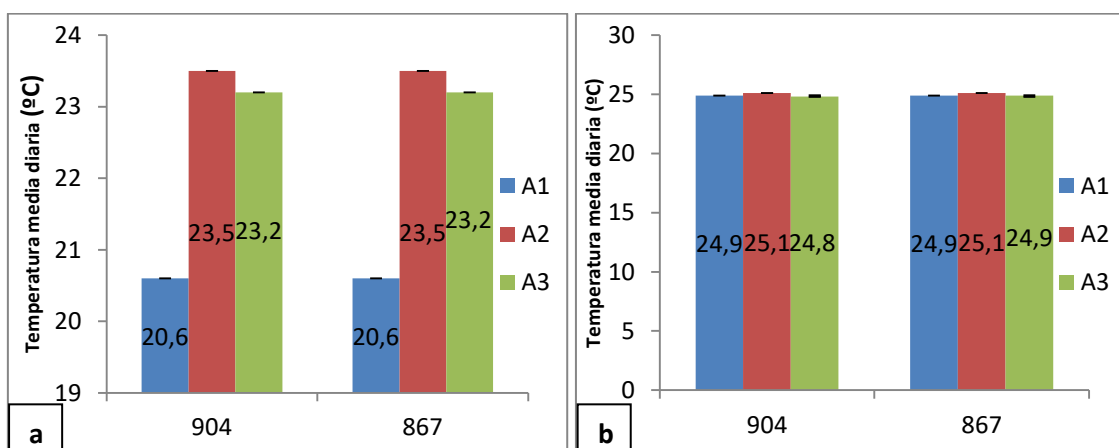


Figura 4: Registro de la temperatura media para la etapa vegetativa (a) y de llenado (b) medida en °C, para los genotipos 904 y 867 en los ambientes A1: ambiente 1 (fecha de siembra 25/09/11), A2: ambiente 2 (fecha de siembra 31/10/11) y A3: ambiente 3 (fecha de siembra 05/11/12).

#### *Proporción de días con $T^{\circ} > 30^{\circ}\text{C}$ .*

Tanto para la etapa vegetativa, como para la de llenado, la proporción de días con  $T^{\circ} > 30^{\circ}\text{C}$ , no varió entre genotipos. Durante la etapa vegetativa, la mayor proporción de días con  $T^{\circ} > 30^{\circ}\text{C}$  fue registrada en el ambiente 2 (figura 5a) con diferencias muy marcadas respecto del ambiente 1, que presentó el menor porcentaje. En cuanto a la etapa de llenado, la mayor proporción de días con  $T^{\circ} > 30^{\circ}\text{C}$  fue registrada en el ambiente 3, presentándose entre los dos restantes ambientes, porcentajes similares (figura 5b).

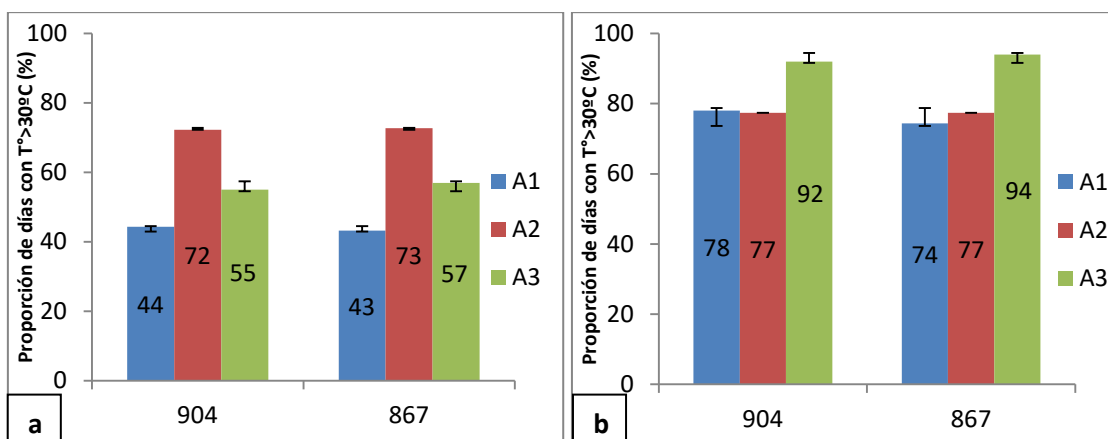


Figura 5: Proporción de días con  $T^{\circ} > 30^{\circ}\text{C}$ , para la etapa vegetativa (a) y de llenado (b), expresados en %, para los genotipos 904 y 867 en los ambientes A1: ambiente 1 (fecha de siembra 25/09/11), A2: ambiente 2 (fecha de siembra 31/10/11) y A3: ambiente 3 (fecha de siembra 05/11/12).

#### *Agua total: precipitaciones + riego.*

El agua total registrada entre ambientes fue muy variable (figura 6). Durante la etapa vegetativa, el ambiente 1 superó ampliamente a los contenidos totales de agua de los ambientes 2 y 3. El ambiente 2 presentó los menores contenidos de agua para dicha etapa. Durante la etapa de llenado, los



registros indicaron que el agua total recibida en los ambientes 1 y 2 fueron similares, superando ampliamente al ambiente 3. Es importante resaltar que el agua recibida durante esta etapa fue prácticamente nula en este último ambiente.

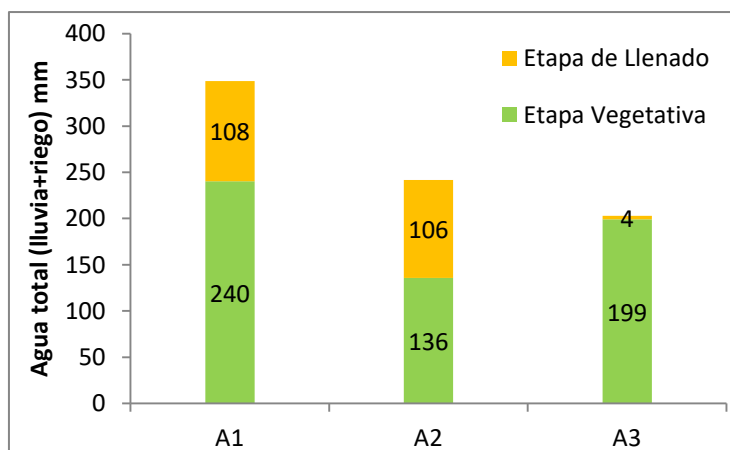


Figura 6: Agua total (precipitaciones + riego) registrados en las etapas vegetativa y de llenado para los genotipos 904 y 867 en los ambientes A1: ambiente 1 (fecha de siembra 25/09/11), A2: ambiente 2 (fecha de siembra 31/10/11) y A3: ambiente 3 (fecha de siembra 05/11/12).

### Contenido de aceite

El análisis de la varianza del contenido de aceite reveló que la interacción genotipo x ambiente (datos no mostrados) no resultó significativa destacándose principalmente la influencia de los efectos del genotipo. Para el genotipo 867, el porcentaje de aceite varió entre el 46 y 49 %, sin diferencias significativas entre ambientes (figura 7). En cuanto al genotipo 904, se observó una reducción significativa en el ambiente 3, sin diferencias entre el resto de los ambientes. En cuanto las diferencias entre genotipos, el genotipo 867 presentó porcentajes de aceite superiores al genotipo 904.

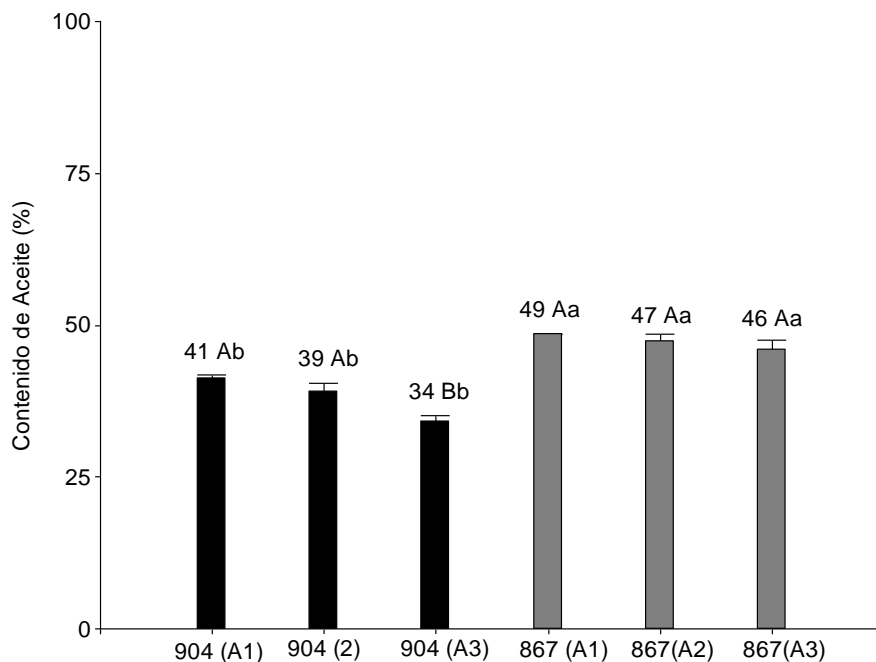


Figura 7: Porcentaje de aceite registrados para los genotipos 904 y 867 en los ambientes A1: ambiente 1 (fecha de siembra 25/09/11), A2: ambiente 2 (fecha de siembra 31/10/11) y A3: ambiente 3 (fecha de siembra 05/11/12). Las letras mayúsculas indican diferencias significativas entre ambientes y minúsculas entre genotipos ( $p < 0,05\%$ ).

### Contenido de humedad

El contenido de humedad de la semilla (figura 8), resultó influenciado principalmente por el ambiente y no por el genotipo, sin efectos significativos de la interacción (datos no mostrados). Para el genotipo 867, el mayor contenido de humedad se detectó en el ambiente 2 con valores del 15% y el menor en el ambiente 3 con un 6% de humedad. En cuanto al genotipo 904, tanto para el ambiente 1 como el 2, se obtuvieron porcentajes similares alrededor del 10%. En el ambiente 3 se detectó un menor contenido de humedad. El análisis entre ambientes indicó una disminución en el porcentaje de humedad a medida que se atrasó la fecha de siembra (desde el ambiente 1 al 3), excepto en el genotipo 867 en el cual el porcentaje de humedad fue significativamente mayor en el ambiente 2.

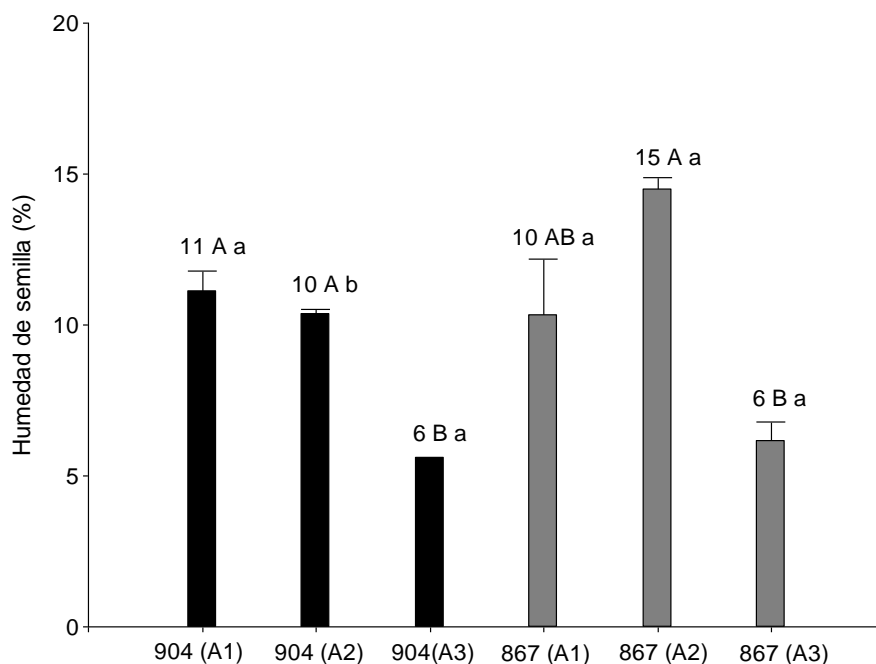


Figura 8: Contenido de humedad en semilla para los genotipos 904 y 867 en los ambientes A1: ambiente 1, fecha de siembra 25/09/11, A2: ambiente 2, fecha de siembra 31/10/11 y A3: ambiente 3, fecha de siembra 05/11/12, expresados en %. Las letras mayúsculas indican diferencias significativas entre ambientes y minúsculas entre genotipos ( $p < 0,05\%$ ).

### Porcentaje de germinación (St/Sp)

Para el caso del poder germinativo se observó un mayor efecto del genotipo (representando por el 48% respecto a la variación total) y un menor efecto del ambiente (3% de la variación total), siendo la interacción entre ellos de un 29% (datos no mostrados). Ambos genotipos presentaron porcentajes de germinación que no difirieron significativamente entre sí en los ambientes 1 y 2. En cambio en el ambiente 3 (tabla I), el genotipo 867 presentó un mayor porcentaje de germinación que el genotipo 904. En cuanto a las diferencias entre ambientes, para el genotipo 904, no hubo diferencias significativas entre ambientes. En el caso del genotipo 867, en el ambiente 3, se observaron mayores porcentajes, con diferencias significativas respecto de los ambientes

1 y 2. Este genotipo mostró una mayor sensibilidad a las condiciones ambientales a las que fue sometido.

Porcentaje de germinación		
Genotipo	904	867
<b>A1</b>	92 ± 1,4 A a	92 ± 0,0 B a
<b>A2</b>	96 ± 3,5 A a	92 ± 2,1 B a
<b>A3</b>	91 ± 1,4 A b	98 ± 0,0 A a
<b>G</b>	0,0091	
<b>A</b>	0,6330	
<b>G*A</b>	0,0667	

Tabla I: Porcentaje de germinación (St/Sp) para los genotipos 904 y 867 en los ambientes A1: ambiente 1 (fecha de siembra 25/09/11), A2: ambiente 2 (fecha de siembra 31/10/11) y A3: ambiente 3 (fecha de siembra 05/11/12). Las letras mayúsculas indican diferencias significativas entre ambientes y minúsculas entre genotipos ( $p < 0,05\%$ ). G (genotipo), A (ambiente) y G\*A (interacción genotipo-ambiente).

## Vigor

### *Conductividad Eléctrica*

La influencia del ambiente en esta variable fue significativa, representando un 68% de la variación total (datos no mostrados). El efecto del genotipo no fue significativo y mostró solo un 1% de la variación total. Se observó una interacción significativa entre el genotipo y el ambiente (tabla II), con un aporte del 25% de la variación total. El ambiente 3 presentó el menor vigor (más alta conductividad) para el genotipo 904, mientras que el ambiente 1 se destacó con el mayor vigor (tabla II). Para el genotipo 867 la respuesta fue similar, expresando los valores más altos de vigor en el ambiente 1, sin diferencias significativas entre los ambientes 2 y 3.

<b>Conductividad</b>			
<b>Genotipo</b>	904		867
<b>A1</b>	30,2 ± 10,1	C a	39,9 ± 5,1 A a
<b>A2</b>	60,5 ± 4,5	B a	83,2 ± 14,0 A a
<b>A3</b>	126,1 ± 0,8	A a	74,9 ± 21,6 A a
<b>G</b>			0,3892
<b>A</b>			0,0006
<b>G*A</b>			0,0090

Tabla II: Valores de conductividad eléctrica para los genotipos 904 y 867 en los ambientes A1: ambiente 1 (fecha de siembra 25/09/11), A2: ambiente 2 (fecha de siembra 31/10/11) y A3: ambiente 3 (fecha de siembra 05/11/12). Las letras mayúsculas indican diferencias significativas entre ambientes y minúsculas entre genotipos ( $p < 0,05\%$ ). G (genotipo), A (ambiente) y G\*A (interacción genotipo-ambiente).

#### *Porcentaje de semillas de alto vigor (Test de Tetrazolio).*

El porcentaje de semillas de alto vigor no se vio afectado significativamente por el genotipo (7%), pero sí por el ambiente, el cual representó un 75% de la variación total (datos no mostrados). Se presentó interacción significativa entre ambiente y genotipo, representando el 11% respecto de la variación total. Los ambientes 1 y 2 presentaron los valores más altos de vigor con respecto al ambiente 3, sin diferencias entre sí para el genotipo 904. En el caso del genotipo 867 sólo se detectaron diferencias significativas entre los ambientes 2 y 3, siendo este último el de menor vigor (tabla III).

<i>Porcentaje de semillas de alto vigor</i>		
<b>Genotipo</b>	904	867
<b>A1</b>	94,1 ± 5,9 A a	79,2 ± 3,5 AB a
<b>A2</b>	92,0 ± 4,7 A a	80,8 ± 5,9 A a
<b>A3</b>	60,0 ± 2,8 B a	65,5 ± 3,5 B a
<b>G</b>	0,0424	
<b>A</b>	0,0004	
<b>G*A</b>	0,0419	

Tabla III: Valores del porcentaje de semillas de alto vigor para los genotipos 904 y 867 en los ambientes A1: ambiente 1 (fecha de siembra 25/09/11), A2: ambiente 2 (fecha de siembra 31/10/11) y A3: ambiente 3 (fecha de siembra 05/11/12). Las letras mayúsculas indican diferencias significativas entre ambientes y minúsculas entre genotipos ( $p < 0,05\%$ ). G (genotipo), A (ambiente) y G\*A (interacción genotipo-ambiente).

### Relación entre el vigor y las condiciones ambientales.

Los resultados precedentes resaltan la importancia del ambiente en el vigor de las semillas de girasol. El análisis de regresión lineal para el genotipo 867 no permitió establecer relaciones significativas entre ninguna de las variables ambientales estudiadas y el vigor, medido como CE (datos no mostrados). Se observó una relación significativa entre el agua total y el vigor (medido como % de semillas vigorosas), detectándose un aumento de dicho porcentaje a medida que aumenta el agua durante la etapa de llenado (figura 9).

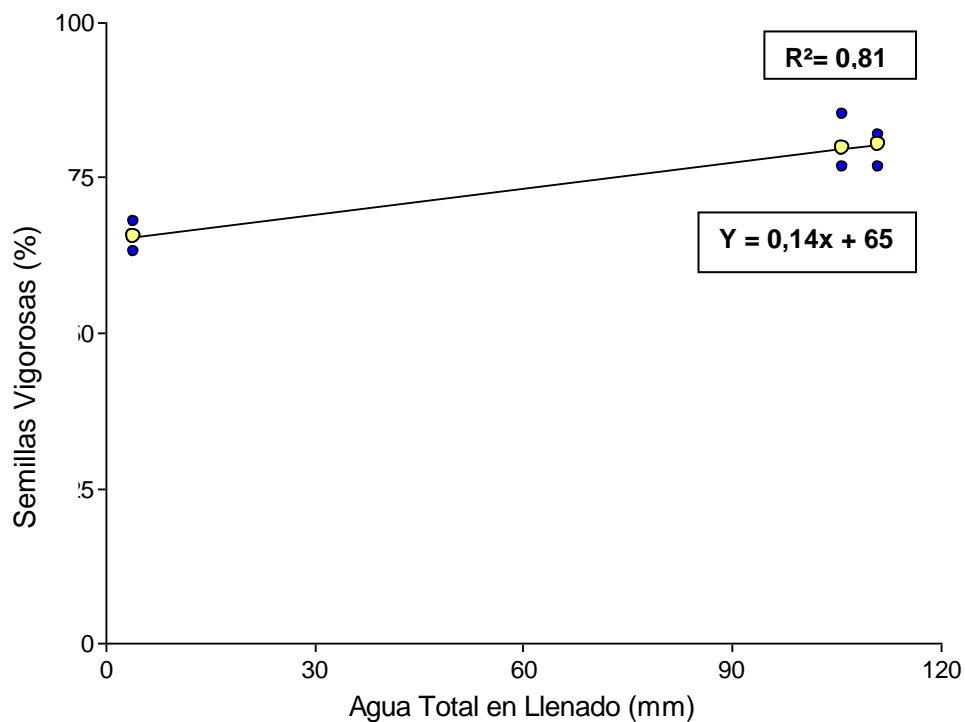


Figura 9: Relación entre el porcentaje de semillas vigorosas y el agua total (medido en milímetros) registrada en la etapa de llenado para el genotipo 867.

El análisis de regresión lineal para el genotipo 904 no permitió establecer relaciones significativas entre ninguna de las variables ambientales estudiadas y el vigor, durante la etapa vegetativa. En cambio, durante la etapa de llenado se observaron relaciones significativas entre el agua total y el vigor medido como CE (figura 10) y como % de semillas vigorosas, detectándose un aumento en el vigor a medida que aumenta el agua durante la etapa de llenado (figura 11). Por otra parte, se detectó que el porcentaje de días con  $T^{\circ} > 30^{\circ}\text{C}$  (relativo a la duración en grados día) influyó significativamente en la conductividad. Mayores % de días con  $T^{\circ} > 30^{\circ}\text{C}$ , implican mayores niveles de CE y por lo tanto un menor vigor (figura12).

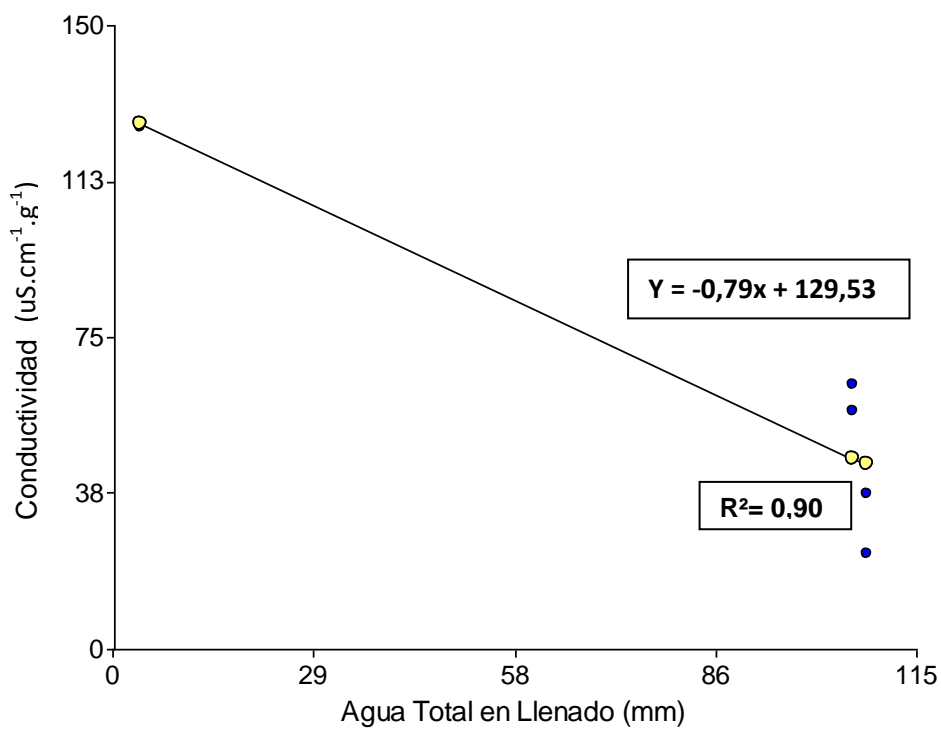


Figura 10: Relación entre la conductividad eléctrica y el agua total (medido en milímetros) registrada en la etapa de llenado para el genotipo 904.

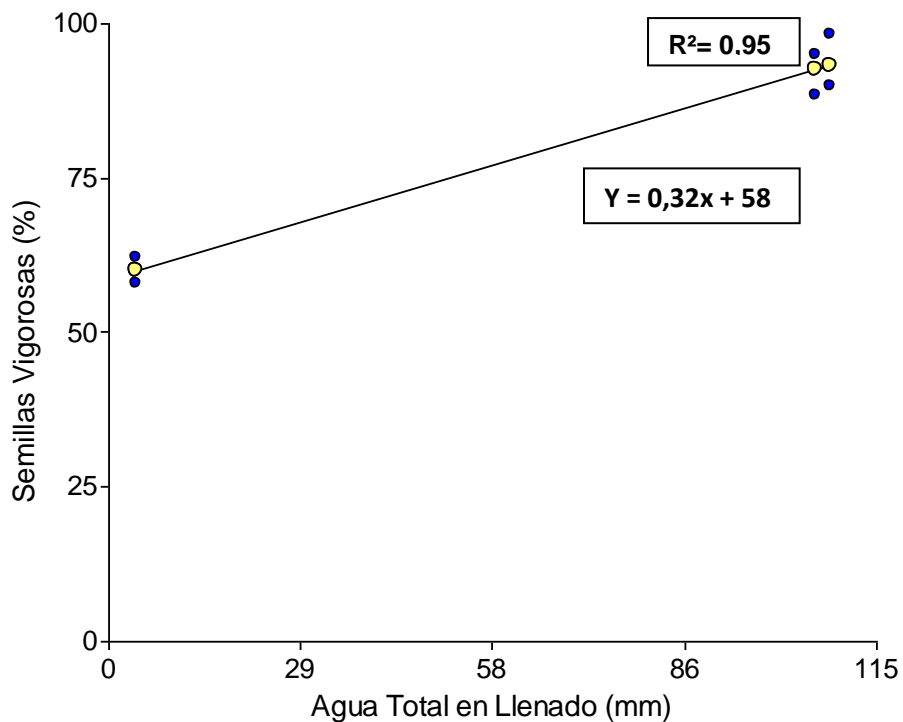


Figura 11: Relación entre el porcentaje de semillas vigorosas y el agua total (medido en milímetros) registrada en la etapa de llenado para el genotipo 904.



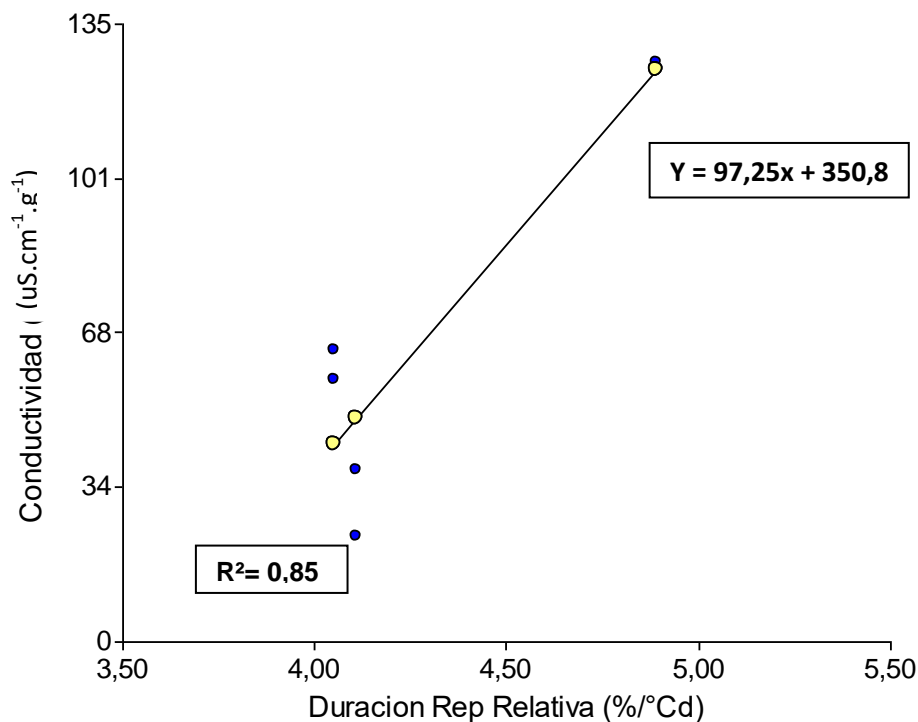


Figura 12: Relación entre la conductividad eléctrica y el porcentaje de días con  $T > 30^{\circ}\text{C}$  relativo a la duración en grados día registrada en la etapa de llenado para el genotipo 904.

### Asociaciones entre el porcentaje de aceite, la humedad, la germinación y el vigor.

El análisis de componentes principales del genotipo 904, estableció una relación inversa y significativa entre el porcentaje de aceite y el vigor (conductividad), a mayores % de aceite en semillas, menor vigor (figura 13). La misma relación se detectó con respecto al % de humedad. No se detectó relación alguna entre el porcentaje de germinación y dichas variables.

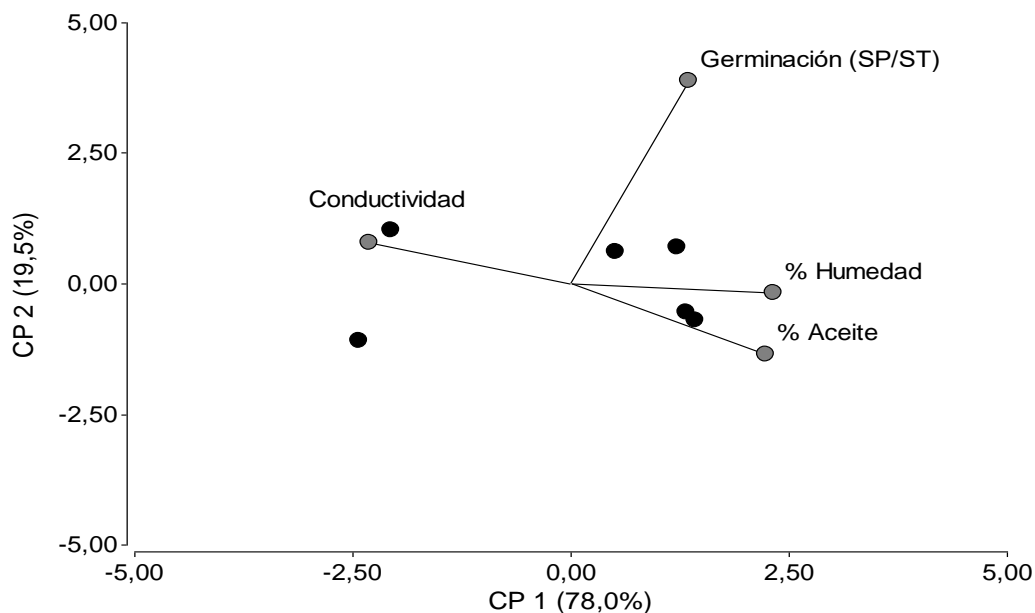


Figura 13: Análisis de componentes principales (Biplot) para las variables % de aceite y % de humedad respecto a la germinación y vigor calidad. Genotipo 904.

En cuanto al genotipo 867 (figura 14), se estableció una relación inversa y significativa entre el porcentaje de aceite y el porcentaje de humedad con respecto al porcentaje de germinación. No se detectó relación alguna con el vigor (conductividad).

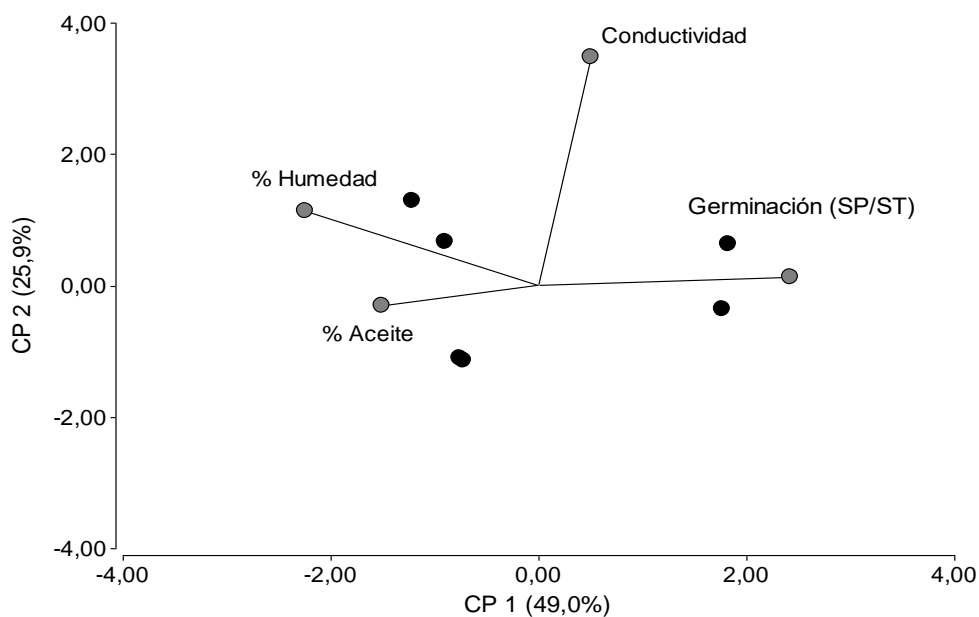


Figura 14: Análisis de componentes principales (Biplot) para las variables % de aceite y % de humedad respecto a la germinación y vigor Genotipo 867.

## DISCUSION

Nuestros experimentos permitieron distinguir la contribución del ambiente y el genotipo en la germinación. Se halló que ésta no se encuentra condicionada por el ambiente sino que existe una gran influencia del genotipo. La falta de incidencia del ambiente sobre la germinación coincide con los resultados obtenidos por Samarah y Alqudah (2011) en cebada, Ghassemi-Golezani y Hosseinzadeh-Mahootchy (2009) en vicia y Hasan *et al.* (2012) en trigo. Sin embargo, Heatherly (1993), Greven *et al.* (2004), Egli *et al.* (2005) y Radić *et al.* (2009) atribuyeron la reducción de la germinación al estrés hídrico, las temperaturas elevadas o los ciclos humedecimiento-secado de las semillas. Asimismo, la importante contribución genética en los niveles de germinación coincide con los resultados de Egli *et al.* (2005) y Hasan *et al.* (2012).

El atraso de la fecha de siembra ocasionó reducciones del vigor de las semillas girasol, dichos resultados coinciden con los obtenidos por Siddique y Wright (2004) y Rahman *et al.*, 2005. En nuestros experimentos, las diferencias entre las fechas de siembra (ambientes) se atribuyeron principalmente a las altas temperaturas (> 30°C) y déficit hídrico en el periodo de llenado. En coincidencia, Egli *et al.* (2005) en soja, Hasan *et al.* (2012) en trigo, y Samarah y Alqudah (2011) en cebada, determinaron una gran influencia de las condiciones ambientales sobre el vigor en la semilla. Los dos primeros lo asociaron directamente a las altas temperaturas durante el llenado, mientras que los últimos lo atribuyeron al déficit hídrico. En contraposición, Ghassemi-Golezani y Hosseinzadeh-Mahootchy (2009) en vicia, no reportaron efectos

significativos del estrés hídrico sobre el vigor de las semillas de vicia. El perjuicio de las altas temperaturas y el déficit hídrico sobre el vigor de las semillas de girasol puede magnificarse si se considera que el atraso en la fecha de siembra ocasionó una reducción la longitud del periodo de llenado. Este efecto coincide con lo hallado por Arnosio *et al.* (2013) en maní.

Las altas temperaturas y el déficit hídrico pueden asociarse a la reducción en los niveles de humedad de las semillas al atrasar la fecha de siembra y por lo tanto a las reducciones de vigor. Esta mayor sensibilidad del vigor a la humedad sólo se observó en uno de los genotipos (904) y podría atribuirse a sus orígenes genéticos (grupos heteróticos) diversos.

La relación entre el porcentaje de aceite y la calidad fisiológica, no resultó concluyente, dado que las respuestas se invirtieron dependiendo del genotipo. En el genotipo 904 afectó al vigor, mientras que en el 867 a la germinación. De estos resultados surge la necesidad de continuar investigando, en mayor cantidad de genotipos, la influencia del porcentaje de aceite en la calidad fisiológica de las semillas de girasol.

## CONCLUSIONES

En semillas de girasol, la germinación se encuentra influenciada por el genotipo. En contraposición, el vigor se halla condicionado por el ambiente, principalmente las altas temperaturas durante el periodo de llenado. Nuestros resultados indican diferente sensibilidad a ese estrés térmico, siendo el genotipo 904 más sensible y el 867 menos sensible. Sería interesante contemplar este aspecto en los programas de producción de semilla, con el objetivo de maximizar la calidad de las semillas.

El atraso de la fecha de siembra reduce el vigor de las semillas de girasol, debido a condiciones ambientales desfavorables durante el llenado. Por lo cual se recomienda la siembra en fecha óptima, si se pretende obtener semillas de alta calidad.

Los resultados de la influencia del porcentaje de aceite en la calidad fisiológica de la semilla de girasol no fueron concluyentes, por ello se propone continuar investigando e incorporar al estudio mayor cantidad de genotipos.

## BIBLIOGRAFIA

- Abeledo, L. G., Kruk, B. C. y Savin, R. 2003. Madurez y Cosecha de los Cultivos. En: Producción de Granos. Bases funcionales para su manejo. Satorre, E. H. Ed. Facultad de Agronomía. Bs. As. Argentina. pp. 717-722.
- Abreu, L. A. S. 2011. Teste de condutividade elétrica na avaliação de sementes de girassol armazenadas sob diferentes temperaturas. Revista Brasileira de Sementes, Brasília, DF, v. 33, n. 4, p. 637-644.
- Aguirrezábal L.A.N., Andrade, F.H. 2002. Ecofisiología. En: Manual Práctico para el Cultivo de Girasol. Díaz – Zorita, M. y Duarte, G.A. Ed. Hemisferio Sur. Bs. As. Argentina. 313 pp.
- Anfinrud, M.N. y Schneiter, A.A. 1984. Relationship of sunflower germination and vigour test to field performance. Crop Science 24: 341-344.
- Arnosio, N.M., Moria, F.D., Giayetto, O., Cerioni, G.A., Kearney M.I.T., y Fernández, E.M. 19 de Septiembre de 2013. XXVIII Jornada Nacional del Maní.
- Asociación Argentina de Girasol (ASAGIR) 2010. Actas del 5° Congreso Argentino de Girasol. 1 y 2 de Junio. UCA. Bs. As. Argentina. 364 pp.
- Association of Official Seed Analysis (AOSA) 1983. Seed vigor testing handbook. East Lansing. 88p.
- Bailly, C., Leymarie, J., Lehner, A., Rousseau, S., Côme, L. y Corbineau, F. 2004. Catalase activity and expression in developing sunflower seeds as related to drying. Journal of Experimental Botany. 55 (396): 475-483.
- Balešević-Tubić, S., Malenčić, Đ., Tatić, M. y Miladinović, J. 2005. Influence of aging process on biochemical changes in sunflower seed. HELIA. 28 (42): 107-114.
- Balešević-Tubić, S., Tatić, M., Miladinović, J. y Pucarević, M. 2007. Changes of fatty acids content and vigour of sunflower seed during natural aging. HELIA. 30 (4): 61-68.
- Balešević-Tubić S., Tatić M., Đorđević V., Nikolić Z. y Đukić V. 2010. Seed viability of oil crops depending on storage conditions. Helia. 33 (52): 153-159.
- Braz, M.R.S., Barros, C.S., Castro, F.P. y Rossetto, C.A.V. 2008. Testes de envelhecimento acelerado e deterioração controlada na avaliação do vigor de aquênios de girassol. Ciência Rural. Santa María. 38(7):1857-1863. Disponible en: <http://www.scielo.br/pdf/cr/v38n7/a09v38n7>

- Cantamutto, M., Poverene, M., y Peinemann, N. 2008. Multi-scale analysis of two annual *Helianthus* species naturalization in Argentina. *Agric. Ecosyst. Environ.* 123:69-74.
- Craviotto, R., Arango, M. y Gallo, C. 2008. Prueba Topográfica por Tetrazolio en Soja. [Topographic test by tetrazolium in soybean] *Análisis de Semillas*, 1, pp. 1-96.
- D'Ambrogio de Argüeso, A. 1986. Manual de Técnicas en Histología Vegetal. Ed Hemisferio Sur. Buenos Aires. p 83.
- Delouche, J.C. y Caldwell, W.P. 1960. Seed vigor and vigor tests. *Proceedings of the Association of Official Seed Analysts.* 50:124-129. Citado por Seshu, D.V., Krishnasamy, V. y Siddique, S.B. Seed vigor in rice. 1987. En *Proceedings of the International Workshop on Rice Seed Health.* Ed. International Rice Research Institute. Manila. Philipinas. 358 pp.
- Di Rienzo, J.A., Robledo, C.W., Balzarini, M.G., Casanoves, F., Gonzalez. L. y Tablada, M. 2008. InfoStat. Software Estadístico versión 2008. Grupo InfoStat. FCA. Universidad Nacional de Córdoba. Córdoba. Argentina.
- Dornbos, D. Jr. 1995. Production environment and seed quality. En: *Seed Quality. Basic mechanisms and agricultural implications.* Ed. Basra, A. 1995. Binghamton. New York. 389 pp.
- Egli, D.B., TeKrony, D.M., Heitholt, J.J., y Rupe, J. 2005. Air Temperature During Seed Filling and Soybean Seed Germination and Vigor. *Crop Science.* 45: 1329-1335.
- Fick, G. y Miller, J. F. 1997. Sunflower Breeding. En: *Schneiter. A.A. 1997. Agronomy Sunflower Technology and Production.* N° 35. American Society of Agronomy. Madison, Wisconsin. USA. 834 pp.
- Ghasemnezhad, A. y Honermeier, B. 2007. Influence of storage conditions on quality and viability of high and low oleic sunflower seeds. *International Journal of Plant Production.* 3 (4): 39-48.
- Ghassemi-Golezani y Hosseinzadeh-Mahootchy. 2009. Changes in seed vigour of faba bean (*Vicia faba* L.) cultivars during development and maturity. *Seed Science and Technology.* 37 (1): 713-720.
- Greven, M.M.; McKenzie, B.A.; Hampton, J.G.; Hill, M.J.; Sedcole, J.R. y Hill, G.D. 2004. Factors affecting seed quality in dwarf French bean (*Phaseolus vulgaris* L.) before harvest maturity. *Seed Science and Technology.* 32(3):797-811.
- Hasan, M. A., Ahmed, J.U., Hossain, T., Khaleque Mian, M. A. y Haque, M.M. 2012. Evaluation of the physiological quality of wheat seed as influenced by high

parent plant growth temperature. *Journal. Crop Science Biotechnology*. 16 (1): 69-74

Heatherly, L. 1993. Drought Stress and Irrigation Effects on Germination of Harvested Soybean Seed. *American society of agronomy*. 33(4): 777-781

International Seed Testing Association (ISTA) 2006. *ISTA Handbook on Seedling Evaluation*. Third Edition. Ed. Ronnie Don. Basserdorf, Suiza.

International Seed Testing Association (ISTA) 2010. *International rules for seed testing*. Zürich, Suiza.

Kausar, M., Mahmood, T., Basra, S.M.A. y Arshad, M. 2009. Invigoration of low vigor sunflower hybrids by seed priming. *International Journal of Agriculture and Biology*. 11: 521 – 528.

Le Page-Degivry, M.T., Barthe. P. y Garello, G. 1990. Involvement of endogenous abscisic acid in onset and release of *Helianthus annuus* embryo dormancy. *Plant Physiol* 92: 1164 – 1168.

Little T.M. 1985. Analysis of percentage and rating scale data. *HortScience*. 20: 642-644.

Maguire, J.D. 1962. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigour. *Crop Science*. 2(1): 176-177.

Maiti, R. K., Vidyasagar P., Shahapur, S. C., y Seiler, G. J. 2006. Studies on genotypic variability and seed dormancy in sunflower genotypes (*Helianthus annuus* L.). *Indian J. Crop Science*. 1(1-2): 84-87.

Mc Donald, M.B. 1999. Seed deterioration: physiology, repair and assessment. *Seed Science and Technology*. 27: 177-237.

Miklić, V., Crnobarac, J., Joksimović, J., Dušanić, N., Vasić, D. y Jocić, S. 2006. Effect of harvest date on seed viability of different sunflower genotypes. *Helia* 29 (44): 127-134.

Peretti, A. 1994. *Manual para análisis de semillas*. Ed. Hemisferio Sur. 281 pp.

Popinigis, F. 1985. *Fisiologia da semente*. 2º Ed. Brasilia-DF. 247 pp.

Radić, V., Vujaković, M., Marjanović-Jeromela, A., Mrđa, J., Miklič, V., Dušanić, N., y Balalić, I. 2009. Interdependence of sunflower seed quality parameters. *Helia*. 32 (50): 157-164.

Rahman, M.M., Hampton, J.G. y Hill, M.J. 2005. The effect of time of sowing on soybean seed quality. *Seed Science and Technology*. 33(3):687-697.



- Rana, M.A., Ozair, C.A., Khan, M.A. y Shafiullah. 1989. Effect of maturity stages and desiccant application on yield and oil quality of sunflower (*Helianthus annuus* L.). Proceedings of the Joint Second Workshop Held. El Cairo. Egypt. 9-12 de septiembre.
- Rebolini, J.M. 2002. Importancia, mercado y comercialización del girasol. En: Manual Práctico para el Cultivo de Girasol. Díaz – Zorita, M. y Duarte, G.A. Ed. Hemisferio Sur. Bs. As. Argentina. 313 pp.
- Rivas, J., Agamennoni, R., y Matarazzo, R. 2010. Manejo del cultivo de girasol con riego en el valle bonaerense del río Colorado. EEA INTA H. Ascasubi. Disponible en [http://www.inta.gov.ar/manejo\\_girasol/INTA-Girasol2010ppt.pdf](http://www.inta.gov.ar/manejo_girasol/INTA-Girasol2010ppt.pdf)
- Rodrigues Sá Braz, M., y Vieira Rossetto, C. A. 2009. Sunflower plants growth in accordance to the achenes vigour and sowing density. *Ciência Rural*. 1 – 8.
- Rondanini D., Savin, R. y Hall A. J. 2007. Estimation of physiological maturity in sunflower as a function of fruit water concentration. *European Journal of Agronomy* 26 (3): 295-309.
- Rosbaco, I.M., Tuttolomondo, G., Salinas, A.R. y Bisaro, V. 2005. Incidencia del ambiente de producción en la calidad fisiológica de la semilla de soja.
- Samarah y Alqudah. 2011. Effects of late-terminal drought stress on seed germination and vigor of barley (*Hordeum vulgare* L.). *Archives of Agronomy and Soil Science*. 57(1): 27-32.
- Sanhewe, A.J., y Ellis, R.H. 1996. Seed development and maturation in *Phaseolus vulgaris* L. Post-harvest longevity in air-dry storage. *Journal of Experimental Botany*. 47(300): 959-965.
- Schneider, A. A., y J.F. Miller. 1981. Description of sunflower growth stages. *Crop Science*. 21:901-903.
- Siddique y Wright. 2004. Effects of date of sowing on seed yield, seed germination and vigor of peas and flax. *Seed Science and Technology*. 32(2):455-472.
- Šimić, B., Popović, R., Sudarić, A., Rozman, V., Kalinović, I. y Ćosić, J. 2007. Influence of storage condition on seed oil content of maize, soybean and sunflower. *Agriculturae Conspectus Scientifici*. 72 (3): 211-213.
- Szemruch, C., Moreira, F., Rondanini, D, Ferrari, L., Cantamutto, M., y Renteria, S. 2013. Calidad fisiológica de semillas de girasol: efectos del genotipo y del secado anticipado. *Actas XXXIV Jornadas Argentinas de Botánica*. La Plata.
- Trápani, N., López Pereira, M., Hall, A.J. y Sadras, V.O. 2003. Ciclo ontológico, dinámica del desarrollo y generación del rendimiento y la calidad en girasol. En:

Producción de Granos. Bases funcionales para su manejo. Satorre, E. H. Ed. Facultad de Agronomía. Bs. As. Argentina. pp 232-236.

Wilson, D.O. y Mc Donald, M.B. 1986. The lipid peroxidation model of seed ageing. *Seed Science and Technology*. 14: 269-300.

Vásquez, A. 2002. Mejoramiento Genético. Capítulo 4. En: Días –Zorita, M. y Duarte, G. *Manual Práctico para el cultivo de Girasol*. Ed. Hemisferio Sur. 313 pp.