

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA

Trabajo Final para optar al Grado de Ingeniero Agrónomo
Modalidad: Proyecto

GERMINACIÓN DE CULTIVARES DE GIRASOL CON
DISTINTA COMPOSICIÓN DE LA MATERIA GRASA

Mauro Andrés Rodríguez Torres

DNI.: 30.233.831

Directora: Prof. Elena M. Fernandez

Río Cuarto – Córdoba

Diciembre 2014

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA

CERTIFICADO DE APROBACIÓN

Título del Trabajo Final: *Germinación de cultivares de girasol con distinta composición de materia grasa*

Autor: Mauro Andrés Rodríguez Torres

DNI: 30233831

Directora: Prof. Elena M. Fernandez

Aprobado y corregido de acuerdo con las sugerencias del Jurado Evaluador:

Fecha de Presentación: ____/____/____.

Aprobado por Secretaría Académica: ____/____/____.

Secretario Académico

ÍNDICE GENERAL

Certificado de aprobación.....	I
Índice General.....	II
Índice de Cuadros.....	III
Índice de Figuras.....	IV
Índice de Anexo	V
Resumen.....	VI
Summary.....	VII
Introducción.....	1
Hipótesis.....	6
Objetivos.....	6
Materiales y Métodos.....	7
Resultados y discusiones.....	8
1. Comportamiento de los genotipos a 8 °C.....	8
Germinación.....	8
Plántulas anormales.....	9
Semillas durmientes y muertas	10
Longitud de la raíz de las plántulas	10
Síntesis a 8 ° C.....	11
2. Comportamiento de los genotipos a 10 °C	11
Germinación, plántulas anormales, semillas durmientes y muertas.....	11
Longitud de la raíz de las plántulas	12
Síntesis a 10 ° C.....	14
3. Comportamiento de los genotipos a 12 °C	14
Germinación, plántulas anormales, semillas durmientes y muertas.....	14
Longitud de la raíz de las plántulas	15
Síntesis a 12 ° C.....	16
4. Comportamiento de los genotipos a 14 °C	16
Germinación, plántulas anormales, semillas durmientes y muertas.....	17
Longitud de la raíz de las plántulas	17
Síntesis a 14 ° C.....	18
5. Comportamiento de los genotipos a 16 °C	18
Germinación, plántulas anormales, semillas durmientes y muertas.....	18
Longitud de la raíz de las plántulas	18
Síntesis a 16 ° C.....	19
Conclusiones.....	20
Bibliografía Citada.....	21
Anexo	24

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1	Características de los cultivares utilizados en el ensayo	7
Cuadro 2	Rangos definidos de la longitud de la raíz primaria de las plántulas	7

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Porcentaje de germinación a 8°C a los 10 días de iniciado el test, según genotipo	8
Figura 2	Porcentaje de plántulas anormales, en el test de germinación a 8°C, según genotipo y disponibilidad de agua	9
Figura 3	Porcentaje de semillas con longitud de raíz entre 0 y 9 cm, según genotipo, a los 10 días de iniciado el test a 8°C	10
Figura 4	Porcentaje de germinación, plántulas anormales, semillas durmientes y muertas según genotipo y disponibilidad de agua a los 5 días de iniciado el test a 10°C	11
Figura 5	Diferencia en el porcentaje de germinación a los 5 días de iniciado el test de germinación a 10°C, según genotipo y disponibilidad de agua	12
Figura 6	Porcentaje de semillas con longitud de raíces entre 0 y 9 cm, según genotipo, a los 5 días de iniciado el test de germinación a 10°C	13
Figura 7	Proporción de semillas con longitud de raíz principal entre 0 y 12 cm, según genotipo, a los 10 días de iniciado el test de germinación a 10°C	13
Figura 8	Germinación, plántulas anormales, semillas durmientes y muertas, según genotipo y disponibilidad de agua a los 5 días de iniciado el test de germinación a 12 °C	14
Figura 9	Proporción de semillas con longitud de raíz principal entre 0 y 12 cm, según genotipo, a los 5 días de iniciado el test de germinación a 12°C	15
Figura 10	Proporción de semillas con longitud de raíz principal > 3 - > 12 cm, de plántulas desarrolladas según genotipo, a los 10 días de iniciado el test de germinación a 12 °C	16
Figura 11	Germinación, plántulas anormales, semillas durmientes y muertas, según genotipo y disponibilidad de agua a los 5 días de iniciado el test de germinación a 14 °C	17
Figura 12	Proporción de semillas con longitud de raíz principal > 6 - > 12 cm, de plántulas desarrolladas según genotipo, a los 5 días de iniciado el test de germinación a 14 °C	17
Figura 13	Germinación y semillas muertas, según genotipo y disponibilidad de agua a los 5 días de iniciado el test de germinación a 16 °C	18
Figura 14	Proporción de semillas con longitud de raíz principal > 9 - > 12 cm, según genotipo, a los 5 días de iniciado el test de germinación a 16°C	19

ÍNDICE DE ANEXO

Cuadro 1	Porcentaje de germinación a 8 °C, a los 10 días de iniciado el test de germinación, según genotipo	24
Cuadro 2	Porcentaje de plántulas anormales a 8 °C según genotipo, a los 10 días de iniciado el test de germinación	24
Cuadro 3	Proporción de plántulas con longitud de raíz principal entre 0 y 12 cm, según genotipo, a los 10 días de iniciado el test de germinación a 8°C.	25
Cuadro 4	Porcentaje de germinación, plántulas anormales, semillas durmientes y muertas, según genotipo y disponibilidad de agua a los 5 días de iniciado el test de germinación a 10 °C.	26
Cuadro 5	Diferencia en el porcentaje de germinación a los 5 días de iniciado el test de germinación a 10°C, según genotipo y disponibilidad de agua	27
Cuadro 6	Proporción de plántulas con longitud de raíz principal entre 0 y 12 cm, según genotipo, a los 10 días de iniciado el test de germinación a 10°C	28
Cuadro 7	Germinación, plántulas anormales, semillas durmientes y muertas, según genotipo y disponibilidad de agua a los 5 días de iniciado el test de germinación a 12 °C	29
Cuadro 8	Proporción de semillas con longitud de raíz principal entre 0 y 12 cm, de plántulas desarrolladas a 12°C según genotipo, a los 10 días de iniciado el test de germinación	30
Cuadro 9	Proporción de semillas con longitud de raíz principal > 3 - > 12 cm, de plántulas desarrolladas a 12 °C según genotipo, a los 10 días de iniciado el test de germinación	31
Cuadro 10	Germinación, plántulas anormales, semillas durmientes y muertas, según genotipo y disponibilidad de agua a los 5 días de iniciado el test de germinación a 14 °C	32
Cuadro 11	Proporción de semillas con longitud de raíz principal > 6 - > 12 cm, de plántulas desarrolladas a 14 °C según genotipo, a los 5 días de iniciado el test de germinación	33
Cuadro 12	Germinación y semillas muertas, según genotipo y disponibilidad de agua a los 5 días de iniciado el test de germinación a 16 °C	34
Cuadro 13	Proporción de semillas con longitud de raíz principal > 9 - > 12 cm, según genotipo, a los 5 días de iniciado el test de germinación a 16°C	35

Germinación de cultivares de girasol con distinta composición de la materia grasa

RESUMEN

El cultivo de girasol (*Heliantus annus* L.) ha sido desplazado a ambientes de menor productividad y, en general, la siembra se realiza en condiciones subóptimas de temperatura y disponibilidad hídrica. El objetivo de este trabajo fue evaluar la germinación de semillas de girasol alto oleico (AO) y bajo oleico (BO) en condiciones de estrés térmico e hídrico. Se probaron siete híbridos, tres AO (MG 100 AO, T 600 y T 700) y cuatro BO (DKS 3845, MG 2, MG 50 y MG 60) a temperaturas de 8, 10, 12, 14 y 16 °C y para cada una de ellas 4 niveles de agua disponible -0.7, -1.0 y -1.2 MPa, obtenidos con PEG 6000, más un testigo sin limitante hídrica. Se cuantificó, a los 5 y 10 días, plántulas normales (germinación), las plántulas anormales, semillas durmientes y muertas y la longitud de la raíz principal de las plántulas anormales, clasificándola en cinco rangos: 1: 0 a 3 cm, 2: 3 a 6 cm, 3: 6 a 9 cm, 4: 9 a 12, y 5: > 12 cm. Los datos de la combinación cultivar por agua fueron analizados en cada temperatura con ANOVA. Los genotipos germinaron en todas las temperaturas alcanzando, en general, valores >80% en las distintas condiciones hídricas. La velocidad de germinación incrementó con la temperatura hasta los 12 °C. La causa de la reducción del porcentaje de germinación fue debida a diferentes parámetros en cada temperatura: plántulas anormales a 8 °C; semillas no-germinadas (dormancia) a 10 y 12 °C y semillas muertas a 14 y 16 °C. La longitud de la raíz principal, según genotipos y condición hídrica, aumentó con la temperatura y la variabilidad fue mayor a 12 °C.

Palabras claves: *Heliantus annus*, ácidos grasos, baja temperatura, agua, germinación, sistema radicular.

Germination of sunflower cultivars with different compositions of fat

Summary

The culture of sunflower (*Heliantus annus* L.) has been displaced to environments of minor productivity and, in general, the sowing is realized in suboptimal conditions of temperature and water availability. The aim of this work was to evaluate the germination of a seed of high oleic and low oleic sunflower under thermal and water stress. Seven hybrids were tested, three HO (MG 100 AO, T 600 y T 700) and four LO (DKS 3845, MG 2, MG 50 y MG 60) temperature range 8, 10, 12, 14 y 16 °C and for each four levels of available water -0.7, -1.0 y -1.2 MPa obtained with PEG 6000 plus a control without limiting water. Normal seedling (germination of a seed), abnormal seedling, seed dormancy and dead seed was quantified after 5 and 10 days; and the length of the primary root to normal seedling classified into five ranks 1: 0 - 3 cm, 2: 3 - 6 cm, 3: 6 - 9 cm, 4: 9 - 12, y 5: > 12 cm. Cultivate data water at each temperature were analyzed with ANOVA. Genotypes germinated in all the temperatures reaching, in general, values > 80% in the different water conditions. The germination rate increased with temperature up to 12 °C. The reduction in germination percentage at each temperature was due to different parameters: abnormal seedlings with 8°C; seed dormancy at 10 and 12 °C and dead seeds to 14 and 16 °C. The length of the primary root, according genotypes and water condition, increased with temperature and variability was greater at 12 °C.

Keywords: *Heliantus annus*, fatty acid, low temperature, water, germination, root system.

INTRODUCCIÓN

La producción comercial de girasol (*Helianthus annuus* L.) en la República Argentina comenzó en 1930 con variedades de polinización abierta. Los híbridos hacen su aparición en la década del 70 y su uso se generaliza en la década del 80. Argentina se encuentra entre los cuatro principales países productores de girasol, luego de Ucrania, Rusia y la Unión Europea, con el 9 % de la producción mundial (BCR, 2014).

La superficie sembrada con el cultivo ha alcanzado las 3,5 millones de has a finales de la década de los 90, reduciéndose a valores entre 2,2 a 1,8 millones de has en el periodo comprendido entre el año 2000 y 2009, y a partir de esa fecha comenzó una caída hasta llegar a 1,3 millones de hectáreas en la campaña 2013- 2014. Comparando los resultados de esta última campaña con la del ciclo 2012/2013 (1,6 millones de has) la superficie sembrada se redujo 20,7%. Los rendimientos, a nivel nacional, también se redujeron en un 28,9% entre la campaña 2010/2011 y la 2013/2014 (MAGyP, 2014). Estos valores se podrán relacionar a los serios problemas en la producción por el daño provocado por las aves y al desplazamiento del cultivo a ambientes menos productivos (ASAGIR, 2014).

El desplazamiento del cultivo a regiones con mayor variabilidad climática y ambientes de menor calidad puede tener efectos detrimentales sobre la productividad, principalmente las temperaturas extremas y estrés hídricos durante su ciclo.

El establecimiento del cultivo puede verse afectado por deficiencias hídricas entre la siembra y la emergencia. El agua es necesaria para iniciar el proceso de germinación ya que el primer evento es la imbibición de las semillas, que inclusive puede ocurrir a bajas temperaturas, y las dos fase posteriores de la hidratación de las semillas dependen del potencial hídrico del suelo (Marcos, 2005). Después de la emergencia de la radícula, la semilla pierde gradualmente la tolerancia a la desecación y la plántula en desarrollo es vulnerable al estrés hídrico. La germinación y el establecimiento del cultivo, como procesos biológicos, son el resultado final de un complejo proceso interactivo en el que intervienen numerosos factores fisiológicos, morfológicos, ambientales y culturales (Bennett, 2004). En girasol, se ha observado que el proceso de germinación es sensible al estrés hídrico (El-Midaoui *et al.*, 2001), sin embargo existen diferencias entre genotipos (Ahmad *et al.*, 2009).

En regiones templadas, la baja temperatura en las siembras tempranas es la principal limitante para la prosecución del proceso de germinación y el establecimiento del cultivo. Es común la exposición de las primeras etapas del cultivo a bajas temperaturas cuando es necesario disponer de una mayor estación de crecimiento y/o mejor uso de los recursos, tales como radiación y/o temperatura. En estas situaciones es necesario disponer de genotipos capaces de tolerar bajas temperaturas en las primeras etapas de crecimiento (Fernandez, com. pers.).

SEMILLA

En girasol, el número de plantas capaces de desarrollar un capítulo –uno de los componentes del rendimiento- se determina en los primeros periodos del ciclo de vida durante la germinación y emergencia de las plántulas. Estos procesos deben producirse en forma rápida y uniforme, para obtener así un conjunto de plantas similares en tamaño y una distribución por unidad de superficie que le permita explorar óptimamente los recursos naturales (Aguirrezábal y Andrade, 2002).

La “semilla” de girasol, denominada cipsela, es un fruto seco, uniseminado con pericarpio separado de la verdadera semilla botánica.

El embrión se origina a partir del huevo o cigoto y durante los estados tempranos de su desarrollo se producen sucesivas divisiones mitóticas y diferenciación celular. Luego de su formación, el cigoto suele entrar en un período de reposo. El embrión es una planta en miniatura en estado de vida latente o letargo con los tres órganos fundamentales de una planta adulta: la raíz es la radícula en cuyo extremo se encuentra el ápice radical, el tallo por el hipocótilo que termina en la gémula que contiene el ápice caulinar y las hojas son los cotiledones (Marcos F°, 2005).

El desarrollo exitoso de la semilla depende de múltiples factores en cada uno de los estados de formación. Además, su estructura está estrictamente unida a la función de la misma, por lo tanto, el estudio de sus características permite comprender sus posibilidades futuras de éxito. Luego de la fecundación y una vez completado el proceso de embriogénesis, los tegumentos del óvulo se transforman en episperma o cubierta seminal. El cuerpo del óvulo, formado por la nucela y el saco embrionario, es ocupado por el embrión y el tejido que almacena las sustancias de reserva (Marcos F°, 2005).

La semilla botánica se caracteriza por presentar una cubierta de protección, el episperma o cubierta seminal, derivada de los cambios experimentados por los tegumentos del óvulo durante la formación de la semilla; el embrión, resultado del proceso de embriogénesis y el endosperma, que es el tejido nutricio originado por endospermogénesis a partir del núcleo endospermico. En el fruto-semilla (aquenios) de las asteráceas (compuestas) como el girasol, por fuera de la semilla botánica se encuentra, además del pericarpo, el clamidocarpo (hipanto que rodea al ovario cuando éste es ínfero) (Marcos F°, 2005).

La estructura de la cubierta seminal o episperma guarda una estrecha relación con las funciones que desempeña: protección, dispersión y absorción de agua. Es la primera defensa de la semilla contra las condiciones adversas del medio que la rodea, no sólo la protege de las tensiones mecánicas y la invasión de organismos patógenos, sino también de las fluctuaciones de humedad y temperatura. Por esta razón, la integridad de la cubierta seminal juega un rol importante en la conservación de la calidad de la semilla (Marcos F°, 2005).

COMPOSICIÓN DEL FRUTO-SEMILLA

La composición media del embrión de un aquenio de girasol es de 27% de hidratos de carbono, 13% de proteínas y 24% de lípidos, mientras que un aquenio tiene 23% de hidratos de carbono, 19% de proteínas y 47% de lípidos (Bewley y Black, 1994).

El aceite de girasol es considerado de alta calidad por presentar un bajo porcentaje de ácidos grasos saturados y un alto porcentaje de ácidos grasos insaturados. La composición del aceite depende del genotipo y el ambiente.

En los frutos de los híbridos tradicionales los ácidos grasos insaturados más frecuentes son el ácido linoleico (55-75%) y el ácido oleico (15-30%) y en los híbridos alto oleico éste representa el 70-85% del total de los ácidos grasos presentes en los aquenios (Connor y Hall, 1997).

El carácter alto oleico se debe a una mutación dominante, la cual afecta a la oleato desaturasa microsomal (FAD2) que es la enzima responsable de la desaturación del ácido oleico a linoleico. La expresión de la mutación está confinada a la semilla durante su periodo de desarrollo, ya que los tejidos vegetativos tales como las hojas y las raíces presentan un perfil de ácidos grasos inalterados (Martínez Rivas y Heinz, 1999).

La temperatura regula la actividad de la enzima FAD2-1, responsable de la desaturación de oleico a linoleico en la semilla de girasol, mediante dos mecanismos complementarios: un efecto directo, favorecido por la baja estabilidad térmica de la enzima; y un efecto indirecto mediante el cual su actividad se modifica reversiblemente por los cambios que provoca la temperatura en la concentración de oxígeno endógeno, en este segundo mecanismo tiene un papel clave la membrana que recubre la semilla, que presenta un fuerte efecto barrera para el oxígeno. Como consecuencia las temperaturas elevadas inhiben la desaturación del ácido oleico mientras que las temperaturas bajas tienen el efecto contrario. El gen dominante Ol que controla el carácter alto oleico en girasol se corresponde con el gen FAD2-1 cuya expresión es muy baja en la semilla de las variedades 'alto oleico'. Se han aislado líneas de girasol portadoras de genes modificadores que afectan a la expresión del carácter 'alto oleico'. Se han identificado marcadores moleculares ligados a estos genes y se han construido mapas de ligamiento donde se sitúa el gen principal y cuatro genes modificadores (Mancha Perello, 2004).

DORMANCIA

Las semillas de girasol a la cosecha tienen dormancia que puede ser debida a la dormancia del embrión o acción inhibitoria de la cubierta seminal (tegumento y pericarpio). La dormancia del embrión se pierde rápidamente después de la maduración de la semilla pero la de la cubierta puede permanecer por varios meses. El ácido abscísico (ABA) parece estar involucrado en la dormancia del embrión (Benech-Arnold, 2004).

La profundidad de la dormancia en un lote de semillas y su liberación tiene una distribución normal, igual que la germinación aunque estén regidas por factores diferentes.

En algunas situaciones la dormancia está relacionada a ciertas temperaturas. En algunas especies la dormancia es liberada cuando la temperatura está por encima o por debajo de la temperatura adecuadas para la germinación (baja para cultivos de inviernos y altas para cultivos de verano) (Benech-Arnold, 2004). En genotipos de girasol tradicionales con bajas temperaturas (5 y 15°C) el porcentaje de semillas durmientes alcanzó valores entre 87,5 y 89,75% que fue reduciéndose con el incremento de temperatura llegando a valores de 7,75% con 35°C (Maeda y Ungaro, 1985).

En girasol parece ser necesaria la imbibición para la síntesis *de novo* de ABA para mantener la dormancia (Feurtado y Kermode, 2007). Se ha observado que los aquenios entran en dormancia cuando son almacenados a 10°C (Macchia *et al.*, 1985).

GERMINACIÓN

Un fruto-semilla puede originar una planta a partir de los siguientes procesos:

- a. Imbibición de agua. La duración de este proceso depende más de la humedad disponible que de la temperatura y es independiente de la profundidad en la que está colocada la semilla.
- b. Removilización de sustancias de reserva, crecimiento de la radícula a través de la cubierta seminal, y el reinicio del desarrollo de la plántula.
- c. El establecimiento del cultivo queda definido cuando la plántula ha emergido sobre la superficie del suelo.

La ocurrencia de estos procesos en un periodo corto de tiempo depende de la calidad fisiológica de la semilla y de factores ambientales tales como la humedad y temperatura del suelo en contacto con el fruto, según los requerimientos del genotipo.

La calidad fisiológica de la semilla (poder germinativo y vigor) es un factor muy importante para lograr una emergencia rápida y uniforme: Es determinada por las condiciones ambientales de la planta madre y el manejo durante y posterior a la cosecha (Fernandez, com.pers.).

La respuesta de la germinación a la temperatura puede variar según el cultivar o las condiciones de crecimiento de la planta madre. La capacidad para germinar a bajas temperaturas puede verse reflejada en un mejor establecimiento de las plántulas, características que podría ser de interés en la adaptación del cultivo a siembras tempranas (Trápani *et al.*, 2003). El girasol germina a partir de 5°C (Rollier, 1977). Con valores superiores se ha encontrado diferencias en el comportamiento según los estudios. Macchia *et al.* (1985) observaron que entre 6°C y 23°C el porcentaje de germinación se mantenía con valores cercanos a 80% y a partir de los 25°C se reducen llegando valores de 0% con una temperatura de 37°C. Por su parte, Maeda y Ungaro (1985) observaron que el porcentaje incrementa (5% a 75%) con el aumento de la temperatura

(5°C a 35 °C). La causa de las disminuciones en los porcentajes de germinación con la temperatura, son debidos principalmente a semillas muertas (Maeda y Ungaro, 1985) o plántulas anormales (Macchia *et al.*, 1985), mientras que con baja temperatura la reducción de la germinación es debida a la presencia de semillas durmientes (Maeda y Ungaro, 1985). Un aspecto importante de la temperatura es su influencia sobre la velocidad de germinación, siendo muy baja (40 días) a temperaturas de 3°C comparativamente (1 día) con temperaturas de 40 °C (1 día) (Macchia *et al.*, 1985).

El agua actúa directamente sobre la imbibición de la semilla y sobre el crecimiento posterior de la plántula. El potencial agua del sustrato puede tener efectos importantes sobre la tasa de germinación, encontrándose grandes diferencias entre genotipos (Trápani *et al.*, 2003). Estudios del comportamiento de semillas de girasol ante el estrés hídrico permitieron observar que la exposición a baja disponibilidad hídrica con temperaturas entre 23 y 25°C reduce la germinación (Kaya *et al.*, 2006, Ahmad *et al.*, 2009; Hamidi y Pirasteh Anosheh, 2013), el efecto comienza a detectarse con valores de -0,3 MPa (Harter *et al.*, 2014) hasta llegar a valores -0,9 MPa en los que las plántulas son anormales por lo que la germinación es cero a 25°C (Kaya *et al.*, 2006). También se ha observado una reducción en la longitud de la radícula de las plántulas (Ahmad *et al.*, 2009; Hamidi y Pirasteh Anosheh, 2013) con la reducción del potencial osmótico y diferencias entre genotipos en la germinación en condiciones de estrés hídrico.

La cinética de absorción de agua es influenciada por las propiedades de la semilla y el ambiente donde está situada. El gradiente de potencial agua entre la semilla y su entorno determina la fuerza de absorción, pero la permeabilidad de la semilla al agua es el factor más importante en la determinación de la tasa de absorción. La permeabilidad de la semilla es influenciada por la morfología, estructura, composición, humedad inicial y temperatura de imbibición. La tasa de absorción de agua no necesariamente es afectada de forma predecible por estos factores porque interactúan en forma compleja (Bewley y Black, 1994), aunque se ha observado una relación directa con la temperatura (Vertucci y Leopold, 1983). La tasa de penetración del agua a la semilla es crítica para el éxito de la germinación. Si el agua es absorbida lentamente se reduce la germinación por deterioro de la semilla y con rápida absorción la semilla sufre daño por imbibición (Bewley y Black, 1994).

El efecto adverso del estrés hídrico sobre la germinación es intensificado con la elevación de la temperatura, y puede extenderse más allá de este proceso influenciando el crecimiento de la plántula a través del crecimiento radicular (Hadas, 2004).

Por otra parte, se ha detectado que la composición de ácidos grasos de la semilla puede intervenir en la germinación. Downes (1985), trabajando con genotipos –seleccionados por su germinación a bajas temperaturas- encontró que las líneas con alto contenido de ácido linoleico ($\geq 63\%$) germinaban a 4°C (radícula de 5 mm) o emergían a campo 10°C más rápidamente que aquellas con niveles inferiores a dicho ácido graso.

Otros trabajos no confirmaron esos resultados. Hernandez y Paoloni (1998) evaluaron el comportamiento de genotipos de girasol de alto oleico y de alto linoleico (tradicionales), considerando germinada a las semillas que presentaban raíces de 2 cm de longitud. En esa condición, algunos genotipos desarrollaron raíces a 5,8°C -en proporciones muy bajas- y todos lo hicieron a 10,3°C, aunque sólo tres de ellos (1 con alto linoleico y 2 con alto oleico) alcanzaron valores entre 90 y 100 % y no observaron efecto en la emergencia.

En ese sentido, Murcia *et al.* (2006) observaron que la proporción ácido oleico/linoleico de las semillas no se relacionó con el tiempo medio de germinación (radícula \geq 3 cm), ni a temperatura óptima (25°C) ni a baja temperatura (10°C). Por otra parte, Murcia *et al.* (2006) observaron que los genotipos con alto contenido de oleico tenían un comportamiento semejante a los de alto linoleico en la emergencia en siembras tempranas (temperatura sub-óptima) o en fecha normal, por lo que el establecimiento no estaba relacionado a la composición acídica de la semilla.

HIPÓTESIS

En condiciones de baja temperatura al momento de la siembra los genotipos tradicionales o de mayor proporción de ácido linoleico tienen una mayor germinación que los genotipos de alto oleico independientemente de la disponibilidad de agua.

OBJETIVO

Evaluar el comportamiento en la germinación de semillas de girasol con diferente proporción de los ácidos oleico y linoleico en condiciones de baja temperatura y diferente disponibilidad de agua.

MATERIALES y MÉTODOS

El trabajo se realizó en el Laboratorio de Semillas de la FAV – UNRC con semillas de cultivares de girasol con diferente proporción de ácidos grasos. Previamente a la conducción del ensayo, se evaluó la calidad fisiológica de las semillas (tres repeticiones) de los cultivares con el test de germinación patrón con el método del papel (ISTA, 2008), a partir de estos resultados se estimó la energía germinativa y el porcentaje de germinación que permitieron identificar a los genotipos como adecuados para llevar adelante la experiencia.

El experimento se llevó a cabo con un diseño totalmente aleatorizado. Los factores fueron la temperatura (cinco (5) niveles), la disponibilidad del agua (tres (3) niveles) el cultivar (siete (7) niveles). Las temperaturas utilizadas en el ensayo fueron: 8, 10, 12, 14 y 16 °C. La disponibilidad de agua de -0,7 MPa, -1,0 MPa y -1,2 MPa, obtenidos con Poletilenglicol PEG) (6000) y un testigo sin tratamiento (0 MPa). Los cultivares se clasificaron en tradicionales (4) y alto oleico (3), con las características que se detallan en el Cuadro 1.

Cuadro 1: Características de los cultivares utilizados en el ensayo.

Cultivar	Característica	Ciclo	Color aquenio
MG 100 AO	Alto oleico	Intermedio	Estriado oscuro
T 600	Alto oleico	Intermedio	Estriado oscuro
T 700	Alto oleico	Intermedio	Estriado oscuro
DKS3845	Tradicional	Corto	Negro
MG 2	Tradicional	Intermedio	Estriado oscuro
MG 50	Tradicional	Intermedio/corto	Negro
MG 60	Tradicional	Corto	Negro

Las semillas de cada genotipo que fueron puestas a germinar según combinación de temperatura y agua disponible. La evaluación se realizó a los 5 y 10 días de iniciado el test. Se evaluaron las plántulas normales y anormales, las semillas durmientes y muertas. En las plántulas se registró la longitud de la raíz primaria y se confeccionó una tabla de rangos (5 en total), según lo especificado en el Cuadro 2.

Cuadro 2: Rangos definidos de la longitud de la raíz primaria de las plántulas.

Rango	Longitud (cm)
1	0 a 3
2	3 a 6
3	6 a 9
4	9 a 12
5	>12

Los datos fueron analizados estadísticamente con ANOVA y las medias comparadas con el test Duncan ($\alpha \leq 0,05$), con el programa INFOSTAT (Di Rienzo *et al.*, 2014). Dado que hubo efecto de interacción entre los tres factores se realizó el análisis de los genotipos por contenido de agua dentro de cada temperatura, analizando la interacción entre esos dos factores.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

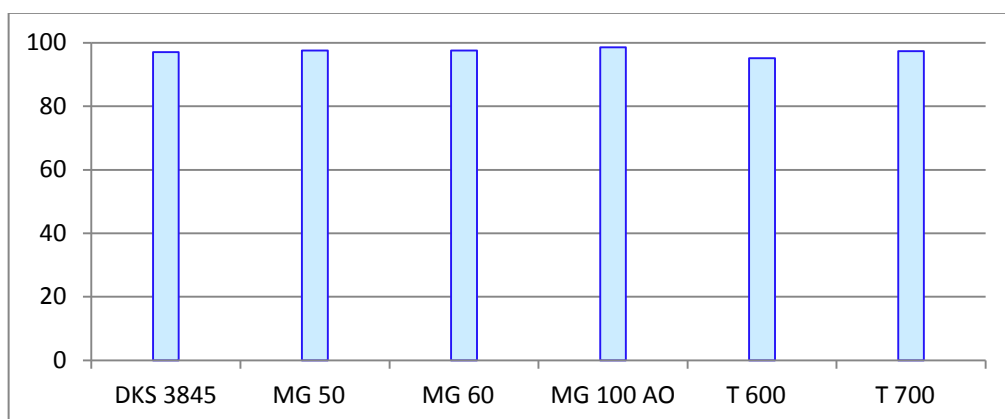
1. Comportamiento de los genotipos a 8°C

Germinación

A 8°C no hubo germinación a los 5 días después de la siembra (DDS), en cambio a los 10 días DDS todos los genotipos germinaron alcanzando valores muy altos (92% a 100%) en todas las disponibilidades de agua. No hubo efecto de interacción entre agua y genotipos, como así tampoco efecto del contenido de agua. Los genotipos de este estudio tienen comportamiento diferente a lo planteado por El-Midaoui *et al.* (2001), quienes manifiestan que la germinación en girasol es sensible al estrés hídrico, de hecho han observado reducción del porcentaje de germinación (PG) (radícula de 2 mm) con baja disponibilidad hídrica (Hamidi y Pirasteh Anosheh, 2013; Kaya *et al.*, 2006, Ahmad *et al.*, 2009), el efecto comienza a detectarse con valores de -0,3 MPa (Harter *et al.*, 2014) hasta llegar a -0,9 MPa cuando la germinación es cero (Kaya *et al.*, 2006), aunque Ahmad *et al.* (2009) manifiestan que existen diferencias entre genotipos. Estos estudios han sido realizados con temperaturas entre 23 y 25°C, por lo que es posible que las diferencias puedan darse, en parte, a las diferentes condiciones térmicas.

Los genotipos (Fig. 1; Cuadro 1 Anexo) presentaron diferencias en el PG aunque los valores son muy altos (\geq el 95,16%), por lo que no se deberían considerar las diferencias. Este comportamiento confirma los resultados de Macchia *et al.* (1985) –que registraron altos PG a 6 °C- pero no comparte lo observado por Maeda y Ungaro (1985), quienes determinaron bajo PG (5%) con temperatura de 5°C.

Figura 1: Porcentaje de germinación a 8°C a los 10 días de iniciado el test, según genotipo.



Por otra parte, es para destacar que el comportamiento de los genotipos no estuvo relacionado a la composición ácida de la materia grasa, como había detectado Downes (1985)

trabajando con genotipos seleccionados por la germinación a baja temperatura (4°C) y con alto contenido de ácido linoleico ($\geq 63\%$).

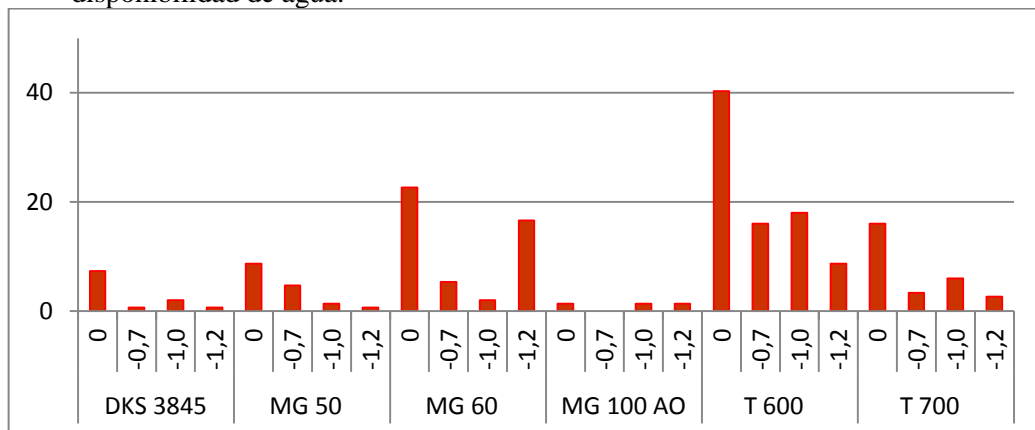
Plántulas Anormales

A 8°C, hubo plántulas anormales que presentaron efecto de interacción entre agua y genotipo (Fig. 2; Cuadro 2 Anexo).

Los resultados permiten observar que las combinaciones de la interacción entre genotipos y disponibilidad de agua se podrían agrupar en tres grupos, según la proporción de plántulas anormales. El primer agrupamiento con un valor muy alto de plántulas anormales (40,27%), conformado exclusivamente por T 600 sin tratamiento de PEG. El segundo grupo con valores entre 22,67 % y 16 % de plantulas anormales, conformado por 5 convinaciones (genotipo x agua) en el que participan los genotipos MG 60 (con la máxima y mínima disponibilidad de agua), T 600 (con 20 y 25 % de agua) y T 700 (con el mayor nivel de agua). El tercer grupo por el resto de los genotipos con valores $\leq 8,67\%$. Estos resultados permiten observar que el cultivar T 600 tiene una alta proporción de plántulas anormales con las diferentes disponiponibilidades de agua, lo que puede indicar susceptibilidad a baja temperatura o problema en la integridad de su estructura que no soporta la exposición a baja temperatura.

El alto porcentaje de plántulas anormales a baja temperatura no fue observado por Macchia *et al.* (1985), como así tampoco por Maeda y Ungaro (1985) que registraron –con estrés térmico- un aumento de las semillas durmientes.

Figura 2: Porcentaje de plántulas anormales, en el test de germinación a 8°C, según genotipo y disponibilidad de agua.



En algunos genotipos la mayor disponibilidad de agua a baja temperatura incrementó el porcentaje de plántulas anormales. Posiblemente debido a sutiles diferencias de vigor entre los genotipos no dectadas por la metodología utilizada. Otro aspecto a considerar es la sensibilidad de la semilla a la baja temperatura a medida que se hidrata, ya que en esta situación se libera mayor cantidad de solutos y macromoléculas afectando la reorganización de las membranas y

reiniciando el metabolismo de manera defectuosa, especialmente con semillas muy secas (como en este estudio en el que las semillas estaban en humedad de equilibrio) en las que tiene una gran diferencia de potencial con el sustrato favoreciendo la aparición de daños durante este proceso (Marcos F°, 2005). A baja temperatura la tasa de absorción de agua es lenta (Vertucci y Leopold, 1983), lo que favorece la salida de exudados consecuentemente el reinicio del desarrollo de la plántula (Marcos F°, 2005) y reduce la germinación por daño por imbibición (Bewley y Black, 1994).

Otros autores observaron un efecto inverso a los encontrados en esta experiencia, porque registraron alto porcentaje de plántulas anormales con baja disponibilidad de agua (-0,9 MPa) durante el proceso de imbibición (Kaya *et al.*, 2006).

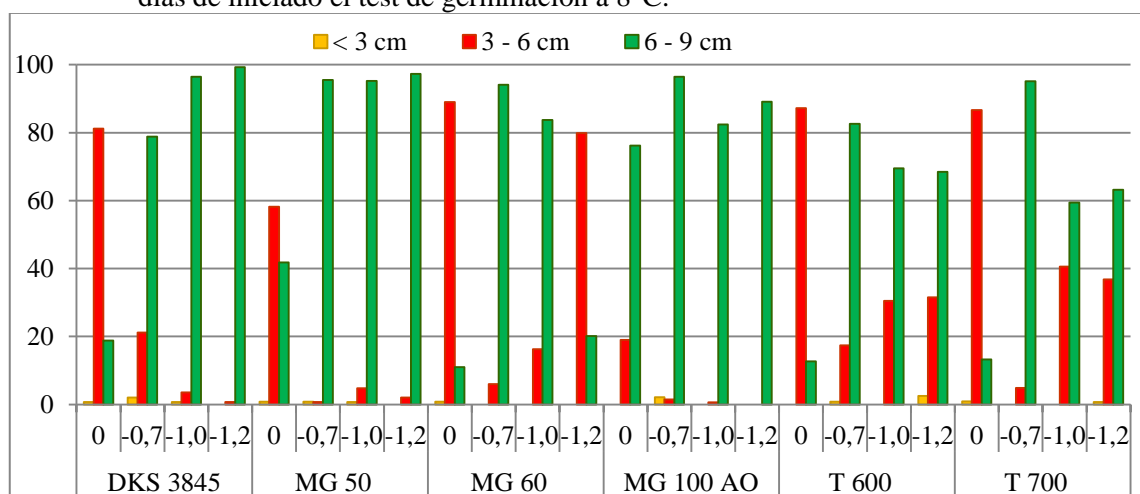
Semillas durmientes y muertas

A los 8°C los valores de semillas durmientes fue muy bajo (0 a 1,33%), como así también los de semillas muertas (0 a 6%), sin presentar diferencias estadísticas.

Longitud de la raíz de las plántulas

Las plántulas que se desarrollaron a 8°C desarrollaron raíces menores a 9 cm (Fig. 3; Cuadro 3 Anexo). Este es un valor adecuado para considerar una plántula como vigorosa. No todos los genotipos desarrollaron esta estructura de raíz, principalmente con baja disponibilidad de agua presentaron raíces más pequeñas (≤ 6 cm). Estos resultados concuerdan con los observados por otros autores a mayores temperaturas (Ahmad *et al.*, 2009; Hamidi y Pirasteh-Anosheh, 2013).

Figura 3: Proporción de semillas con longitud de raíz entre 0 y 9 cm, según genotipo, a los 10 días de iniciado el test de germinación a 8°C.



Síntesis a 8°C

A 8°C, el PG alcanzó valores altos, aunque puede reducirse por alta disponibilidad de agua, incrementando las plántulas anormales. En general, las plántulas son vigorosas porque sus raíces alcanzan longitudes entre 6 y 9 cm, aunque existe diferencias entre genotipos.

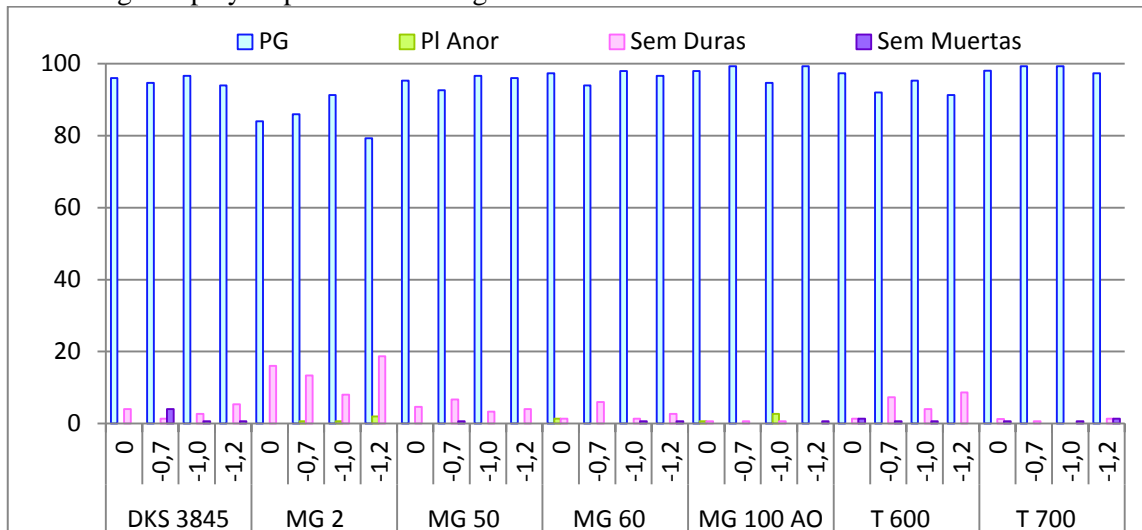
2. Comportamiento de los genotipos a 10°C

Germinación, Plántulas anormales, semillas durmientes y muertas

A 10°C hubo efecto de interacción entre genotipos y disponibilidad de agua en el PG, Plántulas anormales, semillas duras y muertas (Fig. 4; Cuadro 4 Anexo). El PG fue \geq a 80% en el conjunto de genotipos y disponibilidades de agua, lo que indica un muy buen comportamiento ante éste ambiente estresante (baja temperatura y disponibilidades de agua).

Los altos valores de germinación a 10°C también fueron registrados en otras experiencias, con diferencias genotípicas y sin relación con la composición acídica de la materia grasa (Hernández y Paoloni, 1998; Murcia *et al.*, 2006).

Figura 4: Porcentaje de germinación, plántulas anormales, semillas durmientes y muertas según genotipo y disponibilidad de agua a los 5 días de iniciado el test a 10°C.

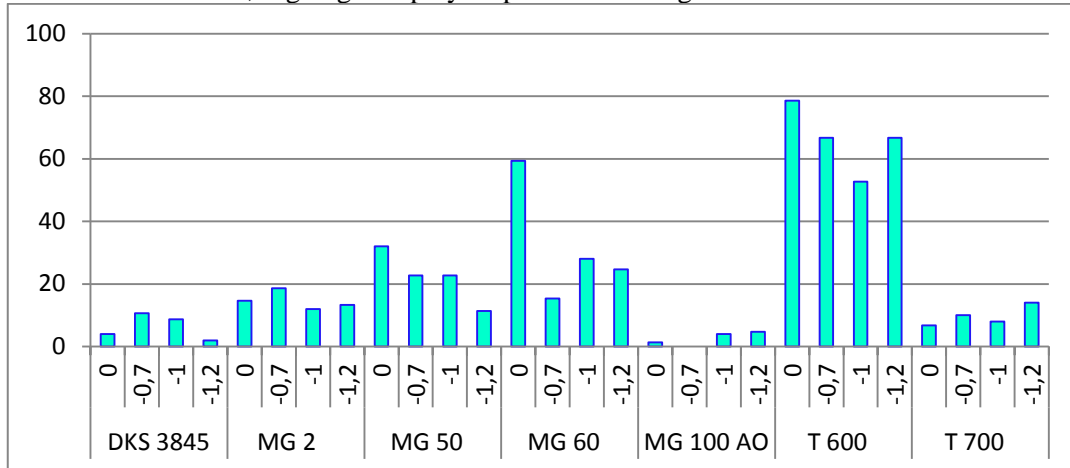


Las semillas durmientes se registraron, principalmente, en el cultivar MG 2 con las disponibilidades de agua evaluadas. Otros autores, observaron semillas durmientes con valores semejantes a este genotipo con iguales temperaturas (Maeda y Ungaro, 1985). Considerando que a 8°C no se observaron semillas durmientes se puede decir que entraron en dormancia. Macchia *et al.* (1985) observaron que “semillas” de girasol almacenadas a 10°C entraban en dormancia. Años más tarde Feurtado y Kermodé (2007) determinaron que es necesaria la síntesis *de novo* de ABA para mantener la dormancia. Los valores registrados en esta experiencia no alcanzaron los obtenidos por Maeda y Ungaro (1985) con bajas temperaturas (5°C: 87,5%; 15 °C: 89,75 %).

En cuanto a las plántulas anormales y semillas muertas, si bien hubo efecto de interacción, los valores fueron insignificantes.

La diferencia entre los valores de PG entre los 5 DDS y los 10 DDS, presentó efecto de interacción entre genotipos y disponibilidad de agua (Fig. 5, Cuadro 5 Anexo).

Figura 5: Diferencia en el porcentaje de germinación a los 5 días y a los 10 días de iniciado el test a 10°C, según genotipo y disponibilidad de agua.

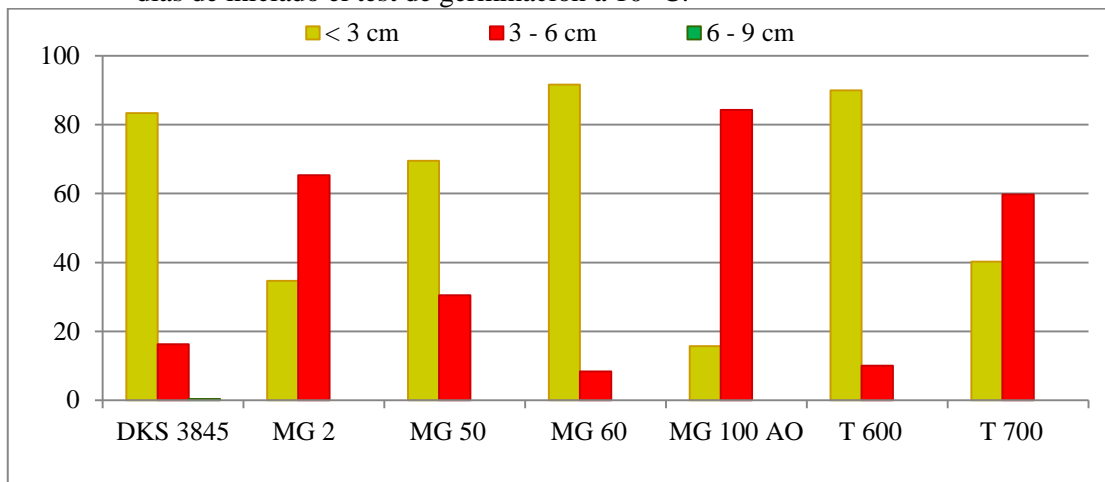


Comparando dos genotipos con alto oleico se observa que uno de ellos germinó, principalmente, a los 5 DDS (MG 100 AO) en cambio el otro (T 600) lo hizo a los 10 DDS (el mismo cultivar que a 8°C tuvo alta proporción de plántulas anormales). Estos resultados demuestran que no existe relación entre la composición de los ácidos grasos de estos genotipos y el PG y velocidad de germinación a baja temperatura, coincidiendo con lo observado por Macchia *et al.* (1985) y Murcia *et al.* (2006). Es decir, las diferencias en la velocidad de germinación se debe a características del genotipo, ya sea fisiológica (mayor o menor vigor) o bien a diferencias genéticas (Trápani *et al.*, 2003).

Longitud de la raíz de las plántulas

A los 10°C la raíz de las plántulas de las semillas que germinaron a los 5 DDS no supusieron los 9 cm, con diferencias entre genotipos; algunos de ellos tuvieron un mayor desarrollo radicular, es decir mayor proporción de raíces entre 3 y 6 cm (MG 2, MG 100 AO y T 700) mientras que otros (DKS 38.45, MG 50, MG 60 y T 600) las raíces no superaron los 3 cm (Fig. 6). Considerando la longitud de la raíz como un parámetro que define el vigor de la plántula podríamos definir a estos genotipos que tienen menor capacidad de desarrollarse a baja temperatura, como una medida de vigor, ya que la evaluación fue a los 5 DDS.

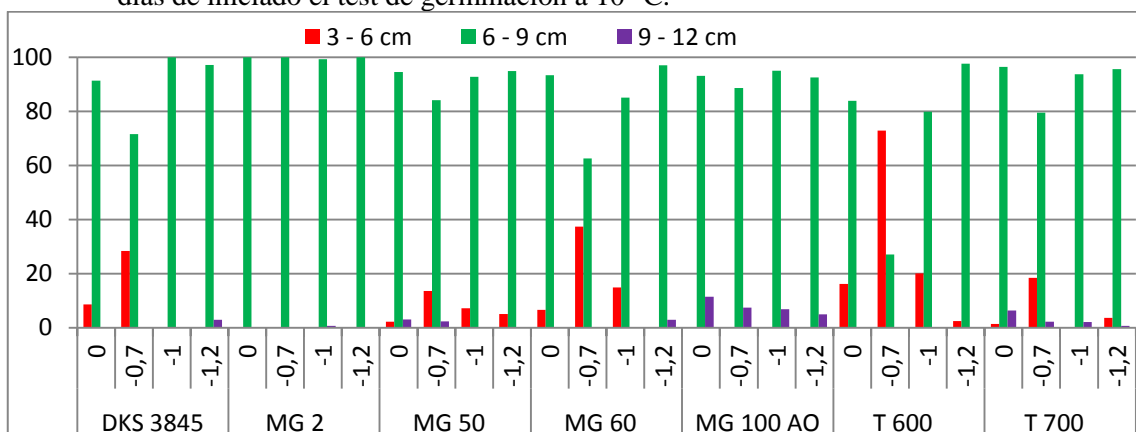
Figura 6. Proporción de semillas con longitud de raíz entre 0 y 9 cm, según genotipo, a los 5 días de iniciado el test de germinación a 10 °C.



A 10°C, a los 10 DDS, la longitud de la raíz presentó efecto de interacción entre genotipo y disponibilidad de agua (Fig. 7, Cuadro 6 Anexo). En general, la mayoría de los genotipos tenían sus raíces entre 6 y 9 cm de longitud, aunque algunos de ellos (5 en total) presentaron raíces más pequeñas (< 3cm), principalmente a -0,7 Mpa, y otros (4 en total) raíces más largas (9 y 12 cm), entre ellos se destaca el cultivar MG 100 alto oleico, que presentó este comportamiento en todos los niveles de agua.

La capacidad de desarrollar raíces con mayor longitud es una estrategia de los genotipos que les permite absorber agua rápidamente o bien profundizar el suelo aún con estrés hídrico. Este comportamiento le permite establecerse en ambientes con mayor inestabilidad en la disponibilidad de agua o restricciones hídricas.

Figura 7. Proporción de semillas con longitud de raíz entre 0 y 12 cm, según genotipo, a los 10 días de iniciado el test de germinación a 10 °C.



Síntesis a 10°C

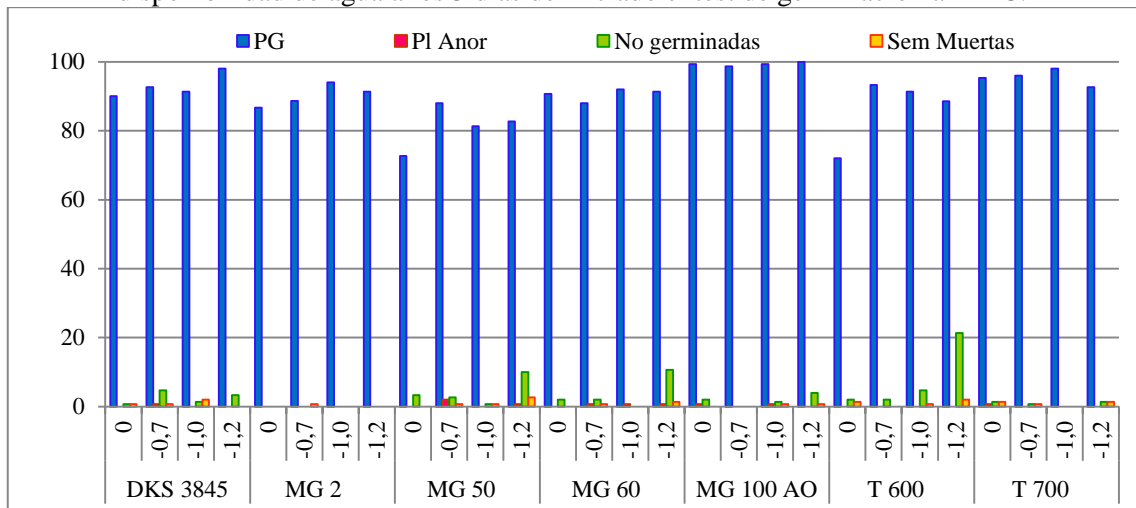
A 10°C, el PG alcanzó valores altos, aunque puede reducirse por la presencia de semillas durmientes. En general, las plántulas son vigorosas, en algunos genotipos las raíces alcanza longitudes entre 9 y 12 cm.

3. Comportamiento de los genotipos a 12°C

Germinación, plántulas anormales, semillas durmientes y muertas

A 12°C las semillas iniciaron la germinación rápidamente (Fig. 8), a los 5 DDS la mayoría de los genotipos superó el 80 % de germinación. Además, hubo efecto de intracción entre genotipos y disponibilidad de agua en el PG y semillas durmientes.

Figura 8: Germinación, plántulas anormales, semillas durmientes y muertas según genotipo y disponibilidad de agua a los 5 días de iniciado el test de germinación a 12 °C.



El alto PG del conjunto de genotipos y disponibilidades de agua, indica un muy buen comportamiento ante un ambiente estresante (baja temperatura y disponibilidades de agua).

Las semillas durmientes -parámetro que redujo el PG- fue mayor en genotipos que presentaron un comportamiento deficiente en las otras temperaturas, principalmente con -1,2 MPa. También es necesario destacar que las semillas durmientes, en algunos genotipos, se manifestaron a 10 y 12°C. Según Benech-Arnold (2004), en algunas especies, la dormancia es liberada cuando la temperatura está por encima o por debajo de la temperatura adecuada para la germinación pero también se sabe que el girasol puede entrar en dormancia según determinadas condiciones ambientales (Macchia *et al.*, 1985).

Las plántulas anormales y semillas muertas no fueron modificados por los tratamientos a esta temperatura. Los valores de plántulas anormales, en algunos genotipos, fueron muy bajos (2 – 0,67 %).

A los 10 DDS, en la mayoría de los genotipos y disponibilidades de agua, el PG fue igual que a los 5 DDS, solo se registró la germinación de tres cultivares (T 600; MG 50 y MG

60) con las menores disponibilidades de agua (0 y -0,7 Mpa) (0,00 x T 600: 6,00 %; -0,70 x T 600: 1,33%; 0,00 x MG 50: 0,90% -0,70 x MG 50: 0,67 % -0,70 x MG 60: 0,67%). Comprando estos resultados con los observados a 10°C (Fig. 5) se puede determinar que el incremento de 2°C tiene un efecto muy marcado en el proceso de germinación.

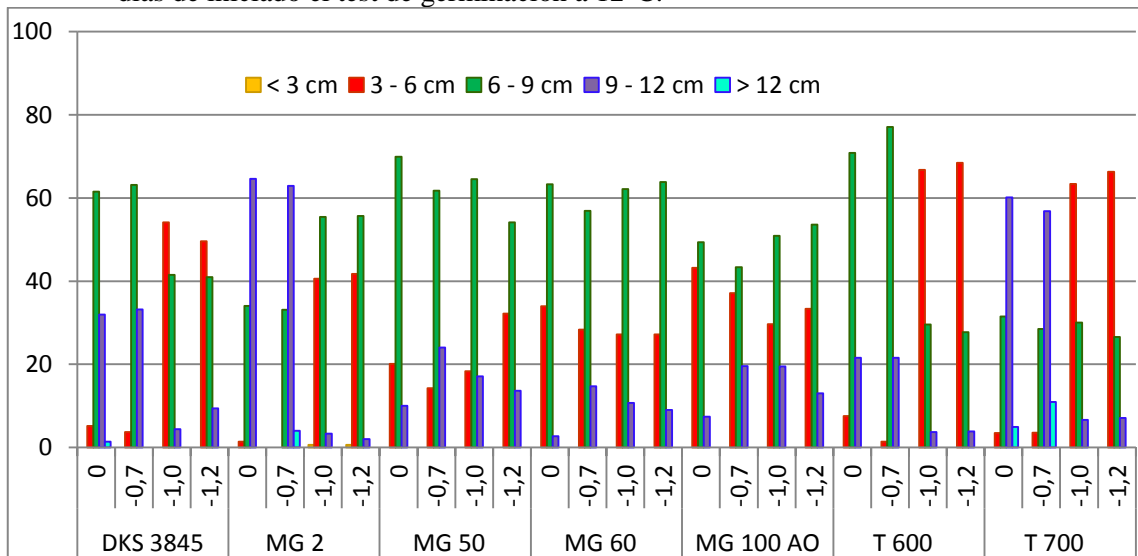
El incremento del PG fue debido a la germinación de semillas de algunos genotipos – con determinada disponibilidad de agua- después de transcurrir 5 días (10 DDS), mientras que estos cultivares -en otras condiciones de agua- y otros genotipos permanecieron sin germinar.

El porcentaje de plántulas anormales y semillas muertas se incrementó el doble en 5 días en los mismos genotipos y condiciones de agua, permaneciendo sin diferencias estadísticas entre genotipos y disponibilidades de agua (datos no mostrados).

Longitud de la raíz de las plántulas

La longitud de la raíces, a los 5 DDS, tuvo efecto de interacción entre los ≥ 3 y > 12 cm entre genotipos y disponibilidad de agua (Fig. 9).

Figura 9. Proporción de semillas con longitud de raíz entre 0 y > 12 cm, según genotipo, a los 5 días de iniciado el test de germinación a 12°C.

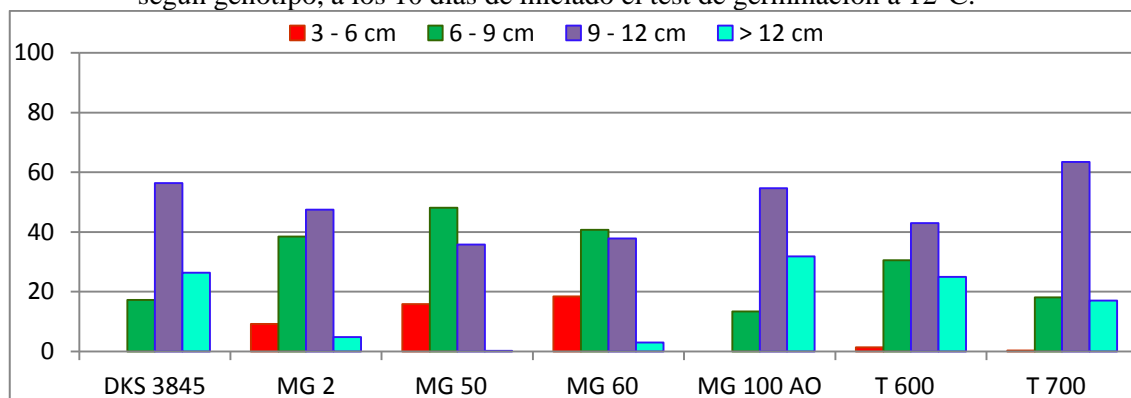


En general, se observa que la presencia de raíces pequeñas (3 – 6 cm) estuvo asociada a baja disponibilidad de agua (-1,0 MPa y -1,2 MPa), coincidiendo con lo observado por Hamidi y Pirasteh-Anosheh (2013) y Ahmad *et al.* (2009). Las raíces entre 9 y 12 cm estuvieron presentes en todos los genotipos, pero en algunos de ellos alcanzaron una alta proporción, principalmente con alta disponibilidad de agua (0 y -0,7 MPa).

A los 10 DDS todos los cultivares tuvieron raíces ≥ 3 cm (Fig. 10, Cuadro 9 Anexo). A diferencia de los registrado a los 5 DDS, sólo hubo efecto de interacción entre genotipos y disponibilidades de agua en el rango de 6 a 9 cm, pero es muy difícil identificar las diferencias según los resultados del análisis estadístico, a pesar de que los valores variaron entre 65,70% y 25,97%.

Hubo efecto individual de los factores. Los genotipos con alto oleico (MG 100 AO, T 600 y T 700) y uno con alto linoleico (DKS 3845) tuvieron mayor proporción de plántulas con raíces de mayor longitud (> 12 cm). El desarrollo de raíces de mayor longitud en el cultivar T600 con temperatura de 12°C, y la reducción del crecimiento radicular (Fig. 3), menor velocidad de germinación (Fig. 5) y la presencia de plántulas anormales (Fig. 2) a baja temperatura, demuestra la susceptibilidad de este genotipo al estrés térmico.

Figura 10. Proporción de semillas con longitud de raíz ≥ 3 - > 12 cm, de plántulas desarrolladas según genotipo, a los 10 días de iniciado el test de germinación a 12°C.



Por otra parte, esta gran variabilidad observada en la longitud de la raíz puede deberse, como manifiesta (Hadas, 2004), a que la temperatura intensifica el efecto del estrés hídrico -en este caso los 12 °C- sobre el comportamiento de algunos genotipos que no tienen relación con la composición de ácidos grasos.

La disponibilidad de agua presentó efecto sobre el desarrollo de las raíces más cortas (3 a 6 cm), alcanzando una mayor proporción con menor disponibilidad de agua (datos no presentados).

Los resultados de la germinación a 12°C demuestran que no existe una relación entre la germinación a baja temperatura y la composición ácida de la materia grasa de cultivares de girasol.

Síntesis a 12°C

A 12°C, el PG alcanzó valores altos, aunque puede reducirse por la presencia de semillas durmientes. No se observaron plántulas con raíces menores a 3 cm y varios genotipos tuvieron plántulas con raíces muy largas que superaron los 12 cm, determinando las plántulas vigorosas.

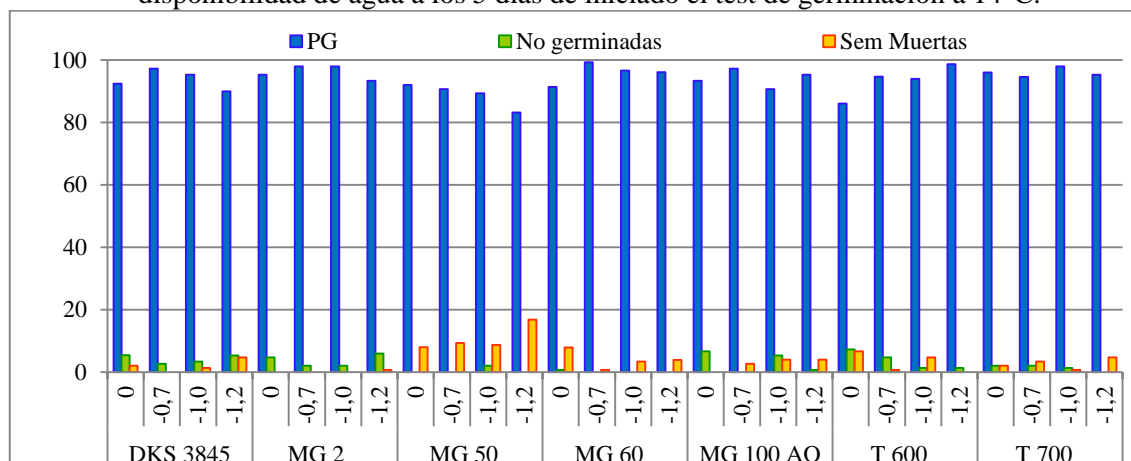
4. Comportamiento de los genotipos a 14°C

Germinación, plántulas anormales, semillas durmientes y muertas

A 14°C, a los 5 DDS se completó la germinación, pues no hubo modificaciones a los 10 DDS. En el periodo de evaluación no hubo presencia de plántulas anormales. Hubo efecto de

interacción entre genotipo y agua en el PG, semillas durmientes y muertas (Fig. 11, Cuadro 10 Anexo). Los valores de PG fueron > 83%. Las semillas durmientes y semillas muertas estuvieron presentes en los resultados de algunos genotipos, sin relación con la composición del aceite.

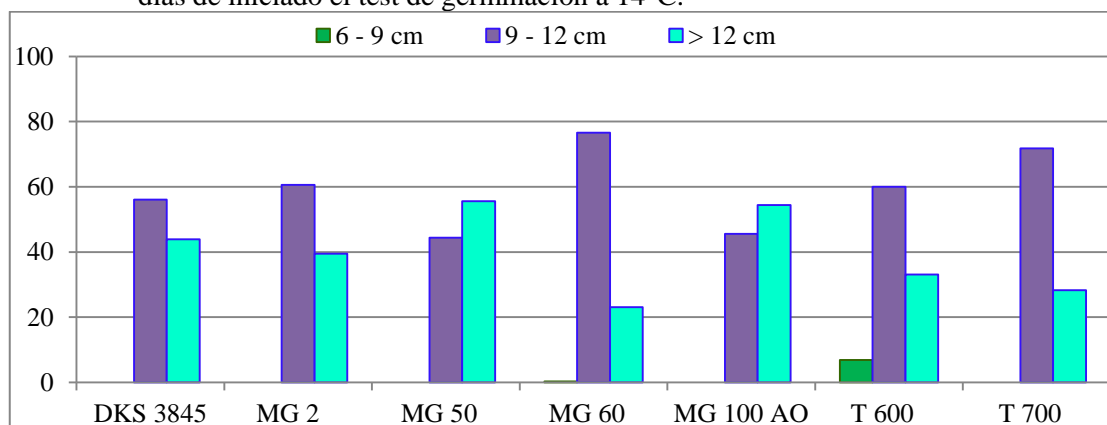
Figura 11: Germinación, plántulas anormales, semillas durmientes y muertas según genotipo y disponibilidad de agua a los 5 días de iniciado el test de germinación a 14°C.



Longitud de la raíz de las plántulas

A 14°C no se registraron plántulas con raíces ≤ 6 cm. La longitud de la raíz de las plántulas sólo tuvo efecto del genotipo, en algunos de ellos primaron las raíces con longitudes entre 9 y 12 cm y en otros fueron mayores a 12 cm (Fig. 12, Cuadro 11 Anexo).

Figura 12: Proporción de semillas con longitud de raíz $\geq 6 - >12$ cm, según genotipo, a los 5 días de iniciado el test de germinación a 14°C.



Estos resultados indican que a mayor temperatura las plántulas son más vigorosas –con diferencias entre genotipos- por el mayor desarrollo radicular que le permitirá captar más agua y nutrientes, principalmente N y P, en los primeros estadios de desarrollo, dándole una ventaja comparativa a los genotipos que presentan este comportamiento.

Síntesis a 14°C

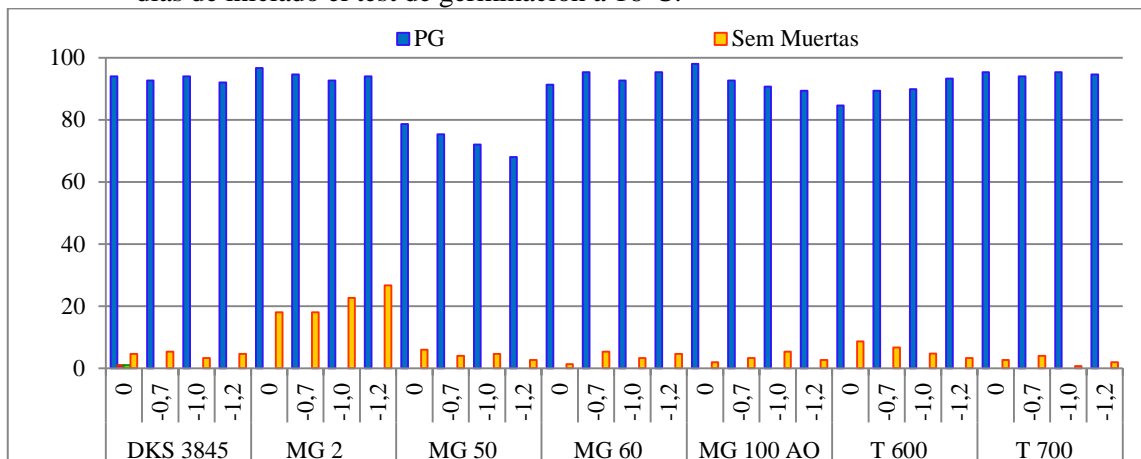
A 14°C, el PG alcanzó valores altos, aunque puede reducirse por la presencia de semillas muertas. No se observaron plántulas con raíces menores a 6 cm y todos los genotipos tuvieron plántulas con raíces muy largas que superaron los 12 cm, lo que permite describir como adecuada la temperatura que permite expresar la capacidad de desarrollo de las estructuras de la plántula.

5. Comportamiento de los genotipos a 16°C

Germinación, plántulas anormales, semillas durmientes y muertas

La germinación a 16°C presentó efecto de interacción entre los genotipos y disponibilidad de agua (Fig. 13, Cuadro 12 Anexo).

Figura 13: Germinación y semillas muertas, según genotipo y disponibilidad de agua a los 5 días de iniciado el test de germinación a 16°C.



A 16°C, se registraron valores entre 68% y 98%. A pesar de esta diferencia (30%) entre los genotipos y disponibilidad de agua es imposible identificar grupos de comportamiento por la continuidad de los datos. También, hubo efecto de interacción de la presencia de semillas muertas, registrándose valores superiores a temperaturas inferiores y con gran variabilidad (0,67% - 6,67%), coincidiendo con lo observado por (Maeda y Ungaro, 1985).

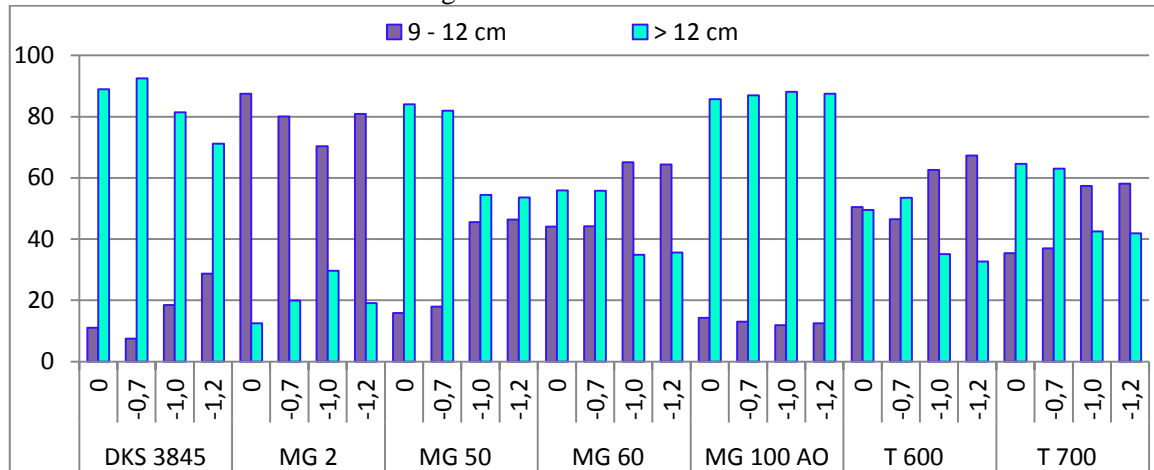
Las plántulas anormales no estuvieron presentes en los resultados de los test a 16°C, como fue observado en otra experiencia (Macchia *et al.*, 1985). Las semillas no germinadas presentaron efecto de la disponibilidad de agua y el genotipo, pero las diferencias son despreciables ya que la mayor diferencia fue de 1,5% cuando se evaluó la disponibilidad de agua y de 3% entre genotipos.

Longitud de la raíz de las plántulas

A 16°C las plántulas sólo presentaron raíces > a 9 cm. La longitud de la raíz presentó efecto de interacción entre genotipos y disponibilidad de agua (Fig. 14, Cuadro 13 Anexo). Algunos genotipos tuvieron mayor desarrollo radicular (> 12 cm) en todas las condiciones de

agua, tal es el caso de DKS 3845 y MG 100 AO, mientras que las raíces de MG 2 fueron más pequeñas (9 a 12 cm) en todas las disponibilidades de agua. En cambio otros cultivares tuvieron comportamiento diferente ante la disponibilidad de agua (MG 60, T 600 y T700). Las diferencia entre genotipos ya ha sido observada por otros autores antes estrés hídrico (Hadas, 2004).

Figura 14: Proporción de semillas con longitud de raíz $\geq 9 - >12$ cm, según genotipo, a los 5 días de iniciado el test de germinación a 16°C.



Síntesis a 16°C

A 16°C, el PG alcanzó valores altos, aunque puede reducirse por la presencia de semillas muertas. No se observaron plántulas con raíces menores a 9 cm y todos los genotipos tuvieron plántulas con raíces muy largas que superaron los 12 cm. Es decir, que a esta temperatura todas plántulas eran vigorosas.

Conclusiones

Evaluar el comportamiento en la germinación de semillas de girasol con diferente proporción de los ácidos oleico y linoleico en condiciones de baja temperatura y diferente disponibilidad de agua.

- ✓ Los genotipos germinaron en todas la temperaturas analizadas alcanzando, en general, valores >80% en las distintas condiciones hídricas evaluadas, independientemente de la composición de ácidos grasos, por lo que no se cumple la hipótesis.
- ✓ Los genotipos responden en forma diferente a la disponibilidad hídrica según la temperatura.
- ✓ La velocidad de germinación incrementó con el aumento de la temperatura, hasta los 12°C.
- ✓ La reducción del porcentaje de germinación en cada temperatura fue debido a diferentes parámetros: plántulas anormales con 8°C; semillas no-germinadas a 10 y 12°C y semillas muertas a 14 y 16°C.
- ✓ El incremento de la temperatura favorece el desarrollo radicular, alcanzando valores superiores a 12 cm con temperaturas superiores a 12°C.
- ✓ La variabilidad en la longitud de la radícula, según genotipo y condición hídrica, es mayor a 12°C.
- ✓ Estos resultados sugieren seguir profundizando el conocimiento con dos de los factores (genotipo y agua), dado el desplazamiento del cultivo de girasol a zonas con suelos que tienen menor capacidad de retención de agua.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- AHMAD, S.; R. AHMAD; M.Y. ASHRAF; M. ASHRAF Y E.A.WARAICH. 2009. Sunflower (*Helianthus annuus* L.) response to drought stress at germination and seedling growth stages. *Pak. J. Bot.*, 41(2): 647-654.
- AGUIRREZABAL, L.A.N. y ANDRADE, FH. 2002. Ecofisiología. En: Diaz Zorita, M. y G. Duarte. *Manual práctico del cultivo de girasol*. Editorial Hemisferio Sur. p. 27-49.
- ASAGIR 2014. Implantación. En: www.asagir.org.ar/asagir2008/implantacion.asp. Consultado: 29/09/14.
- BCR. 2014. Mercado mundial de girasol y crushing. En: www.bcr.com.ar/Pages/Publicaciones/infoboletinsemanal.aspx. Consultado: 21/09/14
- BENECH ARNOLD, R.L. 2004. Inception, maintenance, and termination of dormancy in grain crops: physiology, genetics, and environmental control. En: BENECH-ARNOLD, R.L. y R.A. SÁNCHEZ. *Handbook seed physiology. Applications to agriculture*. Food Products Press. NY. Cap. 5. p: 169 – 198.
- BENETT, M.A. 2004. Seed and agronomic factors associated with germination under temperature and water stress. En: BENECH-ARNOLD, R.L. y R.A. SÁNCHEZ. *Handbook seed physiology. Applications to agriculture*. Food Products Press. NY. Cap. 3. P: 97 – 123.
- BEWLEY, J.D. y M. BLACK. 1994. *Seeds: Physiology of development and germination*. Ed. Plenum Press. Nueva York, EE.UU. 2^{da} ed. 560 p.
- CONNOR, D.J. y A.J. HALL. 1997. Sunflower physiology. En: SCHNEITER, A.A. (ed.). *Sunflower Technology and Production*. ASA, SCSA and SSSA. Madison, WI. Monograph. N° 35. P: 113 – 182.
- DI RIENZO J.A.; F. CASANOVES; M.G. BALZARINI; L. GONZALEZ; M. TABLADA y C.W. ROBLEDO. 2014. InfoStat versión 2014. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL. En: www.infostat.com.ar. Consultado: 10/10/14.
- DOWNES, R.W. 1985. Factors affecting germination of sunflowers under low temperature conditions. 11th International Sunflower Conference. Mar del Plata. Crop Management and Production Physiology. 1: 87 – 92.
- EL MIDAOU, M., A. TALOUIZTE, M. BENBELLA, H. SERIEYS, Y. GRIVEAU y A. BERVILLE. 2001. Effect of osmotic pressure on germination of sunflower seeds (*Helianthus annuus* L.). *Helia*, 24: 129-134.
- FEURTADO, J.A. y A.R. KERMODE. 2007. A merging of paths: abscisic and hormonal cross-talk in the control of seed dormancy maintenance and alleviation. En: BRADFORD, K.J. y H NONOGAKI. *Seed development, dormancy and germination*. Blackwell. Oxford – UK. Cap. 8. P: 176 – 223.

- HADAS, A. 2004. Seedbed preparation – The soil physical environment of germinating seeds. En: BENECH ARNOLD, R.L. y R.A. SÁNCHEZ. Handbook seed physiology. Applications to agriculture. Food Products Press. NY. Cap. 1. P: 3 – 49.
- HAMIDI, R. y H. PIRASTE ANOSHEH. 2013. Comparison effect of different seed priming methods on sunflower germination and seedling growth. *Int. J. Agron. Plant Prod.* 4(6): 1247 – 1250.
- HARTER, L. DOS S.H.; F.S. HARTER; G.E. MENEGHELLO y F.A. VILLELA. 2014. Physiological and biochemical performance of sunflower seeds subjected to different osmotic potentials. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 9(1): 1 – 6.
- HERNANDEZ, L.F. y P.J. PAOLONI. 1998. Germinación y emergencia de cuatro híbridos de girasol (*Helianthus annuus* L.) con diferente contenido lipídico y en relación con la temperatura. *Invest. Agr. Prod. Prot. Veg.* 13 (3): 345 – 358.
- ISTA. 2008. *International Rules for Seed Testing*. ISTA. s/p.
- KAYA, M.D.; G. OKÇU; M. ATAK; Y. ÇIKILI y Ö. KOLSARICI. 2006. Seed treatment to overcome salt and drought stress during germination in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *European Journal of Agronomy*, 24: 291 – 295.
- MAEDA, J.A. y MRG UNGARO. 1985. Study of sunflower “seed” dormancy. 11th International Sunflower Conference. Mar del Plata. Crop Management and Production Physiology. 1: 73 – 79.
- MAGyP. 2014. Siembra, cosecha, producción y rendimiento. Sistema Integrado de Información Agropecuaria. En: www.siiia.gov.ar/apps/siiia/estimaciones/estima2.php. Consultado: 21/09/14.
- MACCHIA, M.; A. BENVENUTI y M. BALDANZI. 1985. Temperature requirements during germination in sunflower. 11th International Sunflower Conference. Mar del Plata. Crop Management and Production Physiology. 1: 93 – 97.
- MARCOS F°, J. 2005. *Fisiologia das sementes das plantas cultivadas*. FEALQ. Piracicaba-SP, Brasil. 495 p.
- MARTINEZ RIVAS, J.M. y E. HEINZ. 1999. Análisis molecular de la mutación alto oleico en girasol: Un gen específico de la semilla de la oleato desaturasa microsomal (FAD2) expresa débilmente una enzima completamente activa. XIII Reunión de la Sociedad Española de Fisiología Vegetal: VI Congreso Hispano-Luso de Fisiología Vegetal: Sevilla.
- MANCHA PERELLO, M. 2004. Control de la relación oleico/linoleico en los aceites de girasol y oliva. Federación Española de Industrias de la Alimentación y Bebidas. En: fiab.es/es/innovacion/innov_paginaMaster.asp?tipo=220&id=1135. Consultado: 21/09/14.
- MURCIA, M.; O. del LONGO; J. ARGÜELLO; M. A. PEREZ y A. PERETTI. 2006. Evaluación del crecimiento de plántulas de cultivares de girasol con diferentes

- proporciones de ácidos oleico/linoleico en respuesta a la baja temperatura. *Revista Brasileira de Sementes*, 28(2): 95-101.
- ROLLIER M., D. COME y E.E. SIMOND-COTE. 1977. Étude de la germination des semences de tournesol. *Informations Techniques CETIOM*, 54: 3-28.
- TRÁPANI, N.; M. LÓPEZ PEREIRA; V.O. SADRAS y A.J. HALL. 2003. Ciclo ontogénico, dinámica del desarrollo y generación del rendimiento y calidad del girasol. En: SATORRE, E.H.; R.L. BENECH-ARNOLD; G.A. SLAFER; E.B. de la FUENTE; D.J. MIRALLES; M.E. OTEGUI y R. SAVIN. *Producción de granos. Bases funcionales para su manejo*. Cap. 10, p: 203-241.
- VERTUCCI, C. W. y A. C. LEOPOLD. 1983. Dynamics of imbibitions in soybean embryos. *Plant Physiology*, 72:190–193.

ANEXO

Cuadro 1. Porcentaje de germinación a 8 °C, los 10 días de iniciado el test de germinación, según genotipo.

Genotipo	PG (%)
DKS 3845	97,00 ab
MG 50	97,50 a
MG 60	97,51 a
MG 100 AO	98,50 a
T 600	95,16 b
T 700	97,33 a
CV	2.41
Duncan	*

Cuadro 2. Porcentaje de plántulas anormales a 8 °C según genotipo, a los 10 días de iniciado el test de germinación.

Genotipo	Disponibilidad de Agua	Plántulas Anormales
	(MPa)	(%)
DKS 3845	0	7,33 cd
	-0,7	0,67 cd
	-1,0	2,00 cd
	-1,2	0,67 cd
MG 50	0	8,67 cd
	-0,7	4,67 cd
	-1,0	1,33 cd
	-1,2	0,67 cd
MG 60	0	22,67 b
	-0,7	5,33 cd
	-1,0	2,00 cd
	-1,2	16,60 b
MG 100 AO	0	1,33 cd
	-0,7	0,00 d
	-1,0	1,33 cd
	-1,2	1,33 cd
T 600	0	40,27 a
	-0,7	16,00 b
	-1,0	18,00 b
	-1,2	8,67 c
T 700	0	16,00 b
	-0,7	3,33 cd
	-1,0	6,00 cd
	-1,2	2,67 cd
CV		52.30
Duncan		***

Cuadro 3: Proporción de plántulas con longitud de raíz principal entre 0 y 12 cm, según genotipo, a los 10 días de iniciado el test de germinación a 8 °C.

Genotipo	Disponibilidad de Agua (MPa)	Longitud de la raíz (cm)			
		0 - 3	3 - 6	6 - 9	9 - 12
DKS 3845	0	0,73	81,17 a	18,83 h	0 e
	-0,7	2,03	21,20 def	78,80 bcde	0 e
	-1,0	0,70	3,53 f	96,47 ab	0 e
	-1,2	0,00	0,73 h	99,27 a	0 e
MG 50	0	0,77	58,20 b	41,80 g	0 e
	-0,7	0,77	0,73 h	95,53 ab	3,73 cd
	-1,0	0,70	4,77 fgh	95,23 ab	0 e
	-1,2	0,00	2,03 gh	97,30 ab	0,67 e
MG 60	0	0,83	89,00 a	11,00 h	0 e
	-0,7	0,00	5,97 fgh	94,07 abc	0 e
	-1,0	0,00	16,27 efgh	83,73 abcd	0 e
	-1,2	0,00	79,87 a	20,13 h	0 e
MG 100 AO	0	0,00	19,03 efgh	76,17 cdef	4,77 c
	-0,7	2,13	1,43 gh	96,47 ab	2,13 de
	-1,0	0,00	0,67 h	82,43 abcd	16,90 a
	-1,2	0,00	0,00 h	89,10 abc	10,93 b
T 600	0	0,00	87,27 a	12,73 h	0 e
	-0,7	0,83	17,37 efgh	82,63 abcd	1,00 e
	-1,0	0,00	30,50 cde	69,50 def	2,00 e
	-1,2	2,50	31,50 cde	68,50 def	3,00 e
T 700	0	0,87	86,70 a	13,30 h	4,00 e
	-0,7	0,00	4,83 fgh	95,17 ab	5,00 e
	-1,0	0,00	40,57 c	59,43 f	6,00 e
	-1,2	0,73	36,80 cd	63,20 ef	7,00 e
CV		280,92	31,40	13,95	79,74
Duncan		NS	***	***	***

Cuadro 4: Porcentaje de germinación, plántulas anormales, semillas durmientes y muertas, según genotipo y disponibilidad de agua a los 5 días de iniciado el test de germinación a 10 °C.

Genotipo	Disponibilidad	PG	Plántulas Anormales	Semillas Durmientes	Semillas Muertas
	de Agua				
	(MPa)	(%)	(%)	(%)	(%)
DKS 3845	0	96,00 abcd	0 c	4 defghi	0 b
	-0,7	94,67 bcde	0 c	1,33 ghi	4 a
	-1,0	96,67 ab	0 c	2,67 fghi	0,67 b
	-1,2	94,00 bcde	0 c	5,33 cdefg	0,67 b
MG 2	0	84,00 f	0 c	16 ab	0 b
	-0,7	86,00 f	0,67 c	13,33 b	0 b
	-1,0	91,33 e	0,67 c	8 cd	0 b
	-1,2	79,33 g	2 ab	18,67 ab	0 b
MG 50	0	95,33 bcde	0 c	4,67 cdfgh	0 b
	-0,7	92,67 cde	0 c	6,67 cdef	0,67 b
	-1,0	96,67 abc	0 c	3,33 efghi	0 b
	-1,2	96,00 a	0 c	4 defghi	0 b
MG 60	0	97,33 a	1,33 bc	1,33 ghi	0 b
	-0,7	94,00 bcde	0 c	6 cdef	0 b
	-1,0	98,00 a	0 c	1,33 ghi	0,67 b
	-1,2	96,67 a	0 c	2,67 fghi	0,67 b
MG 100 AO	0	98,00 a	0,67 c	0,67 hi	0 b
	-0,7	99,33 a	0 c	0,67 hi	0 b
	-1,0	94,67 bcde	2,67 ab	0,67 hi	0 b
	-1,2	99,33 a	0 c	0 i	0,67 b
T 600	0	97,33 ab	0 c	1,33 ghi	1,33 b
	-0,7	92,00 de	0 c	7,33 cde	0,67 b
	-1,0	95,33 abcde	0 c	4 defghi	0,67 b
	-1,2	91,33 e	0 c	8,67 c	0 b
T 700	0	98,07 ab	0 c	1,27 ghi	0,63 b
	-0,7	99,33 a	0 c	0,67 hi	0 b
	-1,0	99,33 a	0 c	0 i	0,67 b
	-1,2	97,33 ab	0 c	1,33 ghi	1,33 b
CV		2,39	253.31	49.39	177.35
Duncan		***	***	***	***

Cuadro 5: Diferencia en el porcentaje de germinación a los 5 días y a los 10 días días de iniciado el test de germinación a 10 °C, según genotipo y disponibilidad de agua.

Genotipo	Disponibilidad de Agua	Diferencia de PG entre 5 a 10 días
	(MPa)	(%)
DKS 3845	0	4,00 ijkl
	-0,7	10,67 ghijkl
	-1,0	8,67 hijkl
	-1,2	2,00 jkl
MG 2	0	14,67 fghij
	-0,7	18,67 efgh
	-1,0	12,00 fghijkl
	-1,2	13,33 fghijk
MG 50	0	32,00 d
	-0,7	22,67 defg
	-1,0	22,67 defg
	-1,2	11,33 ghijkl
MG 60	0	59,33 bc
	-0,7	15,33 fghi
	-1,0	28,00 de
	-1,2	24,67 def
MG 100 AO	0	1,33 kl
	-0,7	0 l
	-1,0	4,00 ijkl
	-1,2	4,67 ijkl
T 600	0	78,57 a
	-0,7	66,67 b
	-1,0	52,67 c
	-1,2	66,67 b
T 700	0	6,73 hijkl
	-0,7	10,00 ghijkl
	-1,0	8,00 hijkl
	-1,2	14,00 fghijk
CV		30,81
Duncan		***

Cuadro 6. Proporción de plántulas con longitud de raíz principal entre 0 y 12 cm, según genotipo, a los 10 días de iniciado el test de germinación a 10 °C.

Genotipo	Disponibilidad de Agua (MPa)	Longitud de raíz		
		3 - 6 cm	6 - 9 cm	9 - 12 cm
DKS 3845	0	8,63 efg	91,37 bcdefg	0,00 d
	-0,7	28,43 c	71,57	0,00 d
	-1,0	0,00 h	100,00 a	0,00 d
	-1,2	0,00 h	97,13 ab	2,87 cd
MG 2	0	0,00 h	100,00 a	0,00 d
	-0,7	0,00 h	100,00 a	0,00 d
	-1,0	0,00 h	99,27 ab	0,73 d
	-1,2	0,00 h	100,00 a	0,00 d
MG 50	0	2,23 gh	94,63 abc	3,10 cd
	-0,7	13,57 def	84,10 ef	2,33 cd
	-1,0	7,23 fgh	92,77 abcd	0,00 d
	-1,2	5,07 gh	94,93 abc	0,00 d
MG 60	0	6,60 fgh	93,40 abc	0,00 d
	-0,7	37,40 b	62,60 h	0,00 d
	-1,0	14,90 de	85,10 def	0,00 d
	-1,2	0,00 h	97,10 ab	2,90 cd
MG 100	0	0,00 h	93,20 abc	11,40 b
AO	-0,7	0,00 h	88,60 cde	7,43 a
	-1,0	0,00 h	95,03 abc	6,80 bc
	-1,2	0,00 h	92,57 abcd	4,97 b
T 600	0	16,13 d	83,87 ef	0,00 d
	-0,7	72,93 a	27,07 i	0,00 d
	-1,0	20,10 d	79,90 f	0,00 d
	-1,2	2,40 gh	97,60 ab	0,00 d
T 700	0	1,40 gh	96,43 abc	6,33 cd
	-0,7	18,40 d	79,50 f	2,17 cd
	-1,0	0,00 h	93,70 abc	2,13 b
	-1,2	3,67 gh	95,60 abc	0,73 d
CV		43.40	4.76	90.47
Duncan		***	***	***

Cuadro 7: Germinación, plántulas anormales, semillas durmientes y muertas según genotipo y disponibilidad de agua a los 5 días de iniciado el test de germinación a 12 °C.

Genotipo	Disponibilidad de Agua	PG (%)	Plántulas Anormales (%)	Semillas Durmientes (%)	Semillas Muertas (%)
	(MPa)				
DKS 3845	0	96,00 abc	0	3,33 cd	0,67
	-0,7	97,33 abc	0,67	1,33 cd	0,67
	-1,0	93,33 cde	0	4,67 c	2
	-1,2	99,33 a	0	0,67 cd	0
MG 2	0	99,33 a	0,67	0 d	0
	-0,7	98,67 ab	0,67	0 d	0,67
	-1,0	99,33 a	0,67	0 d	0
	-1,2	100 a	0	0 d	0
MG 50	0	90 de	0	10 b	0
	-0,7	98,67 ab	0	0,67 cd	0,67
	-1,0	96,67 abc	0	2,67 cd	0,67
	-1,2	94 bcd	0	3,33 cd	2,67
MG 60	0	89,33 e	0	10,67 b	0
	-0,7	97,33 abc	2	0 d	0,67
	-1,0	97,33 abc	0,67	2 cd	0
	-1,2	96 abc	0,67	2 cd	1,33
MG 100	0	96 abc	0	4 cd	0
	-0,7	98 abc	0,67	1,33 cd	0
	-1,0	98,67 ab	0,67	0 d	0,67
	-1,2	96,67 abc	0,67	2 cd	0,67
AO	0	77,33 f	0	21,33 a	1,33
	-0,7	95,33 abc	0	4,67 c	0
	-1,0	97,37 abc	0	1,97 cd	0,67
	-1,2	96 abc	0	2 cd	2
T 600	0	96,67 abc	0,67	1,33 cd	1,33
	-0,7	99,33 a	0	0 d	0,67
	-1,0	99,33 a	0	0,67 cd	0
	-1,2	97,33 abc	0	1,33 cd	1,33
CV		2,71	254,20	74,86	196,40
Duncan		***	NS	***	NS

Cuadro 8: Proporción de semillas con longitud de raíz principal entre 0 y > 12 cm, de plántulas desarrolladas a 12 °C según genotipo, a los 5 días de iniciado el test de germinación.

Genotipo	Disponibilidad	Longitud de la raíz principal				
	de Agua (Mpa)	< 3 cm	3 - 6 cm	6 - 9 cm	- 12 cm	> 12 cm
DKS 3845	0	0	5,17 kl	61,53 bcd	31,97 bc	1,4 c
	-0,7	0	3,73 kl	63,13 bcd	33,17 bc	0 c
	-1,0	0	54,13 bc	41,47 fgh	4,4 hi	0 c
	-1,2	0	49,6 cd	40,97 fgh	9,43 fg	0 c
MG 2	0	0	1,4 l	34,03 ghi	64,57 a	0 c
	-0,7	0	0 l	33,1 ghi	62,87 a	4,03 b
	-1,0	0,67	40,6 def	55,4 cde	3,33 hi	0 c
	-1,2	0,67	41,73 de	55,63 cde	2 i	0 c
MG 50	0	0	20,1 hij	69,93 ab	10 fg	0 c
	-0,7	0	14,27 jk	61,73 bcd	24 bcd	0 c
	-1,0	0	18,3 ij	64,53 abc	17,13 defg	0 c
	-1,2	0	32,23 efg	54,13 cdef	13,63 defg	0 c
MG 60	0	0	34 efg	63,3 bcd	2,73 i	0 c
	-0,7	0	28,37 ghi	56,9 bcde	14,73 defgh	0 c
	-1,0	0	27,17 ghi	62,13 bcd	10,73 efghi	0 c
	-1,2	0	27,2 ghi	63,8 bc	9 fg	0 c
MG 100	0	0	43,2 de	49,37 def	7,4 ghi	0 c
	-0,7	0	37,1 efg	43,33 efg	19,57 def	0 c
	-1,0	0	29,67 fgh	50,87 cdef	19,47 def	0 c
	-1,2	0	33,37 efg	53,6 cdef	13 defg	0 c
T 600	0	0	7,53 kl	70,83 ab	21,6 cde	0 c
	-0,7	0	1,43 l	77,03 a	21,57 cde	0 c
	-1,0	0	66,77 a	29,57 ghi	3,7 hi	0 c
	-1,2	0	68,43 a	27,7 hi	3,83 hi	0 c
T 700	0	0	3,5 kl	31,47 ghi	60,13 a	4,93 b
	-0,7	0	3,53 kl	28,53 hi	56,83 a	10,97 a
	-1,0	0	63,33 ab	30 ghi	6,67 ghi	0 c
	-1,2	0	66,27 a	26,6 i	7,13 ghi	0 c
CV		648,07	20,57	4,56	30,41	146,97
Duncan		NS	***	***	***	***

Cuadro 9: Proporción de semillas con longitud de raíz principal ≥ 3 - > 12 cm, de plántulas desarrolladas a 12 °C según genotipo, a los 10 días de iniciado el test de germinación.

Genotipo	Longitud de raíz principal			
	3 - 6 cm	6 - 9 cm	9 - 12 cm	> 12 cm
DKS 3845	0 c	17,23 d	56,35 b	26,42 b
MG 2	9,27 b	38,5 b	47,44 c	4,8 d
MG 50	15,88 a	48,09 a	35,84 e	0,2 e
MG 60	18,45 a	40,76 b	37,82 de	2,99 de
MG 100 AO	0 c	13,43 d	54,69 b	31,89 a
T 600	1,43 c	30,53 c	43,03 cd	25,03 b
T 700	0,36 c	19,15 d	63,46 a	17,03 c
CV	51,15	26,57	13,87	33,08
Duncan	***	***	NS	***

Figura 10: Germinación, plántulas anormales, semillas durmientes y muertas según genotipo y disponibilidad de agua a los 5 DDS en la germinación a 14 °C.

Genotipo	Disponibilidad de Agua (MPa)	Semillas		
		PG (%)	Durmientes (%)	Semillas Muertas (%)
DKS 3845	0	92,5 cdegfh	5,47 abc	2,03 fg
	-0,7	97,33 abcd	2,67 cdef	0 g
	-1	95,33 abcdefg	3,34 bcde	1,33 g
	-1,2	90 ghi	5,33 A	4,67 cdefg
MG 2	0	92 defgh	0 f	8 bcd
	-0,7	90,7 fghi	0 f	9,3 bcd
	-1	89,33 fhi	2 def	8,67 bcd
	-1,2	83,23 j	0 f	16,77 a
MG 50	0	91,47 efgh	0,67 ef	7,86 bcde
	0,7	99,33 a	0 f	0,67 g
	-1	96,67 abcdefg	0 f	3,33 efg
	-1,2	96,13 bcdef	0 f	3,87 defg
MG 60	0	93,33 bcdefgh	6,67 a	0 g
	-0,7	94,9 bcdefgh	2,73 cdef	2,37 fg
	-1	94 bcdefgh	2 def	3,97 defg
	-1,2	95,33 bcdefg	1 f	4 defg
MG 100 AO	0	95,33 bcdefg	4,67 ab	0 g
	-0,7	98,33 abc	1 f	0,67 g
	-1	98 abc	1,67 ef	0,33 g
	-1,2	93,6 bcdefgh	5,73 abc	0,67 g
T 600	0	86,07 ij	7,3 a	6,63 bcdef
	-0,7	94,67 bcdefgh	4,66 abcd	0,67 g
	-1	94 bcdefgh	1,33 ef	4,67 cdefg
	-1,2	98,67 ab	1,33 ef	0 g
T 700	0	96 A	2 def	2 fg
	-0,7	94,63 bcdefgh	2,03 def	3,33 efg
	-1	98 abc	1,33 ef	0,67 g
	-1,2	95,33 bcdefg	0 f	4,67 cdefg
CV		3,06	62,78	67,04
Duncan		***	***	***

Figura 11: Proporción de semillas con longitud de raíz principal $\geq 6 - >12$ cm, de plántulas desarrolladas a 14 °C según genotipo, a los 5 días de iniciado el test de germinación.

Genotipo	Longitud de raíz principal		
	6 - 9 cm	9 - 12 cm	> 12 cm
DKS 3845	0 b	56,12 c	43,88 b
MG 2	0 b	60,54 c	39,46 c
MG 50	0 b	44,4 d	55,61 a
MG 60	0,35 b	76,58 a	23,07 f
MG 100 AO	0 b	45,6 d	54,4 a
T 600	6,87 a	60,04 c	33,11 d
T 700	0 b	71,75 b	28,25 e
CV	159,20	8.67	13.19
Duncan	***	***	***

Cuadro 12: Germinación y semillas muertas según genotipo y disponibilidad de agua a los 5 de iniciado el test de germinación a 16 °C.

Genotipo	PG		Semillas Muertas
		(%)	(%)
DKS 3845	0	94 abcd	4,67 defgh
	-0,7	92,67 abcd	5,33 defg
	-1	94 abcd	3,33 efgh
	-1,2	92 bcd	4,67 defgh
MG 2	0	78,67 f	18 c
	-0,7	75,33 fg	18 c
	-1	72 gh	22,67 b
	-1,2	68 h	26,67 a
MG 50	0	91,33 bcd	6 def
	-0,7	95,33 abc	4 efgh
	-1	92,67 abcd	4,67 defgh
	-1,2	95,33 abc	2,67 efgh
MG 60	0	98 a	1,33 gh
	-0,7	92,67 abcd	5,33 defg
	-1	90,67 cd	3,33 efgh
	-1,2	89,33 de	4,67 defgh
MG 100 AO	0	96,67 ab	2 fgh
	-0,7	94,67 abcd	3,33 efgh
	-1	92,67 abcd	5,33 defg
	-1,2	94 abcd	2,67 efgh
T 600	0	84,67 e	8,67 d
	-0,7	89,33 de	6,67 de
	-1	89,93	4,7 defgh
	-1,2	93,33 abcd	3,33 efgh
T 700	0	95,33 abc	2,67 efgh
	-0,7	94 abcd	4 efgh
	-1	95,33 abc	0,67 h
	-1,2	94,67 abcd	2 fgh
CV		3,25	35,94
Duncan		***	***

Cuadro 13: Proporción de plántulas con longitud de raíz principal entre $\geq 9 - >12$ cm, según genotipo, a los 5 días de iniciado el test de germinación a 16 °C.

Genotipo	Disponibilidad de agua (MPa)	Longitud de raíz principal	
		9 - 12 cm	> 12 cm
DKS 3845	0	11,07 jk	88,93 ab
	-0,7	7,47 k	92,53 a
	-1,0	18,53 j	81,47 b
	-1,2	28,77 i	71,23 c
MG 2	0	87,5 a	12,5 k
	-0,7	80,03 a	19,97 k
	-1,0	70,3 b	29,7 j
	-1,2	80,9 a	19,1 k
MG 50	0	15,9 jk	84,1 ab
	-0,7	18 j	82 b
	-1,0	45,57 fg	54,43 ef
	-1,2	46,4 fg	53,6 ef
MG 60	0	44,1 fgh	55,9 def
	-0,7	44,17 fgh	55,83 def
	-1,0	65,1 bcd	34,9 hij
	-1,2	64,4 bcd	35,6 hij
MG 100 AO	0	14,3 jk	85,7 ab
	-0,7	13,03 jk	86,97 ab
	-1,0	11,87 jk	88,13 ab
	-1,2	12,5 jk	87,5 ab
T 600	0	50,43 ef	49,57 fg
	-0,7	46,53 fg	53,47 ef
	-1,0	62,57 bcd	35,1 hij
	-1,2	67,33 bc	32,67 ij
T 700	0	35,37 hi	64,63 cd
	-0,7	36,97 ghi	63,03 cde
	-1,0	57,43 de	42,57 gh
	-1,2	58,07 cde	41,93 ghi
CV			
Duncan			