



Facultad de Ciencias Agrarias
Universidad Nacional de Rosario.

**EFFECTO DEL CALIBRE DE LA SEMILLA Y LA PROFUNDIDAD DE
SIEMBRA SOBRE LA EMERGENCIA DE UN CULTIVO DE SOJA
(*Glycine max* (L.) Merr.).**

CÉSAR DARÍO MALIK

TRABAJO FINAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**Especialista en Producción de Semillas de Cereales, Oleaginosas y
Forrajeras.**

DIRECTOR: Dr. Álvaro Quijano.

CO- DIRECTORA: Lic. Nidia Montechiarini.

2017

EFFECTO DEL CALIBRE DE LA SEMILLA Y LA PROFUNDIDAD DE SIEMBRA SOBRE LA EMERGENCIA DE UN CULTIVO DE SOJA (*Glycine max* (L.) Merr.).

César Darío Malik

Ingeniero Agrónomo - Universidad Nacional de Rosario.

Este trabajo final es presentado como parte de los requisitos para optar al grado de Especialista en Producción de Semillas de Cereales, Oleaginosas y Forrajeras de la Universidad de Rosario y no ha sido previamente presentado para la obtención de otro título en esta u otra Universidad. El mismo contiene los resultados obtenidos en investigaciones llevadas a cabo en laboratorio y lotes de ensayo de la cátedra de Fisiología Vegetal de la Facultad de Ciencias Agrarias en Zavalla, provincia de Santa Fe, durante el período comprendido entre septiembre de 2015 y marzo de 2017, bajo la dirección del Dr. Álvaro Quijano y la co- dirección de la Lic. Nidia Montechiarini.

Ing. Agr. César D. Malik

Lic. Nidia Montechiarini

Dr. Álvaro Quijano

Defendida:

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradezco a mi esposa Mónica e hijos Tomás y Emma, por la paciencia, comprensión y apoyo, tanto durante el cursado de esta especialización, como durante el transcurso de mi carrera de grado.

También a mi padre, por el respaldo brindado para poder concluir dicha especialización.

A los miembros de la Comisión Académica de la Especialización en Producción de Semillas de Cereales, Oleaginosas y Forrajeras, por su aporte, otorgándome una beca completa para poder realizar dicho posgrado.

Un agradecimiento muy grande a la gente de la Cátedra de Fisiología Vegetal, brindándome las instalaciones de la facultad, ayuda y asesoramiento para poder realizar las actividades experimentales correspondientes para el desarrollo del Trabajo Final, también agradecer a mi director de la especialización, el Dr. Álvaro Quijano y mi co-directora, la Lic. Nidia Montechiarini por su apoyo y dedicación para guiarme durante el transcurso del trabajo. Finalmente, un agradecimiento especial al Dr. Carlos Gosparini, por su ayuda desinteresada, paciencia y esfuerzo para colaborar con el desarrollo de las metodologías utilizadas para la realización de las mediciones de los ensayos y la puesta en marcha de los mismos.

RESUMEN

El establecimiento de las plantas en el cultivo de soja (*Glycine max* L. Merr.) es una de las etapas clave para su éxito productivo e implica la ocurrencia de dos procesos: la germinación y la emergencia. Este último proceso representa para los hipocótilos la necesidad de superar las resistencias que genera la capa de suelo, las cuales pueden variar según la humedad y la profundidad de siembra. Estudios en otras especies indican que pueden encontrarse diferencias en la emergencia en función del tamaño de las semillas y de la profundidad de siembra. El objetivo del presente trabajo fue determinar si el tamaño de las semillas de un mismo lote afecta su calidad fisiológica y la emergencia a diferentes profundidades de siembra. Se evaluaron 18 lotes de semillas, correspondientes a 15 genotipos de soja: DM 3312; DM 3810; DM 3815; DM 3970; DM 3988; DM 4214STS; DM 4612i; DM 4913; DM 5.9i; DM 6.8i; DM 7.8i; A 5009RG; NS 5258; A 5509RG; A 6126RG. Las semillas se clasificaron como medianas (M, 5.5 - 7.5 mm de diámetro) y grandes (G, > 7.5 mm de diámetro), presentando una diferencia en el peso de 100 semillas en el rango de (18 – 28) % entre ambos tamaños. Los análisis de calidad fisiológica para cada genotipo no mostraron diferencias significativas entre semillas M y G. Para las dos variedades de mayor calidad fisiológica (DM 3815 y DM 4214STS), se evaluó el % de plántulas emergidas a los 5 y 13 días después de la siembra (DDS), y el diámetro y longitud de hipocótilo a los 13 DDS, para siembras a campo a 2 y 4 cm de profundidad, respectivamente. La emergencia a los 5 y 13 DDS fue mayor para siembras a 2 cm para ambos tamaños y genotipos, siendo mayor el % de plántulas emergidas para DM 3815 que para DM 4214STS en ambas profundidades. El % de plántulas emergidas no mostró diferencias significativas entre semillas M y G a los 5 DDS en tanto, a los 13 DDS, el % de emergencia fue mayor para semillas M. El diámetro de hipocótilo a los 13 DDS resultó mayor en siembras a 4 cm de profundidad para ambas variedades. Los mismos genotipos fueron expuestos en condiciones de laboratorio a impedancias de 2, 40, 70 y 120 g, evaluándose la longitud y diámetro de hipocótilo a las 92 y 168 h, respectivamente. La elongación de hipocótilo para ambos genotipos y calibres disminuyó con el incremento del peso aplicado, siendo mayor la elongación para semillas M. Se encontraron diferencias significativas entre 2, 40 y 70 g de impedancia, respectivamente, en tanto no hubo diferencias entre 70 y 120 g. Adicionalmente, la elongación de hipocótilo fue mayor en semillas M para todos los tratamientos y ambos genotipos. El diámetro de hipocótilo aumentó significativa y progresivamente para cada uno de los pesos aplicados. A su vez, se encontró efecto en la interacción genotipo x tamaño. Se concluye que, el tamaño de semilla no afectaría la calidad fisiológica de un lote de semillas de soja ni la emergencia en siembras más superficiales, en tanto semillas M presentarían ventajas en siembras más profundas. Las semillas de DM 3815 respondieron a la impedancia creciente disminuyendo la elongación y aumentando el engrosamiento de hipocótilo, siendo mayor la respuesta para semillas G. Para DM 4214STS, tanto la longitud como el diámetro de hipocótilo en semillas G resultaron menores, indicando que otros factores, podrían haber afectado los resultados para este caso.

ABSTRACT

Seedling establishment is a key stage to achieve a successful productive soybean crop, and it is the consequence of two processes: germination and emergence. Since soybean has an epigeal emergence, the hypocotyls have to surpass the resistance produced by the soil layer above the seed. Soil layer resistance varies with sowing depth and soil water content. Previous studies have informed about differences in emergence related to seed size and sowing depth. The aim of this work was to evaluate if physiological quality and seedling emergence from different planting depth are affected by seed size. Seeds from 18 lots corresponding to 15 different soybean cultivars were used. Cultivars were: DM 3312; DM 3810; DM 3815; DM 3970; DM 3988; DM 4214STS; DM 4612i; DM 4913; DM 5.9i; DM 6.8i; DM 7.8i; A 5009RG; NS 5258; A 5509RG; A 6126RG. Seed size was sieved into two classes: medium (M, 5.5 - 7.5 mm) and large (L, > 7.5 mm). Seed weight difference between M and L showed values that ranged between 18.4 % and 28 %. There were no differences in seed physiological quality between M and L for any cultivar. Two lots of seeds with the highest physiological quality were use in field and laboratory experiments. Field experiment evaluated the effect of seed size (M and L) and soil depth planting (SDP, 2 and 4 cm) on emergence. Percent of seedling emergence (%SE) at 5 and 13 days after sowing (DAS) was higher for 2 cm SDP for both seed size and cultivars. For both SDP, the %SE was higher for DM3815 than DM4214STS. At 5 DAS, there were no differences for %SE between M and L, whereas it was higher for M at 13 DAS. Hypocotyl diameter at 13 DDS was larger for 4 cm than 2 cm SDP for both cultivars. Laboratory experiment evaluated the effect of seed size (M and L) and loads of applied weight (2, 40, 70 y 120 g) to germinated seeds on the length (LH) and the diameter (DH) of hypocotyl. LH was reduced by the increase of the load weight for both seed size and cultivars, and LH was higher for M seeds. Significant differences were found among the lower load weight (2, 40 and 70 g)/ 2, 40 and 70 g of load weight, respectively, and no difference was found between 70 g and 120g. DH significantly increased with the increment in the load weight. A significantly cultivar x seed size interaction was found. In summary, seed size did not affect either seed physiological quality or %SE in shallow planting depth, while M seed size would have some advantages in deep planting depth. Seeds of DM 3815 showed a reduced enlargement and an increased thickness of hypocotyl. This response was higher for L seeds. Seeds of DM4214STS showed a smaller response compare to seeds of DM3815, indicating that other factors could be affecting the results.

ÍNDICE

| | |
|--|----|
| AGRADECIMIENTOS | 1 |
| RESUMEN | 2 |
| ABSTRACT | 3 |
| ÍNDICE | 4 |
| INTRODUCCIÓN | 5 |
| OBJETIVOS GENERALES | 7 |
| OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 8 |
| MATERIALES Y MÉTODOS | 9 |
| Material Vegetal | 9 |
| Sitio experimental..... | 9 |
| Análisis de calidad de semillas..... | 10 |
| Prueba de Viabilidad por Germinación Estándar..... | 10 |
| Prueba de Vigor por Envejecimiento Acelerado | 10 |
| Experimento I: Calibración de semillas y Prueba de Germinación estándar. | 11 |
| Experimento II: Emergencia de plántulas a campo para diferentes profundidades de siembra y calibres de semilla..... | 12 |
| Experimento III: Elongación y diámetro de hipocótilo durante el crecimiento pos germinativo para semillas de soja de diferentes calibres y diferentes pesos aplicados..... | 14 |
| RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 17 |
| Experimento I: Calibración de semillas y Prueba de Germinación estándar. | 17 |
| Experimento II: Emergencia de plántulas a campo para diferentes profundidades de siembra y calibres de semilla. | 18 |
| Experimento III: Elongación y diámetro de hipocótilo durante el crecimiento pos germinativo para semillas de soja de diferentes calibres y diferentes pesos aplicados..... | 20 |
| CONCLUSIONES..... | 25 |
| ANEXO..... | 25 |
| Análisis de la Varianza para tamaño de semillas de diferentes lotes evaluados..... | 26 |
| Análisis de la varianza para número de plántulas emergidas a los 5 y 13 días después de siembra y diámetro del hipocótilo a los 13 DDS. | 33 |
| Análisis de la varianza para elongación y diámetro del hipocótilo en respuesta a diferentes pesos aplicados a las semillas..... | 36 |
| BIBLIOGRAFÍA | 38 |

INTRODUCCIÓN

La producción de soja y sus derivados es actualmente una de las actividades más dinámicas de la economía argentina. El cultivo de soja se introdujo a mediados de los años '70, etapa en la que este cultivo comenzó a tener escala comercial. Actualmente se ha convertido en la principal producción del agro argentino. La cosecha 2014/2015 alcanzó los 58 millones de toneladas (Bolsa de Comercio de Rosario, 2017). Este contexto le da a la producción de soja un gran protagonismo, siendo la semilla el producto que da inicio a esta importante cadena productiva, y las etapas iniciales de la implantación del cultivo un factor clave para el éxito productivo (Cadenazzi, G., 2009). Desde el punto de vista agronómico, la emergencia es el primer estadio fenológico de cualquier cultivo. En el caso de la soja, este estadio implica dos procesos: la germinación propiamente dicha y el crecimiento del hipocótilo que eleva a los cotiledones por encima del nivel del suelo. En condiciones de campo, ambos procesos están expuestos a factores ambientales fuertemente condicionantes. El primero es altamente dependiente del contenido de agua del suelo, ya que la semilla de soja debe absorber una cantidad equivalente al 50 % de su peso en agua para garantizar la germinación. A su vez, la naturaleza epigea de la germinación en soja impone a los cotiledones la necesidad de superar las resistencias generadas por la capa de suelo existente por encima de la semilla. Estas resistencias pueden variar según la humedad del suelo y la profundidad de siembra (Ambika, S. *et al*, 2014).

La producción de soja en Argentina se realiza en un porcentaje muy elevado bajo el sistema de siembra directa (92 % para la campaña 2014/15, Bolsa de Comercio de Buenos Aires/AAPRESID). Esta técnica produce una compactación natural del suelo, la cual puede ser agravada al combinarse con el cultivo continuo de soja (monocultivo). A su vez, el cultivo de soja genera niveles bajos de residuos orgánicos (rastros), lo que reduce el aporte de MO al suelo, favoreciendo la pérdida de agua en las capas superficiales del mismo, aumentando la compactación natural del suelo. Por otro lado, las condiciones de alta demanda atmosférica en las que se realiza la siembra de soja en Argentina (octubre-enero) empeora aún más el problema, ya que los niveles de resistencia a la penetración, aumentan a medida que disminuye la humedad del suelo. En otras palabras, las capas de suelo en contacto directo con la atmósfera son más secas y compactas (mayor densidad), generando mayores resistencias a la emergencia de los cotiledones.

El alto requerimiento de humedad que tiene la semilla de soja, sumado a las condiciones productivas descritas anteriormente, obligan muchas veces a una siembra en profundidad de la semilla con el objetivo de asegurar la hidratación necesaria para su germinación. Sin embargo, esto también aumenta la resistencia que deben superar los hipocótilos para elevar los cotiledones a la superficie.

Otro factor de consideración en lo que refiere a la germinación y emergencia del cultivo de soja obedece a características inherentes a la semilla. En este sentido, la simiente de soja comúnmente utilizada no es de tamaño uniforme. Semillas más grandes poseen mayores niveles de reserva y podrían sobrevivir períodos de tiempo mayores que semillas pequeñas (Daniel J. Hoy *et al*, 1985). Sin embargo, el tamaño de los cotiledones es mayor en semillas más grandes, y por lo tanto podrían requerir más energía para la emergencia. Además, semillas más grandes van a requerir mayores niveles de humedad para germinar, lo que podría ser una desventaja respecto de semillas pequeñas en condiciones de humedad limitantes.

Por otro lado, un incremento en el costo de las semillas debido al valor de las tecnologías que contienen y/o al uso de tratamientos aplicados en las mismas podría generar la necesidad de una disminución en la densidad de siembra. Esta situación demandaría a productores a utilizar prácticas más eficientes, que garanticen la emergencia de las semillas sembradas.

En Brasil, la siembra de semillas con tamaño uniforme es una práctica utilizada y la comercialización se realiza con la indicación correspondiente al tamaño de semilla que contiene la bolsa (Fig. 1).

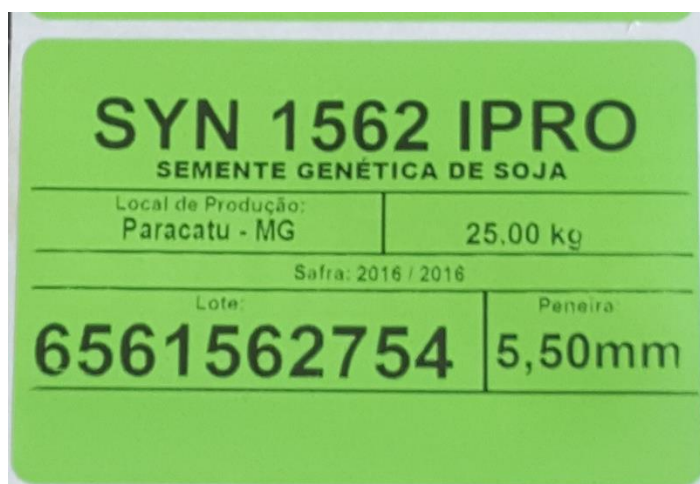


Figura 1: Rótulo de bolsa comercializada en Brasil donde se lee el nombre de la variedad (semente genética de soja), la localidad de producción (local de produção), cosecha (safrá), lote y zaranda utilizada (peneira en mm).

Estudios previos en soja comestible indicaron que las semillas grandes presentaron tasas de germinación bajas durante las primeras 24 hs (Kering y Zhang, 2015). En otro experimento, la textura arcillosa del suelo afectó la emergencia de las semillas pequeñas negativamente (S. Ambika *et al*, 2014). Roshanak, *et al* (2013), encontraron una relación lineal y directa entre el tamaño de la semilla y la fuerza de elongación, lo que indicaría una ventaja para semillas grandes durante la

emergencia. Sin embargo, esta ventaja es relativa y puede cambiar según las condiciones del suelo según como fue explicado anteriormente.

Craviotto *et al.* (2001), encontraron que, para un mismo lote de semillas, aquellas de mayor calibre produjeron plantas más vigorosas que las más pequeñas, a partir de lo cual propusieron que la calibración de semillas podría ser un criterio de utilidad en la selección de semillas con alta calidad fisiológica.

La ventaja potencial del uso de semilla calibrada por tamaño en la siembra de soja para las condiciones agroecológicas y las variedades comercializadas en nuestro país no ha sido suficientemente explorada. Ello implica responder los siguientes interrogantes. A saber: I) si existen diferencias en la calidad fisiológica para semillas de diferentes tamaños, II) si el tamaño y profundidad de siembra pueden afectar la emergencia de la semilla para nuestras condiciones agroecológicas y III) si existen diferencias en el comportamiento entre diferentes genotipos y tamaños de semillas para parámetros morfológicos relacionados con el proceso de emergencia, como alargamiento y engrosamiento de hipocótilo.

OBJETIVOS GENERALES

Determinar si diferentes tamaños de semillas de un mismo lote afectan la calidad fisiológica del mismo y la emergencia de plántulas a diferentes profundidades de siembra.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1) Determinar si el tamaño de la semilla afecta la calidad fisiológica en soja.
- 2) Determinar la capacidad de emergencia a campo para semillas de soja de diferentes tamaños sembradas a distinta profundidad.
- 3) Determinar la capacidad de emergencia de semillas de soja de diferentes tamaños a través de impedancias controladas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material Vegetal

Se utilizaron semillas de soja (*Glycine max.* L-Merr) producidas en 18 lotes diferentes, correspondientes a 15 genotipos comerciales. Los mismos fueron: DM 3312; DM 3810; DM 3815; DM 3970; DM 3988; DM 4214STS; DM 4612i; DM 4913; DM 5.9i; DM 6.8i; DM 7.8i; A 5009RG; NS 5258; A 5509RG; A 6126RG. Estas semillas fueron provistas por el banco de germoplasma de la Cátedra de Fisiología Vegetal, cooperativas y de empresas privadas. Los lotes evaluados y el criterio de selección del mismo se describen para cada experimento.

Sitio experimental

Los análisis y ensayos de semillas se desarrollaron en el laboratorio de la Cátedra de Fisiología Vegetal, Facultad de Ciencias Agrarias, UNR. Los experimentos a campo se realizaron en el lote correspondiente a la Cátedra de Fisiología Vegetal (Fig. 2), Campo Experimental "José F. Villarino", de la Facultad de Ciencias Agrarias (UNR), ubicada en la localidad de Zavalla, provincia de Santa Fe (Lat. 33° 1'33.18"S; Long. 60°53'18.38"O).



Figura 2: Lote ensayo. Cátedra de Fisiología Vegetal, Facultad de Cs. Agrarias UNR.

Análisis de calidad de semillas

Prueba de Viabilidad por Germinación Estándar

Se empleó el método de siembra en papel (top paper), con cuatro repeticiones de 50 semillas cada una (Fig. 3A). Las semillas se distribuyeron uniformemente entre dos capas de papel (Wypall de (28 x 42) cm) previamente humedecido a saturación con agua destilada. Las capas de papel se enrollaron y se cubrieron con bolsas de polietileno para evitar la desecación (Fig. 3B). Los rollos se colocaron verticalmente en estufa de germinación, se incubó a $25 \pm 1^\circ\text{C}$ y oscuridad. La evaluación de las plántulas se realizó luego de ocho días de incubación. La clasificación de plántulas se realizó según criterio del Manual de Evaluación de Plántulas de ISTA (2015), como plántulas normales (intactas y/o con defectos leves), plántulas anormales (dañadas, deformadas o podridas) y semillas no germinadas (duras, y muertas). El resultado se expresó como “Porcentaje de Plántulas Normales”.

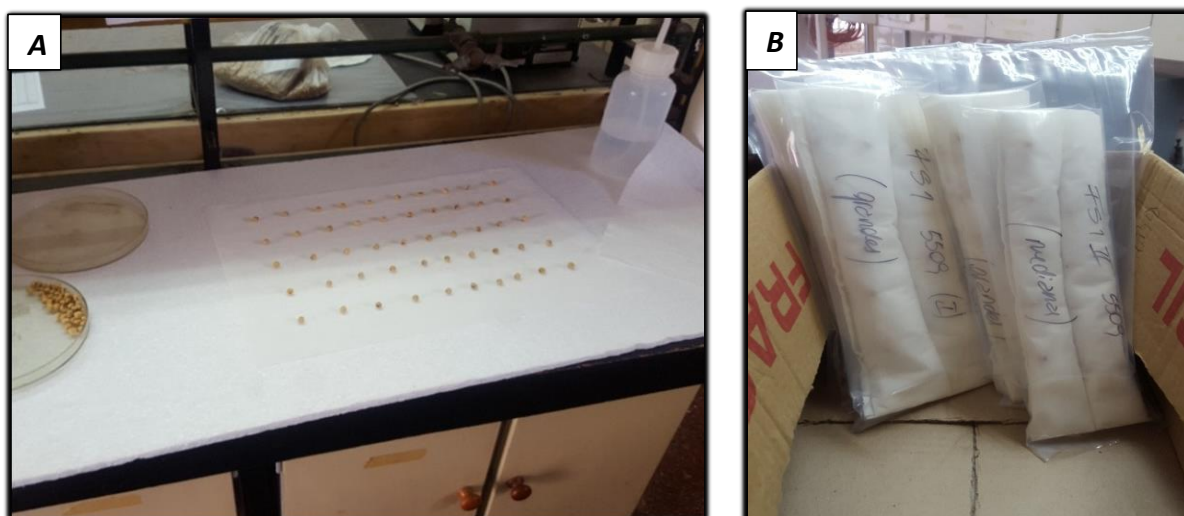


Figura 3: Prueba de germinación estándar. **A-** Réplica de 50 semillas dispuestas en capa de papel humedecida con agua destilada. **B-** Bolsas de polietileno conteniendo los rollos correspondientes a las réplicas de cada uno de los materiales en evaluación.

Prueba de Vigor por Envejecimiento Acelerado

Cuatro réplicas de 100 semillas se dispusieron en una mini cámara para envejecimiento acelerado (CEREALTOOLS®, (Fig. 4A)). La incubación se realizó durante 48 horas en estufa en condiciones de alta temperatura ($42 \pm 1^\circ\text{C}$), alta humedad relativa ($\sim 100\%$) y oscuridad. Luego de esta primera incubación, las semillas se distribuyeron uniformemente en papel (Wypall de (28 x 42) cm) previamente humedecido a saturación con agua destilada (Fig.4B) y se sometieron a una prueba de germinación estándar en las condiciones previamente descriptas. La

evaluación y clasificación de las plántulas se realizó luego de ocho días de incubación, de acuerdo al criterio empleado para la prueba de germinación estándar (ISTA, 2015). El resultado se expresó como “Porcentaje de Plántulas Normales”.

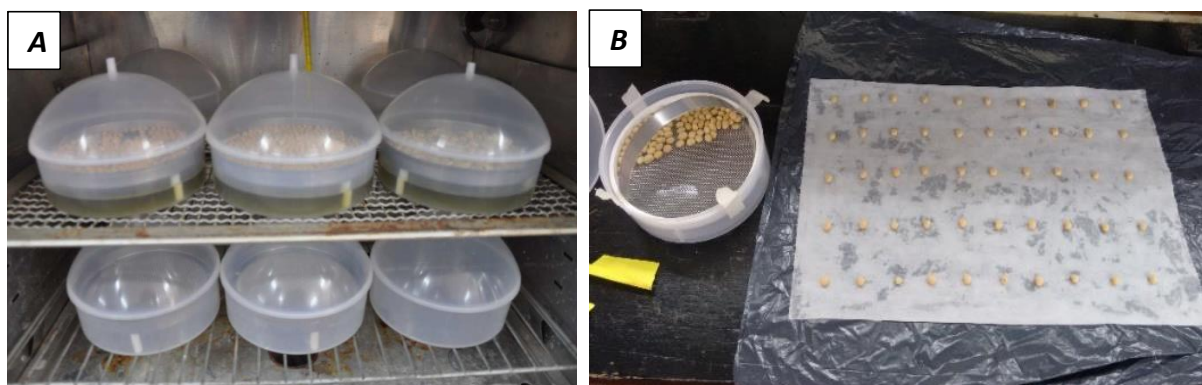


Figura 4: Prueba de envejecimiento acelerado. **A-** Mini cámaras para envejecimiento de semillas bajo condiciones de alta temperatura y humedad relativa, luego de 48 h de incubación. **B-** distribución de semillas sometidas, previamente a envejecimiento acelerado, en papeles húmedos para prueba de germinación estándar.

Experimento I: Calibración de semillas y Prueba de Germinación estándar.

Dados los diferentes orígenes de procedencia, cada lote fue analizado en este experimento como una unidad experimental. Las semillas correspondientes a cada uno de los 18 lotes fueron clasificadas por tamaño, utilizando zarandas redondas, de acuerdo a 3 calibres: semillas pequeñas (P, diámetro menor a 5,5 mm), semillas medianas (M, diámetro entre 5,5 y 7,5 mm) y semillas grandes (G, diámetro mayor a 7,5 mm). El grupo de semillas P en cada lote constituyó una reducida porción de la muestra total e incluyó semillas dañadas y defectuosas, por lo que fue descartado de los análisis. Para cada fracción M y G en cada uno de los lotes se determinó el peso de 100 semillas (P_{100} , balanza ME 3002, Mettler Toledo, precisión 0.01 g), y se estimó la diferencia en peso entre las respectivas fracciones como $[(P_{100}(M)/ P_{100}(G) - 1] * 100$, expresada en el valor absoluto y en porcentaje. Para cada una de las fracciones de semillas M y G de cada lote se evaluó la calidad fisiológica por Prueba de Germinación Estándar.

Experimento II: Emergencia de plántulas a campo para diferentes profundidades de siembra y calibres de semilla.

Dos de los 18 lotes de producción (correspondientes a los genotipos DM 3815 y DM 4214STS²) fueron seleccionados para este experimento, de acuerdo a los mayores valores de calidad fisiológica evaluados en el Experimento I. Para cada una de las fracciones de semillas M y G de ambos genotipos se evaluó en esta oportunidad la calidad fisiológica por Prueba de Envejecimiento Acelerado. El 24/01/17 se realizó la siembra a campo de semillas M y G de ambos genotipos a dos profundidades (dos y cuatro cm), lo que constituyó un total de cuatro tratamientos combinados para cada caso (dos tamaños de semillas x dos profundidades de siembra). Las temperaturas promedio del suelo al momento de la siembra fueron 34.6°C a 2cm y 32.6 °C a 4 cm de profundidad (Fig. 5A). Se sembró de forma manual a una densidad de 20 semillas por metro lineal. La profundidad de siembra se estableció por medio de un dispositivo de diseño propio (Fig. 5B), que permitió regular la misma a dos y cuatro cm, respectivamente (Fig. 6). Las unidades experimentales, conformadas por parcelas de un surco de dos metros a una distancia de 50 cm. entre surcos, se dispusieron de acuerdo con un diseño en bloques completos aleatorizados (DBCA), con tres repeticiones. Se realizó riego por goteo al momento de la siembra y en forma suplementaria.

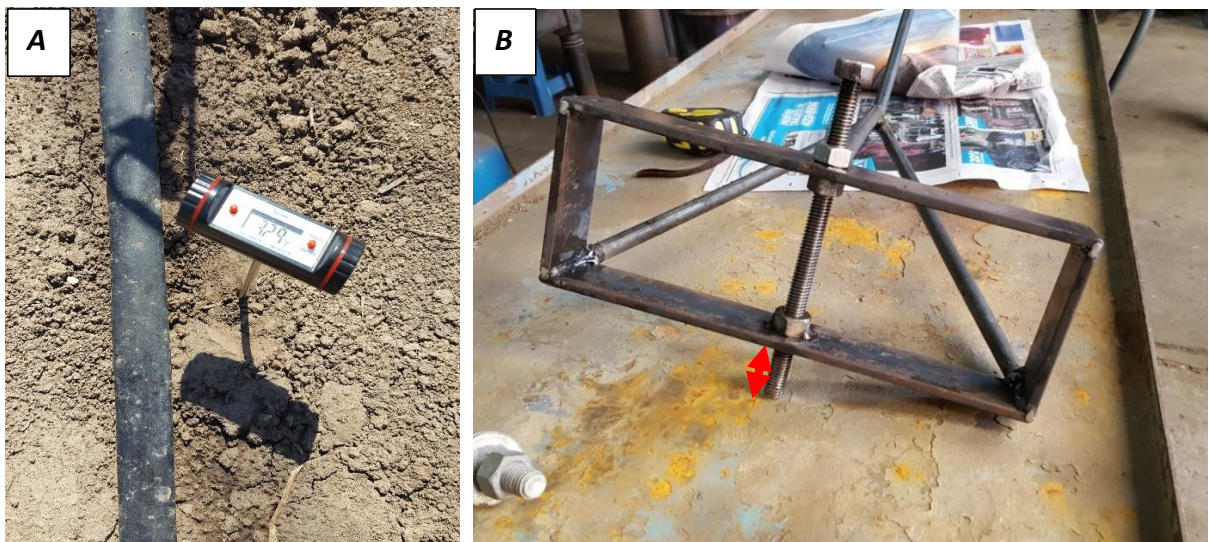


Figura 5: **A-** Determinación de la temperatura del suelo. **B-** Dispositivo ad hoc con mecanismo de profundidad regulable para realizar las siembras a 2 y 4 cm. La flecha roja indica la regulación a 4 cm.

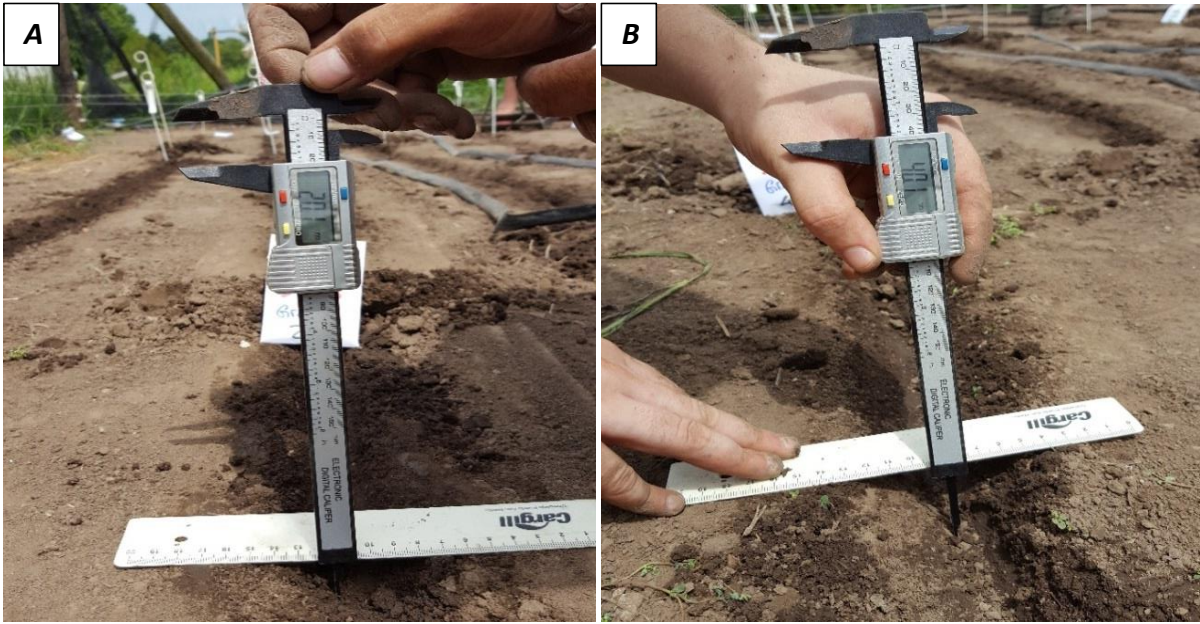


Figura 6: Siembra de semillas medianas (M) y grandes (G) **A-** 2 cm. y **B-** 4 cm. de profundidad.

Se evaluó el número de plántulas totales emergidas por parcela a los 5 (Fig. 7) y 13 días después de la siembra (DDS) y se midió, con calibre digital, el diámetro de hipocótilo a los 13 DDS en cinco plántulas al azar por parcela. Los datos se expresaron como el correspondiente valor promedio por parcela.



Figura 7: Emergencia de plántulas a los cinco días después de la siembra (5 DDS).

Experimento III: Elongación y diámetro de hipocótilo durante el crecimiento pos germinativo para semillas de soja de diferentes calibres y diferentes pesos aplicados.

Se evaluaron los mismos genotipos de semillas que en el Experimento II, debido a que poseían los mayores valores de calidad fisiológica de los 18 lotes. Las semillas M y G de ambos genotipos fueron puestas en placas de Petri con dos papeles de filtro embebidos en agua destilada e incubadas 48 h en estufa a 25 ± 1 °C y oscuridad. Esto tuvo por objetivo garantizar la transferencia sólo de semillas viables y con protrusión radicular incipiente al siguiente paso de experimentación (Fig. 8).



Figura 8: Semillas con protrusión radicular incipiente luego de 48 h de incubación en estufa a 25 ± 1 °C y oscuridad.

Las semillas M y G germinadas se trasplantaron individualmente en tubos de centrífuga (Falcon) de 15 cm³ graduados en escala milimétrica, conteniendo como soporte de crecimiento 2 cm³ de arena tamizada, saturada con agua destilada (Fig. 9 A). Inmediatamente después del trasplante, se aplicó dentro de cada tubo y por encima de la semilla un peso definido con el objetivo de oponer diferentes resistencias a la emergencia de las plántulas. Los pesos aplicados fueron: 2, 40, 70 y 120 gramos, respectivamente. Para cada uno de los pesos en estudio se evaluaron, en simultáneo, cinco réplicas de cada genotipo y tamaño de semilla (Fig. 9 B).

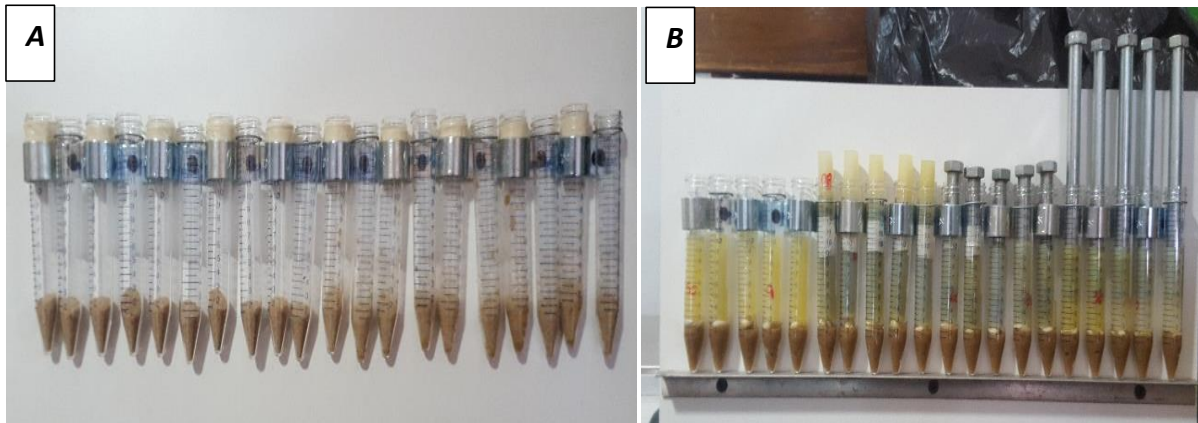


Figura 9: A- Tubos de centrifuga conteniendo 2 cm³ de arena saturada con agua destilada. **B-** Semillas de soja DM 3815 de tamaño mediano (M), trasplantadas individualmente y sometidas a diferentes pesos aplicados. De izquierda a derecha: 2 g (tubos 1 a 5); 40 g (tubos 6 a 10); 70 g (tubos 11 a 15) y 120 g (tubos 16 a 20).

La serie constituida por 20 tubos verticales para cada genotipo y tamaño de semilla se incubó en estufa a $25 \pm 1^\circ\text{C}$ y oscuridad. Se realizaron capturas de imágenes seriadas durante la emergencia de las plántulas y se midió la elongación del hipocótilo para cada plántula a partir de la escala graduada en el frente de cada tubo luego de 92 h de incubación. El dispositivo de captura de imágenes consistió de una cámara web instalada fija en el interior de la estufa de incubación, comandada externamente por un software de disparo programable automatizado. Se empleó un sistema de iluminación de led conectado a un temporizador de encendido sincronizado al momento del disparo de la cámara web con la finalidad de minimizar posibles efectos de la luz continua sobre el desarrollo normal de las plántulas (Fig. 10). Las capturas de imágenes se realizaron a intervalos de cuatro horas durante un período de incubación de 72 h (Fig. 11). A los siete días de incubación, cada una de las plántulas evaluadas fue retirada del tubo de crecimiento y se le midió con calibre digital el diámetro de hipocótilo a una altura de un cm. por debajo de la inserción de los cotiledones.



Figura 10: Dispositivo de captura de imágenes automatizado montado en el interior de la estufa de incubación.



Figura 11: Plántulas de soja (DM 3815) luego de 92 h de incubación, sometidas a los siguientes pesos: T= 2 g.; P1= 40 g.; P2= 70 g; P3= 120 g.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Experimento I: Calibración de semillas y Prueba de Germinación Estándar.

La clasificación por zarandas sobre los 18 lotes de semillas para 15 genotipos comerciales de soja permitió identificar dos tamaños de semillas en todos los casos ($p < 0.05$). Las diferencias de peso de 100 semillas para los dos tamaños obtenidos estuvieron en el rango de 18 y 28 % (Tabla 1) y resultaron significativas en todos los casos.

Tabla 1: Peso de cien semillas medianas (M) y grandes (G), diferencia de peso entre las semillas M y G y poder germinativo (PG) para semillas M y G de 18 lotes de semillas correspondientes a 15 genotipos comerciales de soja ('¹' '²' indican diferentes lotes).

| LOTE | GENOTIPO | Peso 100 semillas (g) | | Diferencia de Peso (%) | PG (%) | |
|------|-------------------------|-----------------------|---------|------------------------|----------|---------|
| | | MEDIANAS | GRANDES | | MEDIANAS | GRANDES |
| 1 | DM 3312 | 13,8 A | 17,4 B | 20,3 | 61 | 66 |
| 2 | DM 3810 ¹ | 12,8 A | 16,1 B | 21,1 | 3 | 1 |
| 3 | DM 3810 ² | 13,5 A | 16,6 B | 18,4 | 70 | 69 |
| 4 | DM 3815 | 14,3 A | 18,9 B | 25 | 90 | 92 |
| 5 | DM 3970 | 13,6 A | 17,4 B | 21,6 | 51 | 43 |
| 6 | DM 3988 | 13,7 A | 17,6 B | 22 | 68 | 70 |
| 7 | DM 4214STS ¹ | 13,9 A | 17,2 B | 18,9 | 65 | 65 |
| 8 | DM 4214STS ² | 13,5 A | 16,6 B | 20 | 92 | 90 |
| 9 | DM 4612i ¹ | 13,9 A | 18,5 B | 24,9 | 29 | 33 |
| 10 | DM 4612i ² | 13,2 A | 16,5 B | 20 | 86 | 83 |
| 11 | DM 4913 | 13,6 A | 17,6 B | 22,3 | 50 | 49 |
| 12 | DM 5.9 | 13,3 A | 18,7 B | 28 | 64 | 65 |
| 13 | DM 6.8 | 14,4 A | 18,2 B | 21,1 | 30 | 35 |
| 14 | DM 7.8 | 13,4 A | 17,1 B | 22,5 | 54 | 53 |
| 15 | A 5009RG | 14,6 A | 18,6 B | 21,5 | 61 | 53 |
| 16 | NS A5258 | 13,4 A | 17,6 B | 22 | 63 | 54 |
| 17 | A 5509RG | 14,3 A | 17,6 B | 18,4 | 20 | 25 |
| 18 | A 6126RG | 9,7 A | 12,2 B | 19,4 | 78 | 85 |

Distintas letras indican diferencias significativas ($p < 0.05$).

Los análisis de poder germinativo no mostraron diferencias significativas para las semillas de ambos calibres ($p>0.05$), indicando que el tamaño de la semilla no tuvo efecto sobre la calidad fisiológica de los lotes de semillas analizados.

Por otro lado, a partir de estos resultados, los cultivares DM 3815 y DM 4214STS² fueron seleccionados para continuar con los ensayos experimentales por presentar éstos los mayores valores de PG, acordes a los estándares de calidad fisiológica establecidos para cultivares comerciales de soja en Argentina. Adicionalmente, se evaluó el vigor en ambos casos por la Prueba de Envejecimiento Acelerando. Los resultados para este atributo fueron, 85 % y 86 % para semillas grandes y medianas de DM 3815, respectivamente y 84 % para ambos tamaños de semillas del cultivar DM 4214STS².

Experimento II: Emergencia de plántulas a campo para diferentes profundidades de siembra y calibres de semilla.

El porcentaje de plántulas totales emergidas a los cinco días después de la siembra (5DDS) para ambos tamaños de semillas y profundidades de siembra, resultó mayor para la variedad DM 3815 que para DM 4214STS². A su vez, la emergencia para ambos genotipos resultó significativamente mayor para la profundidad de siembra a 2 cm respecto a 4 cm ($p<0.05$). No se encontraron diferencias significativas entre semillas medianas y grandes para cada profundidad de siembra y genotipo (Fig.12).

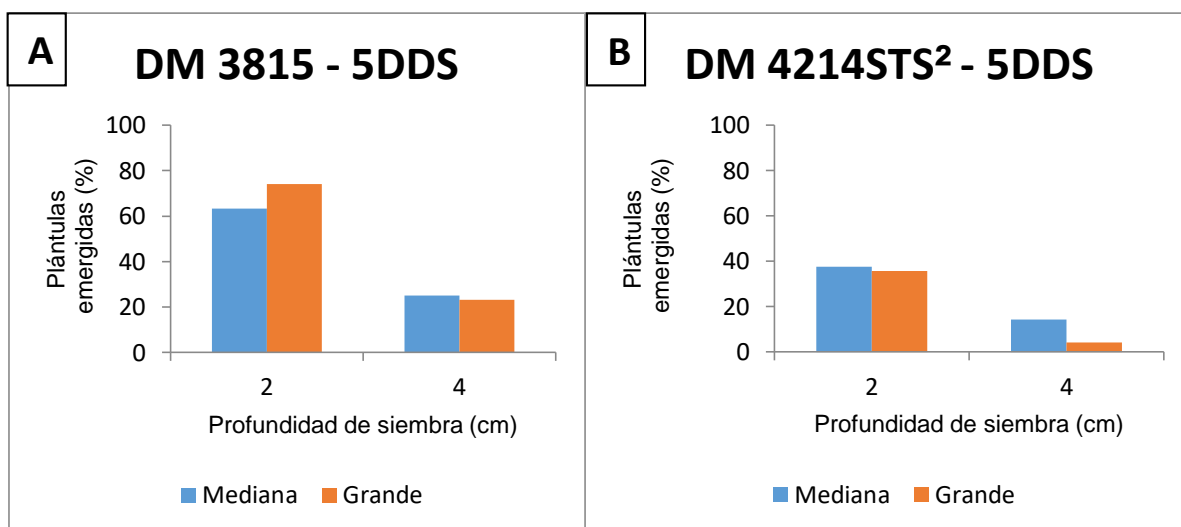


Figura 12: Porcentaje de plántulas emergidas a los cinco días después de la siembra (5DDS) en siembras a 2 cm y 4 cm de profundidad para semillas medianas y grandes de los cultivares **(A)** DM 3815 y **(B)** DM 4214STS².

Al igual que lo observado a los 5 DDS, la emergencia a los 13 días después de la siembra (13DDS) para siembras a 2 cm fue significativamente mayor respecto a 4 cm para ambos genotipos. Por otro lado, para ambos genotipos y profundidades de siembra, el número de plántulas emergidas para semillas medianas resultó significativamente mayor que para semillas grandes ($p < 0.05$; Fig. 13)

Tanto para 5 DDS como para 13 DDS no se observaron efectos para la interacción entre genotipos y tamaños de semillas.

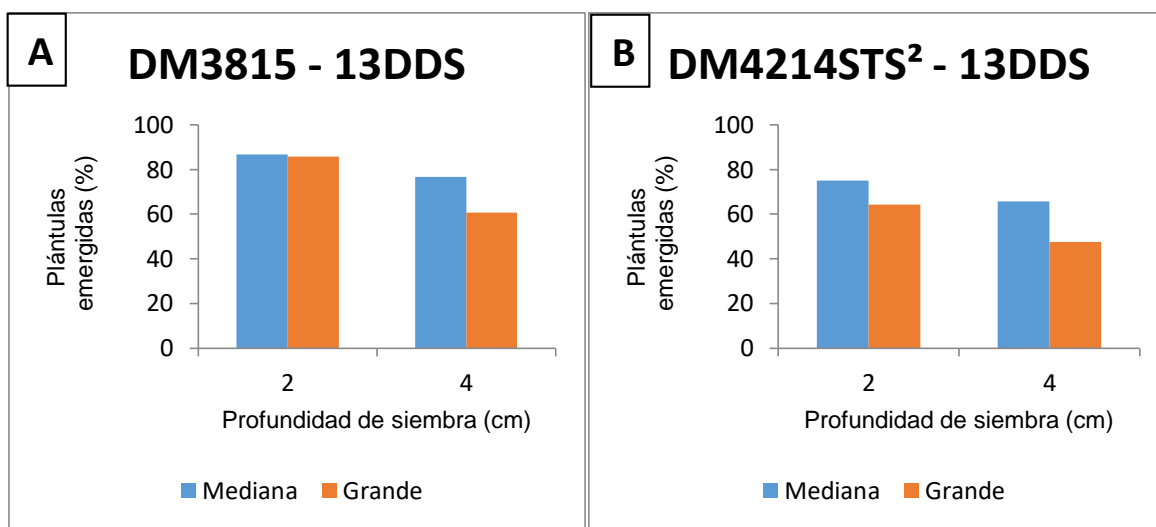


Figura 13: Porcentaje de plántulas emergidas a los trece días después de la siembra (13DDS) en siembras a 2 cm y 4 cm de profundidad para semillas medianas y grandes de los genotipos **(A)** DM 3815 y **(B)** DM 4214STS².

Estos resultados coinciden con las investigaciones, que han demostrado que las semillas de guisante (*Pisum sativum* L.) de tamaño mediano, en comparación a las de mayor tamaño producen una mejor germinación y poseen un mayor vigor (Manonmani, V., 2014).

Coincidentemente con estas investigaciones, varios estudios concluyen que las semillas pequeñas han demostrado tener viabilidad superior a las de mayor tamaño (Gamble, E., 1985).

Para la variable diámetro de hipocótilo, medida a los 13 DDS, se encontró que, para ambos genotipos evaluados, el mismo fue mayor para siembras a 4 cm de profundidad que a 2 cm. Adicionalmente, se observó un efecto de interacción entre las variables tamaño de semilla y profundidad de siembra. Por su parte, para DM 3815, no hubo diferencias en el diámetro de hipocótilo entre semillas medianas y grandes sembradas a 2 cm de profundidad, y el mismo resultó levemente mayor para semillas grandes sembradas a 4 cm. En tanto, para DM 4214STS², el diámetro de hipocótilo resultó levemente menor a 2 cm y mayor a 4cm para semillas grandes respecto a las medianas (Fig. 14).

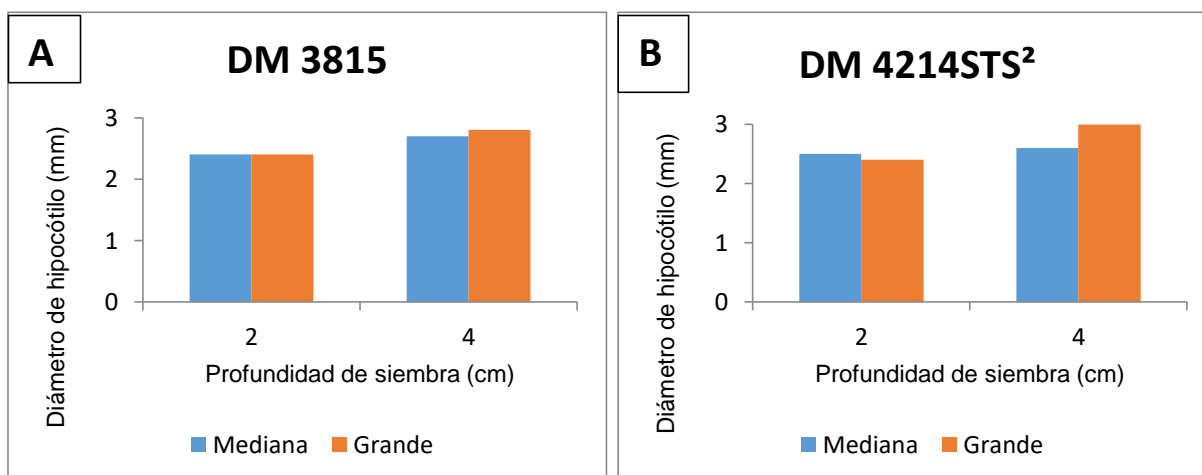


Figura 14: Diámetro de hipocótilo medido a los 13 días después de la siembra (13DDS) en siembras a 2 cm y 4 cm de profundidad para semillas medianas y grandes de los genotipos **(A)** DM 3815 y **(B)** DM 4214STS².

Analizados en conjunto, los resultados obtenidos para el porcentaje de plántulas emergidas a los 5DDS y 13DDS (Fig. 12 y 13) y diámetro de hipocótilo (Fig. 14) a los 13 DDS indicaron, por un lado, que para siembras más superficiales (2 cm), la capacidad de emergencia y establecimiento de plántulas fueron similares para semillas tanto medianas como grandes, en tanto que, para siembras a mayor profundidad (4 cm), semillas grandes presentaron menor porcentaje de plántulas emergidas y mayor engrosamiento de hipocótilo respecto a semillas medianas, afectando negativamente en consecuencia ambos parámetros.

Experimento III: Elongación y diámetro de hipocótilo durante el crecimiento pos germinativo para semillas de soja de diferentes calibres y diferentes pesos aplicados.

La elongación de hipocótilo para semillas de soja medianas y grandes de ambos genotipos, luego de 92 h de incubación en sustrato húmedo a 25 ± 1 °C, disminuyó con el incremento del peso aplicado a las semillas. Se encontraron diferencias significativas en longitud de hipocótilo entre 2, 40 y 70 g aplicados, respectivamente, en tanto no hubo diferencias significativas entre 70 y 120 g. En términos generales, las mediciones resultaron similares para ambos genotipos e indicaron que la elongación de hipocótilo fue mayor para semillas medianas respecto a semillas grandes para los diferentes pesos aplicados (excepto para 40 g en el cultivar DM 4214STS², Fig.15).

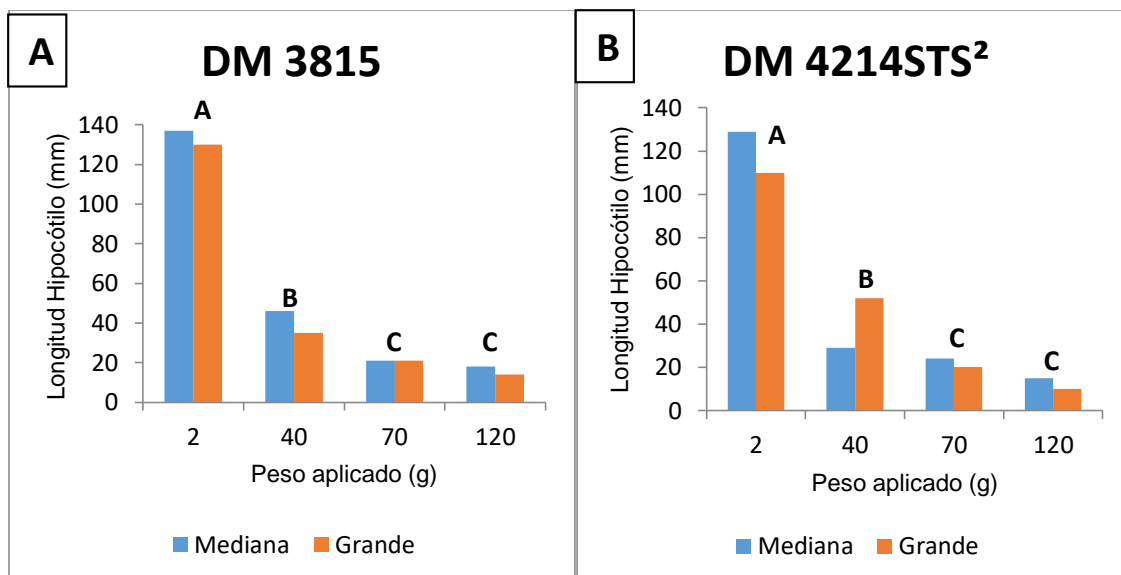


Figura 15: Longitud de hipocótilo medido a las 92 h de incubación en sustrato de arena húmeda a 25 ± 1 °C y diferentes pesos aplicados (2, 40, 70 y 120 g) para semillas medianas y grandes de los genotipos **(A)** DM 3815 y **(B)** DM 4214STS². Letras distintas indican que existen diferencias significativas ($p < 0.05$).

La evolución en la longitud del hipocótilo, medida cada 4 hs durante 72 hs de incubación en plántulas provenientes de semillas de soja de ambos cultivares y calibres permitió evaluar la capacidad de emergencia de las mismas en términos de su velocidad de alargamiento. En analogía al experimento previo, donde se evaluó la emergencia para siembras a 2 y 4 cm de profundidad, las líneas roja y negra paralelas al eje de abscisas (Fig.16) corresponden a longitudes de hipocótilo de 2 y 4 cm, respectivamente. En términos generales, la velocidad de alargamiento de hipocótilo para semillas tanto medianas como grandes, resultó similar para los diferentes pesos analizados. Para un peso aplicado de 2 g, semillas medianas y grandes alcanzaron los 20 mm de elongación de hipocótilo a 20 y 24 h, en tanto alcanzaron los 40 mm alrededor de las 30 y 42 h, respectivamente. Para 40 g de peso aplicado, las semillas medianas y grandes alcanzaron los 20 mm aproximadamente a las 30 y 42 h y solo alcanzaron los 40 mm las semillas medianas a las 60 h. No se registraron ambas longitudes en ningún caso para 70 ni 120 g durante el tiempo que duró el experimento. Tomados en conjunto, los resultados de este experimento indicaron que, para DM 3815 las semillas medianas presentaron mayor velocidad de alargamiento de hipocótilo, lo cual se tradujo en mayor longitud y menor diámetro final de hipocótilo alcanzado respecto a semillas grandes.

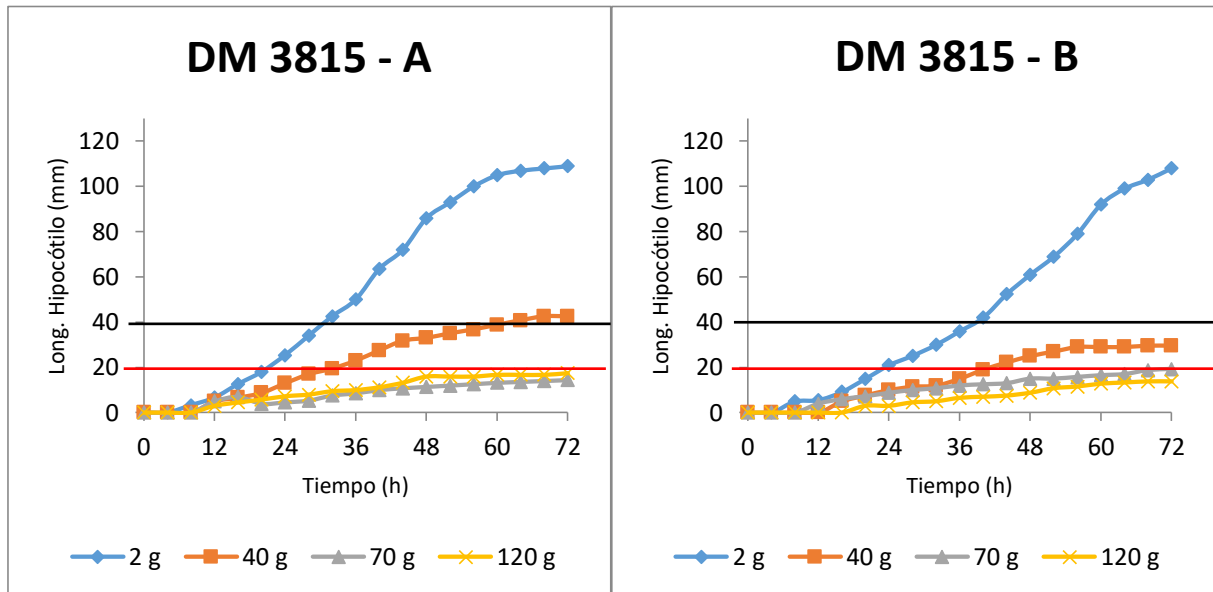


Figura 16: Longitud de hipocótilo medido durante 72 hs. de incubación en sustrato de arena húmeda a 25 ± 1 °C y diferentes pesos aplicados (2, 40, 70 y 120 g) para semillas medianas **(A)** y grandes **(B)** del genotipo DM 3815.

Por su parte, para DM 4214STS², la velocidad de alargamiento en las primeras horas de incubación para 2, 40 y 70 g de peso aplicado fue mayor para semillas grandes respecto a las medianas. Cuando el peso aplicado fue de 2 g, elongaciones de 20 y 40 mm se registraron aproximadamente a las 32 y 48 hs y a las 16 y 32 hs, para semillas medianas y grandes, respectivamente. Por otra parte, para 40 g de peso, si bien se alcanzó una longitud de hipocótilo de 20 mm aproximadamente a las 40 y 48 hs para semillas medianas y grandes, respectivamente, sólo estas últimas registraron un incremento en el alargamiento próximo a los 40 mm hacia fines del experimento. Adicionalmente, para 70 g, ambos tamaños de semillas no superaron más de 20 mm de elongación de hipocótilo alrededor de las 72 hs y no alcanzaron este valor para 120 g en el tiempo que duró el experimento (Fig.17).

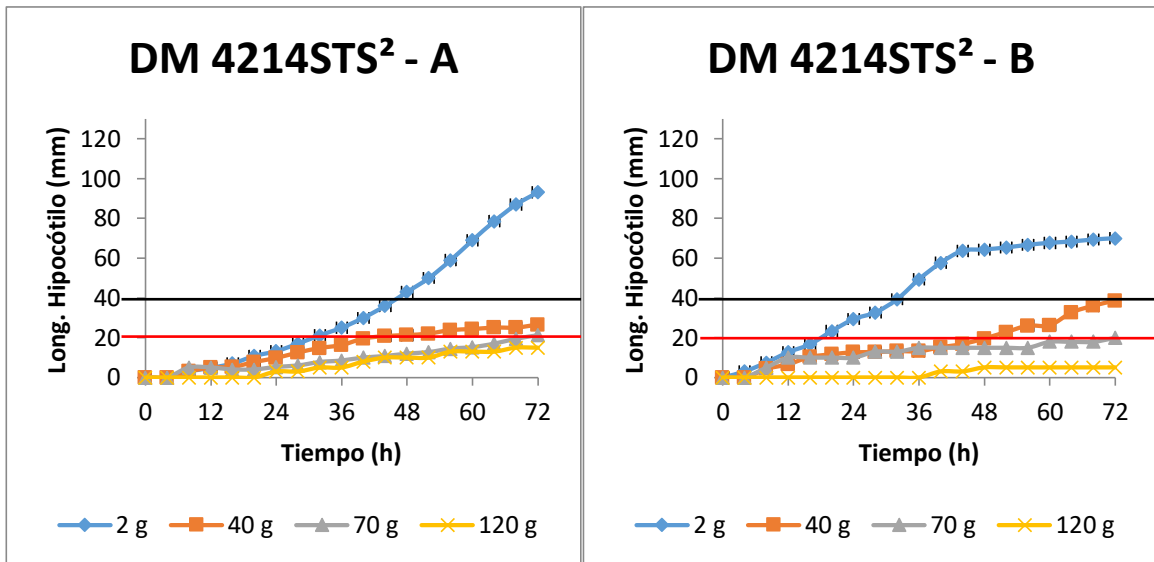


Figura 17: Longitud de hipocótilo medido durante 72 h de incubación en sustrato de arena húmeda a 25 ± 1 °C y diferentes pesos aplicados (2, 40, 70 y 120 g) para semillas medianas **(A)** y grandes **(B)** del genotipo DM 4214STS².

Respecto al diámetro de hipocótilo, se encontraron diferencias significativas en el engrosamiento de los mismos para cada uno de los diferentes pesos aplicados. A su vez, se encontró efecto en la interacción genotipo x tamaño ($P = 0,0012$). En este sentido, para DM 3815 se encontró que el engrosamiento de hipocótilo fue mayor para las semillas grandes respecto a las medianas para 2, 40 y 70 g., e igual para 120 g. de peso aplicado, respectivamente. En tanto, para DM 4214STS², el engrosamiento correspondiente a semillas grandes resultó menor que el de semillas medianas, excepto para 40 g. de peso aplicado, donde el mismo resultó levemente mayor (Fig.18).

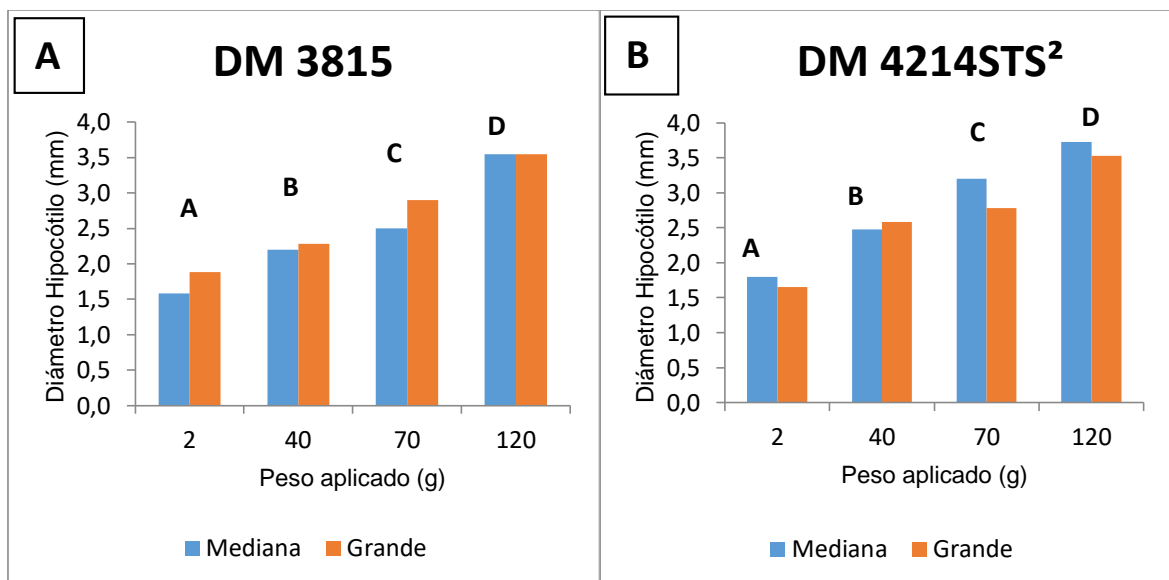


Figura 18: Diámetro de hipocótilo medido a las 92 hs de incubación en sustrato de arena húmeda a 25 ± 1 °C y diferentes pesos aplicados (2, 40, 70 y 120 g) para semillas medianas y grandes de los genotipos **(A)** DM 3815 y **(B)** DM 4214STS². Letras diferentes indican que existen diferencias significativas ($p < 0.05$).

Analizados en conjunto, los resultados mostraron que, para DM 3815, las semillas grandes presentaron menor longitud y mayor diámetro de hipocótilo a medida que se incrementaron los pesos aplicados a las mismas, indicando que las resistencias a la emergencia son mayores en este caso. Por el contrario, para DM 4214STS², tanto la longitud como el engrosamiento de hipocótilo en semillas grandes resultaron menores que para semillas medianas, excepto para 40 g de peso aplicado donde ambos parámetros resultaron superiores a los de semillas medianas.

Otros aspectos del fenómeno no abordados en este trabajo como la energía germinativa de las semillas utilizadas, deberían evaluarse en los futuros estudios.

CONCLUSIONES

La calidad fisiológica de las semillas, determinada como el valor de PG, no se vio afectada por los diferentes tamaños de semillas evaluados. Sin embargo, se encontraron diferencias al evaluar la capacidad de emergencia de las semillas en función de su tamaño solamente para la mayor profundidad en condiciones de campo.

En las siembras superficiales (2 cm), no se encontraron diferencias entre los 2 tamaños de semillas evaluados (M y G) para la emergencia. Sin embargo, las semillas medianas en siembras a 4 cm de profundidad lograron una mayor y más rápida emergencia.

Respecto del efecto de una resistencia en condiciones de laboratorio, la elongación del hipocótilo disminuyó a medida que fue incrementado el peso aplicado a las mismas, tanto para semillas medianas como grandes, e independiente al genotipo evaluado. Sin embargo, para el diámetro del hipocótilo se observó un comportamiento diferencial para los distintos genotipos según el tamaño de semilla.

ANEXO

Análisis de la Varianza para tamaño de semillas de diferentes lotes evaluados.

| Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I) | | | | | |
|---|---------------|----------|---------------|----------------|-------------------|
| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
| Modelo. | 554.09 | 37 | 14.98 | 234.33 | <0.0001 |
| Rep | 2.80 | 2 | 1.40 | 21.93 | <0.0001 |
| Tam | 379.31 | 1 | 379.31 | 5935.24 | <0.0001 |
| Genotipo | 160.96 | 17 | 9.47 | 148.16 | <0.0001 |
| Tam*Genot. | 11.01 | 17 | 0.65 | 10.14 | <0.0001 |
| Error | 4.47 | 70 | 0.06 | | |
| Total | 558.57 | 107 | | | |

ANVA y test de Fisher para los 18 lotes de semillas evaluados.

| Genotipo | Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|--|----------|----|----------------|-------------------|---------|
| G3312 | peso | 6 | 1.00 | 1.00 | 0.45 |
| Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III) | | | | | |
| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
| Modelo. | 20.11 | 3 | 6.70 | 1340.67 | 0.0007 |
| Rep | 0.67 | 2 | 0.33 | 67.00 | 0.0147 |
| Tam | 19.44 | 1 | 19.44 | 3888.00 | 0.0003 |
| Error | 0.01 | 2 | 0.01 | | |
| Total | 20.12 | 5 | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | Medias | n | E.E. | | |
| | 13.80 | 3 | 0.04 | A | |
| | 17.40 | 3 | 0.04 | | B |
| Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$) | | | | | |

| Genotipo | Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|--|----------|----|----------------|-------------------|---------|
| G3810 | peso | 6 | 1.00 | 1.00 | 0.49 |
| | | | | | |
| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
| Modelo. | 16.53 | 3 | 5.51 | 1101.67 | 0.0009 |
| Rep | 0.19 | 2 | 0.10 | 19.00 | 0.0500 |
| Tam | 16.34 | 1 | 16.34 | 3267.00 | 0.0003 |
| Error | 0.01 | 2 | 5.0E-03 | | |
| Total | 16.54 | 5 | | | |
| Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.24841 | | | | | |
| Error: 0.0050 gl: 2 | | | | | |
| Tam | Medias | n | E.E. | | |
| med | 12.80 | 3 | 0.04 | A | |
| gran | 16.10 | 3 | 0.04 | | B |
| Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05) | | | | | |

| Genotipo | Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|--|----------|----|----------------|-------------------|---------|
| G3810-2 | peso | 6 | 0.99 | 0.97 | 1.78 |
| Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III) | | | | | |
| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
| Modelo. | 13.87 | 3 | 4.62 | 64.52 | 0.0153 |
| Rep | 0.07 | 2 | 0.03 | 0.49 | 0.6719 |
| Tam | 13.80 | 1 | 13.80 | 192.58 | 0.0052 |
| Error | 0.14 | 2 | 0.07 | | |
| Total | 14.02 | 5 | | | |
| Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.94048 | | | | | |
| Error: 0.0717 gl: 2 | | | | | |
| Tam | Medias | n | E.E. | | |
| med | 13.53 | 3 | 0.15 | A | |
| gran | 16.57 | 3 | 0.15 | | B |
| Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05) | | | | | |

| Genotipo | Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|--|----------|----|----------------|-------------------|---------|
| G3815 | peso | 6 | 1.00 | 0.99 | 1.07 |
| Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III) | | | | | |
| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
| Modelo. | 31.39 | 3 | 10.46 | 330.37 | 0.0030 |
| Rep | 0.10 | 2 | 0.05 | 1.63 | 0.3800 |
| Tam | 31.28 | 1 | 31.28 | 987.84 | 0.0010 |
| Error | 0.06 | 2 | 0.03 | | |
| Total | 31.45 | 5 | | | |
| Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.62516 | | | | | |
| Error: 0.0317 gl: 2 | | | | | |
| Tam | Medias | n | E.E. | | |
| med | 14.33 | 3 | 0.10 | A | |
| gran | 18.90 | 3 | 0.10 | | B |
| Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05) | | | | | |

| Genotipo | Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|--|----------|----|----------------|-------------------|---------|
| G3970 | peso | 6 | 0.99 | 0.97 | 2.25 |
| Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III) | | | | | |
| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
| Modelo. | 22.49 | 3 | 7.50 | 61.60 | 0.0160 |
| Rep | 0.44 | 2 | 0.22 | 1.82 | 0.3544 |
| Tam | 22.04 | 1 | 22.04 | 181.16 | 0.0055 |
| Error | 0.24 | 2 | 0.12 | | |
| Total | 22.73 | 5 | | | |
| Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=1.22540 | | | | | |
| Error: 0.1217 gl: 2 | | | | | |
| Tam | Medias | n | E.E. | | |
| med | 13.60 | 3 | 0.20 | A | |
| gran | 17.43 | 3 | 0.20 | | B |
| Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$) | | | | | |

| Genotipo | Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|--|----------|----|----------------|-------------------|---------|
| G3988 | peso | 6 | 1.00 | 1.00 | 0.94 |
| Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III) | | | | | |
| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
| Modelo. | 23.51 | 3 | 7.84 | 361.69 | 0.0028 |
| Rep | 0.30 | 2 | 0.15 | 7.00 | 0.1250 |
| Tam | 23.21 | 1 | 23.21 | 1071.08 | 0.0009 |
| Error | 0.04 | 2 | 0.02 | | |
| Total | 23.55 | 5 | | | |
| Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.51711 | | | | | |
| Error: 0.0217 gl: 2 | | | | | |
| Tam | Medias | n | E.E. | | |
| med | 13.67 | 3 | 0.08 | A | |
| gran | 17.60 | 3 | 0.08 | | B |
| Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$) | | | | | |

| Genotipo | Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|--|----------|----|----------------|-------------------|---------|
| G4214 | peso | 6 | 0.99 | 0.98 | 1.60 |
| Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III) | | | | | |
| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
| Modelo. | 17.01 | 3 | 5.67 | 91.95 | 0.0108 |
| Rep | 0.34 | 2 | 0.17 | 2.78 | 0.2643 |
| Tam | 16.67 | 1 | 16.67 | 270.27 | 0.0037 |
| Error | 0.12 | 2 | 0.06 | | |
| Total | 17.13 | 5 | | | |
| Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.87240 | | | | | |
| Error: 0.0617 gl: 2 | | | | | |
| Tam | Medias | n | E.E. | | |
| med | 13.90 | 3 | 0.14 | A | |
| gran | 17.23 | 3 | 0.14 | | B |
| Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$) | | | | | |

| Genotipo | Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|--|----------|----|----------------|-------------------|---------|
| G4214-2 | peso | 6 | 0.99 | 0.97 | 1.78 |
| Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III) | | | | | |
| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
| Modelo. | 14.11 | 3 | 4.70 | 65.63 | 0.0150 |
| Rep | 3.3E-03 | 2 | 1.7E-03 | 0.02 | 0.9773 |
| Tam | 14.11 | 1 | 14.11 | 196.84 | 0.0050 |
| Error | 0.14 | 2 | 0.07 | | |
| Total | 14.25 | 5 | | | |
| Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.94048 | | | | | |
| Error: 0.0717 gl: 2 | | | | | |
| Tam | Medias | n | E.E. | | |
| med | 13.53 | 3 | 0.15 | A | |
| gran | 16.60 | 3 | 0.15 | | B |
| Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05) | | | | | |

| Genotipo | Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|--|----------|----|----------------|-------------------|---------|
| G4612 | peso | 6 | 1.00 | 1.00 | 0.44 |
| Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III) | | | | | |
| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
| Modelo. | 31.87 | 3 | 10.62 | 2124.67 | 0.0005 |
| Rep | 0.13 | 2 | 0.06 | 13.00 | 0.0714 |
| Tam | 31.74 | 1 | 31.74 | 6348.00 | 0.0002 |
| Error | 0.01 | 2 | 0.01 | | |
| Total | 31.88 | 5 | | | |
| Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.24841 | | | | | |
| Error: 0.0050 gl: 2 | | | | | |
| Tam | Medias | n | E.E. | | |
| med | 13.90 | 3 | 0.04 | A | |
| gran | 18.50 | 3 | 0.04 | | B |
| Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05) | | | | | |

| Genotipo | Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|--|----------|----|----------------|-------------------|---------|
| G4612-2 | peso | 6 | 0.99 | 0.97 | 2.18 |
| Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III) | | | | | |
| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
| Modelo. | 16.36 | 3 | 5.45 | 51.93 | 0.0190 |
| Rep | 0.02 | 2 | 0.01 | 0.11 | 0.9000 |
| Tam | 16.34 | 1 | 16.34 | 155.57 | 0.0064 |
| Error | 0.21 | 2 | 0.11 | | |
| Total | 16.57 | 5 | | | |
| Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=1.13837 | | | | | |
| Error: 0.1050 gl: 2 | | | | | |
| Tam | Medias | n | E.E. | | |
| med | 13.23 | 3 | 0.19 | A | |
| gran | 16.53 | 3 | 0.19 | | B |
| Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05) | | | | | |

| Genotipo | Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|---|----------|----|----------------|-------------------|---------|
| G4913 | peso | 6 | 1.00 | 1.00 | 0.00 |
| Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III) | | | | | |
| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
| Modelo. | 24.28 | 3 | 8.09 | sd | sd |
| Rep | 0.28 | 2 | 0.14 | sd | sd |
| Tam | 24.00 | 1 | 24.00 | sd | sd |
| Error | 0.00 | 2 | 0.00 | | |
| Total | 24.28 | 5 | | | |

| Genotipo | Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|--|----------|----|----------------|-------------------|---------|
| G5009 | peso | 6 | 1.00 | 0.99 | 1.37 |
| Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III) | | | | | |
| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
| Modelo. | 24.93 | 3 | 8.31 | 160.81 | 0.0062 |
| Rep | 0.52 | 2 | 0.26 | 5.06 | 0.1649 |
| Tam | 24.40 | 1 | 24.40 | 472.29 | 0.0021 |
| Error | 0.10 | 2 | 0.05 | | |
| Total | 25.03 | 5 | | | |
| Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.79854 | | | | | |
| Error: 0.0517 gl: 2 | | | | | |
| Tam | Medias | n | E.E. | | |
| med | 14.60 | 3 | 0.13 | A | |
| gran | 18.63 | 3 | 0.13 | | B |
| Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05) | | | | | |

| Genotipo | Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|--|----------|----|----------------|-------------------|---------|
| G5.9 | peso | 6 | 0.99 | 0.98 | 2.43 |
| Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III) | | | | | |
| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
| Modelo. | 43.06 | 3 | 14.35 | 94.63 | 0.0105 |
| Rep | 0.39 | 2 | 0.20 | 1.29 | 0.4375 |
| Tam | 42.67 | 1 | 42.67 | 281.32 | 0.0035 |
| Error | 0.30 | 2 | 0.15 | | |
| Total | 43.36 | 5 | | | |
| Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=1.36816 | | | | | |
| Error: 0.1517 gl: 2 | | | | | |
| Tam | Medias | n | E.E. | | |
| med | 13.33 | 3 | 0.22 | A | |
| gran | 18.67 | 3 | 0.22 | | B |
| Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05) | | | | | |

| Genotipo | Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|--|----------|----|----------------|-------------------|---------|
| G5258 | peso | 6 | 1.00 | 1.00 | 0.70 |
| Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III) | | | | | |
| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
| Modelo. | 27.33 | 3 | 9.11 | 780.71 | 0.0013 |
| Rep | 0.44 | 2 | 0.22 | 19.00 | 0.0500 |
| Tam | 26.88 | 1 | 26.88 | 2304.14 | 0.0004 |
| Error | 0.02 | 2 | 0.01 | | |
| Total | 27.35 | 5 | | | |
| Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.37946 | | | | | |
| Error: 0.0117 gl: 2 | | | | | |
| Tam | Medias | n | E.E. | | |
| med | 13.37 | 3 | 0.06 | A | |
| gran | 17.60 | 3 | 0.06 | | B |
| Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05) | | | | | |

| Genotipo | Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|--|----------|----|----------------|-------------------|---------|
| G5509 | peso | 6 | 0.98 | 0.96 | 2.35 |
| Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III) | | | | | |
| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
| Modelo. | 16.46 | 3 | 5.49 | 39.18 | 0.0250 |
| Rep | 0.12 | 2 | 0.06 | 0.43 | 0.7000 |
| Tam | 16.34 | 1 | 16.34 | 116.68 | 0.0085 |
| Error | 0.28 | 2 | 0.14 | | |
| Total | 16.74 | 5 | | | |
| Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=1.31448 | | | | | |
| Error: 0.1400 gl: 2 | | | | | |
| Tam | Medias | n | E.E. | | |
| med | 14.30 | 3 | 0.22 | A | |
| gran | 17.60 | 3 | 0.22 | | B |
| Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05) | | | | | |

| Genotipo | Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|--|----------|----|----------------|-------------------|---------|
| G6.8 | peso | 6 | 0.99 | 0.98 | 1.73 |
| Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III) | | | | | |
| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
| Modelo. | 22.15 | 3 | 7.38 | 92.31 | 0.0107 |
| Rep | 0.49 | 2 | 0.25 | 3.08 | 0.2449 |
| Tam | 21.66 | 1 | 21.66 | 270.75 | 0.0037 |
| Error | 0.16 | 2 | 0.08 | | |
| Total | 22.31 | 5 | | | |
| Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.99366 | | | | | |
| Error: 0.0800 gl: 2 | | | | | |
| Tam | Medias | n | E.E. | | |
| med | 14.43 | 3 | 0.16 | A | |
| gran | 18.23 | 3 | 0.16 | | B |
| Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05) | | | | | |

| Genotipo | Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|--|----------|----|----------------|-------------------|---------|
| G6126 | peso | 6 | 0.99 | 0.98 | 1.71 |
| Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III) | | | | | |
| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
| Modelo. | 9.52 | 3 | 3.17 | 90.65 | 0.0109 |
| Rep | 0.14 | 2 | 0.07 | 2.05 | 0.3281 |
| Tam | 9.38 | 1 | 9.38 | 267.86 | 0.0037 |
| Error | 0.07 | 2 | 0.03 | | |
| Total | 9.59 | 5 | | | |
| Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.65724 | | | | | |
| Error: 0.0350 gl: 2 | | | | | |
| Tam | Medias | n | E.E. | | |
| med | 9.67 | 3 | 0.11 | A | |
| gran | 12.17 | 3 | 0.11 | | B |
| Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05) | | | | | |

| Genotipo | Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|--|----------|----|----------------|-------------------|---------|
| G7.8 | peso | 6 | 1.00 | 1.00 | 0.80 |
| Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III) | | | | | |
| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
| Modelo. | 20.67 | 3 | 6.89 | 459.22 | 0.0022 |
| Rep | 0.13 | 2 | 0.06 | 4.33 | 0.1875 |
| Tam | 20.54 | 1 | 20.54 | 1369.00 | 0.0007 |
| Error | 0.03 | 2 | 0.02 | | |
| Total | 20.70 | 5 | | | |
| Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.43027 | | | | | |
| Error: 0.0150 gl: 2 | | | | | |
| Tam | Medias | n | E.E. | | |
| med | 13.40 | 3 | 0.07 | A | |
| gran | 17.10 | 3 | 0.07 | | B |
| Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05) | | | | | |

ANVA de PG para diferentes tamaños de semillas.

| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV | |
|---|----------|----------------|-------------------|-------|---------|
| PG | 108 | 0.96 | 0.94 | 10.51 | |
| Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III) | | | | | |
| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
| Modelo. | 59207.01 | 37 | 1600.19 | 43.99 | <0.0001 |
| Rep | 89.57 | 2 | 44.79 | 1.23 | 0.2982 |
| Tam | 1.12 | 1 | 1.12 | 0.03 | 0.8612 |
| Genotipo | 58517.94 | 17 | 3442.23 | 94.63 | <0.0001 |
| Tam*Genot. | 598.38 | 17 | 35.20 | 0.97 | 0.5029 |
| Error | 2546.43 | 70 | 36.38 | | |
| Total | 61753.44 | 107 | | | |

Análisis de la varianza para número de plántulas emergidas a los 5 y 13 días después de siembra y diámetro del hipocótilo a los 13 DDS.

| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV | |
|---|----------------|----------------|-------------------|--------------|-------------------|
| pIDDS5 | 24 | 0.82 | 0.71 | 42.58 | |
| Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III) | | | | | |
| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
| Modelo. | 2235.88 | 9 | 248.43 | 7.12 | 0.0007 |
| Bloque | 333.25 | 2 | 166.63 | 4.77 | 0.0263 |
| GENOTIPO | 532.04 | 1 | 532.04 | 15.24 | 0.0016 |
| Tamaño | 0.37 | 1 | 0.37 | 0.01 | 0.9189 |
| Prof | 1247.04 | 1 | 1247.04 | 35.72 | <0.0001 |
| GENOT*Tam | 26.04 | 1 | 26.04 | 0.75 | 0.4023 |
| GENOT*Prof | 70.04 | 1 | 70.04 | 2.01 | 0.1785 |
| Tamaño*Prof | 26.04 | 1 | 26.04 | 0.75 | 0.4023 |
| GENOT*Tam*Prof | 1.04 | 1 | 1.04 | 0.03 | 0.8653 |
| Error | 488.75 | 14 | 34.91 | | |
| Total | 2724.63 | 23 | | | |
| Medias ajustadas,error estándar y número de observaciones | | | | | |
| Error: 34.9107 gl: 14 | | | | | |
| GENOTIPO | Medias | n | E.E. | | |
| 4214.00 | 9.17 | 12 | 1.71 | | |
| 3815.00 | 18.58 | 12 | 1.71 | | |
| Medias ajustadas,error estándar y número de observaciones | | | | | |
| Error: 34.9107 gl: 14 | | | | | |
| Prof | Medias | n | E.E. | | |
| 4.00 | 6.67 | 12 | 1.71 | | |
| 2.00 | 21.08 | 12 | 1.71 | | |

| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV | |
|---|--------|----------------|-------------------|-------|---------|
| pIDDS13 | 24 | 0.76 | 0.61 | 14.35 | |
| Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III) | | | | | |
| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
| Modelo. | 726.58 | 9 | 80.73 | 4.94 | 0.0040 |
| Bloque | 126.58 | 2 | 63.29 | 3.87 | 0.0458 |
| GENOTIPO | 204.17 | 1 | 204.17 | 12.50 | 0.0033 |
| Tamaño | 130.67 | 1 | 130.67 | 8.00 | 0.0134 |
| Prof | 216.00 | 1 | 216.00 | 13.22 | 0.0027 |
| GENOT*Tam | 8.17 | 1 | 8.17 | 0.50 | 0.4912 |
| GENOT*Prof | 4.17 | 1 | 4.17 | 0.26 | 0.6214 |
| Tamaño*Prof | 32.67 | 1 | 32.67 | 2.00 | 0.1792 |
| GENOT*Tam*Prof | 4.17 | 1 | 4.17 | 0.26 | 0.6214 |
| Error | 228.75 | 14 | 16.34 | | |
| Total | 955.33 | 23 | | | |
| Medias ajustadas,error estándar y número de observaciones | | | | | |
| Error: 16.3393 gl: 14 | | | | | |
| GENOTIPO | Medias | n | E.E. | | |
| 4214.00 | 25.25 | 12 | 1.17 | | |
| 3815.00 | 31.08 | 12 | 1.17 | | |
| Medias ajustadas,error estándar y número de observaciones | | | | | |
| Error: 16.3393 gl: 14 | | | | | |
| Tamaño | Medias | n | E.E. | | |
| Grande | 25.83 | 12 | 1.17 | | |
| Mediana | 30.50 | 12 | 1.17 | | |
| Medias ajustadas,error estándar y número de observaciones | | | | | |
| Error: 16.3393 gl: 14 | | | | | |
| Prof | Medias | n | E.E. | | |
| 4.00 | 25.17 | 12 | 1.17 | | |
| 2.00 | 31.17 | 12 | 1.17 | | |

| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV | | | |
|--|---------|----------------|-------------------|-------|---------|---|---|
| hipDDS13 | 24 | 0.88 | 0.80 | 4.26 | | | |
| Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III) | | | | | | | |
| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor | | |
| Modelo. | 1.22 | 9 | 0.14 | 11.39 | <0.0001 | | |
| Bloque | 0.05 | 2 | 0.03 | 2.23 | 0.1447 | | |
| GENOTIPO | 6.7E-05 | 1 | 6.7E-05 | 0.01 | 0.9413 | | |
| Tamaño | 0.11 | 1 | 0.11 | 8.98 | 0.0096 | | |
| Prof | 0.88 | 1 | 0.88 | 74.22 | <0.0001 | | |
| GENOT*Tam | 0.04 | 1 | 0.04 | 3.51 | 0.0821 | | |
| GENOT*Prof | 0.02 | 1 | 0.02 | 1.44 | 0.2506 | | |
| Tamaño*Prof | 0.07 | 1 | 0.07 | 6.11 | 0.0269 | | |
| GENOT*Tam*Prof | 0.05 | 1 | 0.05 | 3.79 | 0.0718 | | |
| Error | 0.17 | 14 | 0.01 | | | | |
| Total | 1.38 | 23 | | | | | |
| Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.13496 | | | | | | | |
| Error: 0.0119 gl: 14 | | | | | | | |
| Tamaño | Prof | Medias | n | E.E. | | | |
| Mediana | 2.00 | 2.36 | 6 | 0.04 | A | | |
| Grande | 2.00 | 2.38 | 6 | 0.04 | A | | |
| Mediana | 4.00 | 2.63 | 6 | 0.04 | | B | |
| Grande | 4.00 | 2.87 | 6 | 0.04 | | | C |
| Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05) | | | | | | | |

Análisis de la varianza para elongación y diámetro del hipocótilo en respuesta a diferentes pesos aplicados a las semillas.

| Variable | N | R ² | CV | | | |
|--|------------|----------------|---------|-------|---------|--|
| Elong.HIP. | 75 | 0,795 | 61,69 | | | |
| Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III) | | | | | | |
| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor | |
| Modelo. | 130974,980 | 19 | 6893,4 | 11,25 | <.0001 | |
| Bloque | 2866,34 | 4 | 716,5 | 1,17 | 0,334 | |
| GENOTIPO | 1482,5 | 1 | 1482,5 | 2,42 | 0,125 | |
| Tamaño | 861,7 | 1 | 861,8 | 1,41 | 0,240 | |
| Tratamiento | | 3 | 35836,9 | 58,51 | <.0001 | |
| GENOT*Tam | 52,9 | 1 | 52,9 | 0,09 | 0,769 | |
| GENOT*Trat. | | 3 | 171,2 | 0,28 | 0,840 | |
| Tamaño*Trat. | | 3 | 551,1 | 0,9 | 0,447 | |
| GENOT*Tam*Trat. | | 3 | 1249,8 | 2,04 | 0,118 | |
| Error | 33686,9 | 55 | 612,4 | | | |
| Total | 164661,9 | 74 | | | | |
| Test:LSD Fisher Alfa=0.05 | | | | | | |
| gl: 19 Elongación Hipocot. | | | | | | |
| Tratamiento | Medias | | | | | |
| 2 g | 105,9 | A | | | | |
| 40 g | 36,7 | | B | | | |
| 70 g | 14,5 | | | C | | |
| 120 g | 7,7 | | | C | | |
| Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05) | | | | | | |

| Variable | N | R ² | CV | | | |
|--|--------|---|--------|-------|---------|--|
| Diam.HIP. | 67 | 0,941 | 8,018 | | | |
| Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III) | | | | | | |
| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor | |
| Modelo. | 32,850 | 19 | 1,73 | 39,65 | <.0001 | |
| Bloque | 0,413 | 4 | 0,103 | 2,37 | 0,066 | |
| GENOTIPO | 0,409 | 1 | 0,409 | 9,38 | 0,004 | |
| Tamaño | <.0001 | 1 | <.0001 | 0 | 0,984 | |
| Tratamiento | 29,93 | 3 | 9,97 | 228,8 | <.0001 | |
| GENOT*Tam | 0,522 | 1 | 0,522 | 11,98 | 0,0012 | |
| GENOT*Trat. | 0,259 | 3 | 0,086 | 1,99 | 0,129 | |
| Tamaño*Trat. | 0,079 | 3 | 0,026 | 0,61 | 0,613 | |
| GENOT*Tam*Trat. | 0,349 | 3 | 0,116 | 2,67 | 0,057 | |
| Error | 2,049 | 47 | 0,043 | | | |
| Total | 34,91 | 66 | | | | |
| Test:LSD Fisher Alfa=0.05 gl: 19 Diam.Hipocot. | | Medias de cuadrados mínimos para el efecto Trat Variable dependiente: Diamhip | | | | |
| Tratamiento | Medias | | | | | |
| 2 g | 1,73 | A | | | | |
| 40 g | 2,35 | | B | | | |
| 70 g | 2,83 | | | C | | |
| 120 g | 3,57 | | | | D | |
| Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05) | | | | | | |
| Test:LSD Fisher Alfa=0.05 gl: 19 Genotipos. | | Medias de cuadrados mínimos para el efecto Gen*Tam Variable dependiente: Diamhip | | | | |
| Genotipos | Tamaño | Medias | | | | |
| 3815 | med | 2,453 | A | | | |
| 4214 | gran | 2,612 | | B | | |
| 3815 | gran | 2,631 | | B | | |
| 4214 | med | 2,792 | | | C | |
| Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05) | | | | | | |

BIBLIOGRAFÍA

- Aapresid. <https://www.aapresid.org.ar>
- Ambika, S., Manonmani, V., 2014. Revisión sobre Efecto del tamaño de la semilla de la planta de semillero y rendimiento de semilla. Revista de Investigación de Ciencia de las semillas, 7:31-38). <http://scialert.net/abstract/?doi=rjss.2014.31.38>.
- Bolsa de comercio de Buenos Aires. <https://www.bcba.sba.com.ar/>
- (BCR) Bolsa de Comercio de Rosario, 2017. <https://www.bcr.com.ar/Pages/GEA/estimaProd.aspx?idInforme=526>
- Cadenazzi, G. (2009). La historia de la soja en Argentina. De los inicios al boom de los '90. XXVII Congreso de la Asociación Latinoamericana de Sociología. <http://www.aacademica.org/000-062/394>
- Centro de economía política Argentina (CEPA), 2014.
 - <http://centrocepa.com.ar/la-produccion-de-soja-en-la-argentina/>
- Craviotto, R.M.; Arango, M.R.; Salinas, A.R. 2001. Simiente de soja. El ambiente de producción y su cara visible en la presente campaña. APOSGRAN. Año XV, N° 76, Vol 5. 16-18 pp.
- Craviotto, R.M.; Arango, M.R. 2005. Problemática de granos y semillas verdes en soja.
- França-Neto, J. de B.; Krzyzanowski, F.C. 1990. Sementes enrugadas: novo problema da soja. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria. EMBRAPA. Comunicado Técnico N° 46 pag 1-4. ISSN 0100-6606.
- Gontijo Mandarino, J.M. 2005. Coloração esverdeada nos graos de soja e seus derivados. EMBRAPA. Londrina PR. Comunicado Técnico N° 77. 3 pp ISSN 1517-1752.
- Hoy, D.J. & Gamble, E., 1985. Revista canadiense de ciencias de la planta, Vol. 65 01 1985 No. 1. Los efectos de la semilla en el tamaño y la densidad en la germinación y vigor en soja (*glycine max* (l.) merr.).
- InfoStat (2004). InfoStat versión 2004. Manual del Usuario. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba. Primera Edición. Ed. Brujas Argentina. 314 pp.
- International Seed Testing Association (ISTA). 2003. International Rules for Seed Testing. ISBN 3-906549-38-0 P.O. BOX 308, 8303 Basserdorf, CH-Switzerland, Suiza. 500 pp.
- Kering and Zhang, 2015. Effect of Priming and Seed Size on Germination and Emergence of Six Food-Type Soybean Varieties. <https://www.hindawi.com/journals/ija/2015/859212>
- Roshanak, R., Hamdollah, K., Mehrdad, Y., 2013. Effect of seed size on germination and seed vigor of two soybeans (*glycine max* (l.) merr.) cultivars. www.irjabs.com.