

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**CALIDAD FISIOLÓGICA DE LA SEMILLA DE SOJA Y SU CALIBRACIÓN
COMO DETERMINANTES DEL COMPORTAMIENTO DEL CULTIVO A
CAMPO**

por

**Santiago GONNET GARCÉZ
Sol JORCÍN CABRERA**

**TESIS presentada como uno de
los requisitos para obtener el
título de Ingeniero Agrónomo.**

**MONTEVIDEO
URUGUAY
2019**

Tesis aprobada por:

Director: -----

Ing. Agr. (MSc.) María José Cuitiño

Ing. Agr. Silvana González

Ing. Agr. (MSc.) Carlos Rossi

Ing. Agr. (PhD.) Omar Borsani

Fecha: 17 de junio de 2019

Autores: -----

Santiago Gonnet Garcéz

Sol Jorcín Cabrera

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos en principio a nuestras tutoras, la Ing. Agr. (MSc.) María José Cuitiño e Ing. Agr. Silvana González por la colaboración durante este trabajo en todas las etapas que comprende el mismo, desde prácticas de campo y técnicas analíticas hasta la elaboración del presente documento.

Al Ing. Agr. (MSc.) Carlos Rossi por guiarnos a lo largo de todo el trabajo y a la Tec. Ximena Morales por enseñarnos a utilizar todos los instrumentos necesarios, así como a medir estadios fenológicos, entre otros aspectos prácticos.

A la contraparte de la Facultad de Agronomía, UdelaR, el Ing. Agr. (PhD.) Omar Borsani por los consejos brindados sobre el formato del manuscrito y corrección del presente trabajo.

Agradecemos a la Ing. Agr. (PhD.) Marina Castro porque gracias a ella tuvimos la oportunidad de realizar este trabajo en INIA La Estanzuela.

A todo el personal de INIA La Estanzuela y en especial al sector de Evaluación de Cultivares, tanto los encargados de las tareas de campo como de laboratorio, por ayudarnos siempre y hacernos sentir que estábamos en nuestra casa. A la Sra. Alejandra Díaz por la colaboración en la búsqueda bibliográfica y al Técnico Agropecuario consultor en bioestadística Wilfredo Ibáñez por el apoyo en el área estadística.

A la Facultad de Agronomía de la Universidad de la República y al cuerpo docente por la educación brindada todos estos años y a la Lic. Sully Toledo por la corrección y aprobación del presente documento.

A quienes colaboraron de una forma u otra para la realización de este trabajo y nos acompañaron a lo largo de toda nuestra carrera, especialmente nuestras familias y amigos.

A todos ellos, un saludo y un enorme gracias.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN	II
AGRADECIMIENTOS	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES	VII
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	2
2.1. PODER GERMINATIVO DE LA SOJA	2
2.1.1. <u>Test de germinación</u>	2
2.2. VIGOR DE LA SEMILLA	3
2.3. VIGOR DE LA SEMILLA DE SOJA	4
2.4. PÉRDIDA DE VIGOR	7
2.4.1. <u>Daños ambientales</u>	7
2.4.2. <u>Daños durante el almacenamiento</u>	8
2.4.3. <u>Daños mecánicos</u>	9
2.4.4. <u>Daños por chinches</u>	10
2.5. RELACIÓN ENTRE EL CALIBRE DE LA SEMILLA DE SOJA Y EL VIGOR	10
2.6. EVALUACIÓN DEL VIGOR	13
2.6.1. <u>Test de tetrazolio</u>	14
2.7. VARIABLES FISIOLÓGICAS Y CLIMÁTICAS QUE AFECTAN EL COMPORTAMIENTO DEL CULTIVO	15
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	17
3.1. UBICACIÓN DE LOS EXPERIMENTOS	17
3.2. DESCRIPCIÓN DE SUELOS DE LA ZONA	17
3.3. DESCRIPCIÓN DE LOS EXPERIMENTOS	18
3.3.1. <u>Experimento No. 1: importancia de la germinación y el vigor en la implantación</u>	18
3.3.2. <u>Experimento No. 2: importancia del calibre y el vigor en la implantación</u>	21
3.4. DETERMINACIONES DE LABORATORIO	23
3.4.1. <u>Pureza</u>	23
3.4.2. <u>Peso de mil granos</u>	23
3.4.3. <u>Poder germinativo</u>	23
3.4.4. <u>Vigor por tetrazolio</u>	23

3.5. DETERMINACIONES A CAMPO.....	26
3.5.1. <u>Distribución temporal de plantas</u>	26
3.5.2. <u>Cobertura de la canopia</u>	26
3.5.3. <u>Nivel de clorofila</u>	26
3.5.4. <u>Temperatura de la canopia</u>	27
3.5.5. <u>NDVI</u>	27
3.5.6. <u>Índice de área foliar (IAF)</u>	27
3.5.7. <u>Estadio fenológico R1 (floración)</u>	27
3.5.8. <u>Densidad de plantas a cosecha</u>	28
3.5.9. <u>Componentes de rendimiento</u>	28
3.5.10. <u>Rendimiento</u>	28
3.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	29
3.6.1. <u>Diseño experimental</u>	29
3.6.1.1. Experimento No. 1.....	29
3.6.1.2. Experimento No. 2.....	29
3.6.2. <u>Modelo estadístico</u>	29
3.6.2.1. Experimento No. 1.....	30
3.6.2.2. Experimento No. 2.....	30
4. <u>RESULTADOS</u>	31
4.1. <u>CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA</u>	31
4.2. <u>EXPERIMENTO No. 1</u>	31
4.2.1. <u>Determinaciones en laboratorio</u>	31
4.2.2. <u>Determinaciones a campo</u>	32
4.2.2.1. <u>Distribución temporal de plantas del cultivar Génesis 5601</u>	32
4.2.2.2. <u>Distribución temporal de plantas del cultivar Nidera Semillas 6248</u>	34
4.2.2.3. <u>Cobertura de la canopia</u>	36
4.2.2.4. <u>Nivel de clorofila, temperatura de la canopia, NDVI, IAF</u>	38
4.2.2.5. <u>Estadio fenológico R1 (floración)</u>	38
4.2.2.6. <u>Rendimiento y componentes de rendimiento</u>	39
4.2.3. <u>Balance hídrico</u>	40
4.3. <u>EXPERIMENTO No. 2</u>	40
4.3.1. <u>Determinaciones en laboratorio</u>	40
4.3.2. <u>Determinaciones a campo</u>	42
4.3.2.1. <u>Distribución temporal de plantas</u>	42
4.3.2.2. <u>Cobertura de la canopia</u>	45
4.3.2.3. <u>Nivel de clorofila, temperatura de la canopia, NDVI, IAF</u>	47
4.3.2.4. <u>Estadio fenológico R1 (floración)</u>	47
4.3.2.5. <u>Rendimiento y componentes de rendimiento</u>	48

5. <u>DISCUSIÓN</u>	51
5.1. EXPERIMENTO No. 1	51
5.2. EXPERIMENTO No. 2	53
6. <u>CONCLUSIONES</u>	55
7. <u>RESUMEN</u>	56
8. <u>SUMMARY</u>	57
9. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	58
10. <u>ANEXOS</u>	74

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Análisis de suelo pre siembra (08/12/2017) del experimento No. 2.....	18
2. Descripción de los tratamientos del experimento No. 1	18
3. Descripción de los tratamientos del experimento No. 2 a partir de dos lotes del cultivar de soja Agrt 5815 de alto y bajo poder germinativo, cada uno con 4 calibres distintos.....	21
4. Contrastes generados entre los tratamientos del experimento No. 2 con el fin de analizar los datos recabados, tanto para el lote de alto como bajo poder germinativo	29
5. Variables determinadas mediante el test de vigor por tetrazolio (expresadas como porcentaje) para 2 cultivares de soja indeterminados (Génesis 5601 y Nidera Semillas 6248).....	32
6. Fechas de floración estimadas mediante el simulador de cultivos de INIA y las observadas a campo, para dos cultivares de soja (Génesis 5601 y Nidera Semillas 6248), con dos PGs diferentes, para secano (experimento 1a) y riego (experimento 1b).....	38
7. Rendimiento en grano y componentes de rendimiento para cuatro tratamientos generados a partir de dos cultivares de soja (Génesis 5601 y Nidera Semillas 6248).....	39
8. Promedios aritméticos de las medias ajustadas de cada contraste, para las variables evaluadas con el test de vigor por tetrazolio (expresadas en porcentaje de semillas), para dos lotes del cultivar de soja Agrt 5815 con distinto poder germinativo (alto y bajo).....	41
9. Conteo de plantas de soja (cultivar Agrt 5815) a los 7, 11, 20 días post siembra y a cosecha, clasificado para cada instancia de medición según estadio fenológico, para cada contraste utilizado de dos lotes de alto y bajo poder germinativo	45
10. Rango de temperatura mínima y máxima de la canopia (cultivar de soja Agrt 5815) registradas con un termómetro y temperatura media ambiente, para cinco momentos del ciclo del cultivo	47
11. Fechas de floración estimadas mediante el simulador de cultivos de INIA y observadas a campo, para el cultivar de soja Agrt 5815, con dos tratamientos de distinto poder germinativo.....	48

12. Rendimiento en grano y componentes de rendimiento para cada contraste utilizado, de dos lotes de alto y bajo poder germinativo.....	49
---	----

Figura No.

1. Plano de experimento 1a (secano) y 1b (riego). Tratamientos: 1 (Nidera Semillas 6248, 78% PG), 2 (Nidera Semillas 6248, 84% PG), 3 (Génesis 5601, 94% PG), 4 (Génesis 5601, 87% PG), y bloques I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII.....	20
2. Plano del experimento No. 2. Tratamientos: 1 (alto PG, SC), 2 (alto PG, calibre G), 3 (alto PG, calibre M), 4 (alto PG, calibre C), 5 (bajo PG, calibre SC), 6 (bajo PG, calibre G), 7 (bajo PG, calibre M), 8 (bajo PG, calibre C), y bloques I, II, III, IV, V, VI.....	22
3. Semillas de vigor medio (categoría No. 2)	24
4. Semillas de vigor bajo (categoría No. 3)	24
5. Semillas en límite crítico (categoría No. 4)	25
6. Semillas no viables (categoría No. 5)	25
7. Temperatura y precipitaciones del período en estudio (nov. 2017 – may. 2018) contrastado con los promedios históricos (1965-2018) para la Estanzuela	31
8. Evolución del número de plantas (en metros cuadrados) clasificadas por estadio fenológico para los tratamientos de alto y bajo vigor (PG 94% y 87% respectivamente) del experimento 1a (secano), del cultivar de soja Génesis 5601 evaluados a los 10, 15, 24 días post siembra y a cosecha	33
9. Evolución del número de plantas (en metros cuadrados) clasificadas por estadio fenológico para los tratamientos de alto y bajo vigor (PG 94% y 87% respectivamente) del experimento 1b (riego), del cultivar de soja Génesis 5601 evaluados a los 10, 15, 24 días post siembra y a cosecha	34
10. Evolución del número total de plantas (en metros cuadrados) del cultivar de soja Nidera Semillas 6248 para los tratamientos de alto y bajo vigor (PG 78% y 84% respectivamente) del experimento 1a (secano) evaluado en 4 momentos (10, 15, 24 días post siembra y a cosecha)	35
11. Evolución del número total de plantas (en metros cuadrados) del cultivar de soja Nidera Semillas 6248 para los tratamientos de alto y bajo vigor (PG 78% y 84% respectivamente) del experimento 1b (riego) evaluado en 4 momentos (10, 15, 24 días post siembra y a cosecha)	36
12. Evolución de cobertura de la canopia para los tratamientos de alto y bajo vigor (78 y 84% respectivamente) del cultivar de soja NS 6248,	

evaluado en 6 momentos, experimento 1a (condiciones de secano).....	37
13. Evolución de cobertura de la canopia para los tratamientos de alto y bajo vigor (PG 94 y 87% respectivamente) del cultivar de soja GEN 5601, evaluado en 6 momentos, experimento 1b (condiciones de riego)	37
14. Evolución del número de plantas totales promedio de 4 tratamientos (en metros cuadrados) del cultivar de soja Argt 5815 evaluados a los 7, 11, 20 días post siembra y a cosecha, para un lote de alto y bajo PG ($p < 0,05$)	42
15. Número de plantas (en metros cuadrados) del cultivar de soja Agrt 5815 clasificadas por estadio fenológico al día 11 post siembra para cada contraste utilizado, de dos lotes de alto y bajo poder germinativo	43
16. Número de plántulas (en metros cuadrados) del cultivar de soja Agrt 5815 clasificadas por estadio fenológico al día 20 post siembra para cada contraste utilizado, de dos lotes de alto y bajo poder germinativo	44
17. Evolución de la cobertura de la canopia del cultivar de soja Agrt 5815 para el lote de alto y bajo poder germinativo en 6 momentos del cultivo, determinada mediante la aplicación Canopeo app	46
18. Evolución de la cobertura de la canopia del cultivar de soja Argt 5815 de los calibres grande y medio vs. chico para el lote de alto poder germinativo evaluado en 6 momentos, determinada mediante la aplicación Canopeo app	46

1. INTRODUCCIÓN

La soja (*Glycine max*) es actualmente uno de los principales cultivos en el mundo y de Uruguay debido a ser una fuente proteica, principalmente para la producción animal y también de aceite vegetal. Además, tiene diversos usos como el consumo humano (harina, leche de soja, tofu) y fuente bioenergética, entre otros. Su alto valor comercial se debe a que posee entre 40-45% de proteína (entorno al 20% en Uruguay), 20-22% de aceite, 20-26% de carbohidratos, alta cantidad de Ca, P y vitaminas (Rahman et al., 2011). El incremento de la demanda debido a un aumento poblacional expone la necesidad de mayores rendimientos por unidad de superficie y una adecuada implantación es el cimiento para su construcción. Por esto, disponer de semillas de alta calidad es esencial y la realización de un diagnóstico de calidad inicial pre-siembra puede marcar la diferencia y anticipar el éxito del cultivo. El vigor es uno de los parámetros más importantes de calidad de semillas. La prueba de viabilidad y vigor por tetrazolio es un análisis que permite obtener resultados de forma rápida y confiable.

Según da Rosa (2015) el uso de semilla propia por parte de los productores fue un 43% de la semilla sembrada a nivel nacional. Es de suponer que esta semilla pueda tener problemas de calidad en una alta proporción ya que no tiene los controles necesarios en el proceso ni debe cumplir con ninguna norma. Ante problemas de calidad, una práctica de manejo reiterada es incrementar la densidad de siembra como forma de compensar el bajo vigor de las semillas.

El objetivo general de este trabajo consistió en determinar la relación entre el calibre, la germinación y el vigor de las semillas de soja, con la implantación, desarrollo de plantas y rendimiento en grano en condiciones de campo.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. PODER GERMINATIVO DE LA SOJA

La germinación de una semilla en un análisis ISTA es el surgimiento y desarrollo de la plántula en una etapa en la que el aspecto de sus estructuras esenciales indica si es o no capaz de desarrollarse en una planta en condiciones favorables en el campo (ISTA, 2016).

El objetivo del análisis es determinar el potencial de germinación de un lote de semillas y poder así comparar calidad de distintos lotes (ISTA, 2016), que varía entre lotes de una misma variedad y entre variedades. Conocer su valor ayuda al productor a ajustar la densidad de plantas para obtener su población objetivo (Knott y Lee, 2017).

La máxima geminación y población inicial de plantas puede asegurarse sembrando las semillas de soja a una profundidad de 2,5-3,8 cm en un suelo húmedo y con buen contacto semilla-suelo (Knott y Lee, 2017).

Bellé et al. (2016) encontraron menores porcentajes de germinación en lotes de semilla guardados por productores frente a lotes comerciales. Esto se explicó por la humedad de almacenamiento de unos y otros (cultivar de soja NS 4823). El cultivar BMX Energía no tuvo diferencias en germinación entre lotes de distintos productores.

Una vez iniciada la germinación y emergencia a campo, la presencia de luz provoca la síntesis de clorofila en todos los tejidos expuestos al sol. Posteriormente tienen lugar la fase de expansión de las hojas unifoliadas y el crecimiento inicial de la plántula hasta alcanzar una superficie foliar suficiente para alcanzar la mayor intercepción de luz solar.

2.1.1. Test de germinación

En el test de germinación, las plántulas son clasificadas en normales o anormales según el estado de las estructuras esenciales para el desarrollo satisfactorio de la planta a campo, a los 8 días de puestas a germinar. Se incluyen aquí el sistema de raíces (primarias y seminales), eje del brote (hipocótilo) y cotiledones. Las plántulas se consideran normales siempre y cuando la mitad o más del tejido total de los cotiledones sea funcional, la raíz primaria sea profunda y recta (con presencia de raíces seminales) y el hipocótilo sano (ISTA, 2016).

Según Ferguson (1995) cuando se tiene un lote de semillas de baja calidad, esta prueba ofrece la información suficiente sobre el desempeño del mismo ya que pruebas que realicen una medición más acertada podría ser de poco valor (Salinas et al., 2001).

Alizaga et al. (1987) encontraron un menor porcentaje de germinación conforme el deterioro de las semillas fue mayor. La germinación a los ocho días se correlacionó bien con el vigor.

Alizaga et al. (1987) establecen que la prueba de germinación no necesariamente da una idea del vigor real de la semilla. La emergencia de las plántulas observada a campo es menor que los resultados de germinación obtenidos en el laboratorio (Bauer et al. 2003, Knott y Lee 2017) debido a que las condiciones son controladas (Perry, citado por Alizaga et al., 1987), independientemente de la alta relación encontrada entre el resultado del test y la emergencia a campo (Knott y Lee, 2017). Según Knott y Lee (2017) el valor de germinación provisto en la etiqueta del lote estima la emergencia en condiciones ideales y puede no representar lo que sucedería bajo condiciones estresantes, resultando una limitante en estos casos.

França-Neto et al. (1988), establecen como normales diferencias de un 5 % entre la viabilidad evaluada mediante el test de viabilidad y vigor por tetrazolio y el valor de germinación. Estas diferencias se acentúan en lotes de baja calidad. Según estos autores, un mayor valor podría estar determinado por la influencia de microorganismos durante las pruebas.

2.2. VIGOR DE LA SEMILLA

Existen diferentes criterios para definir el vigor de la semilla.

La ISTA (1995) lo define como la sumatoria de propiedades que determinan el nivel de actividad y el comportamiento de un lote durante la germinación y emergencia de las plántulas, además de la longevidad del mismo (Bewely y Black, citados por Bellé et al., 2016).

El vigor está determinado por factores genéticos, físicos, fisiológicos y sanitarios (Rossi y González, 2006). Según Khaliliaqdam et al. (2012) el vigor afecta el crecimiento vegetativo y se relaciona frecuentemente con el rendimiento en aquellos cultivos cosechados en etapa vegetativa, o en etapa reproductiva temprana.

La calidad fisiológica de las semillas, medida con test de vigor, depende de la organización celular y de su capacidad de movilizar reservas (Delgado et al., 2015). Carvalho y Nakagawa (1983), Marçal dos Santos et al. (2005), atribuyen la calidad a la pureza física del lote, elevado potencial genético, alta germinación y vigor, ausencia de daños mecánicos, buena salud y uniformidad del tamaño. Además, la gravedad específica y el contenido de humedad son determinantes (Alizaga et al., 1987).

AOSA (2009) indica que la expresión del vigor de la semilla está influenciado dentro de los factores genéticos por el color y fortaleza de la cubierta, tamaño de la semilla, resistencia a enfermedades, composición química, entre otros.

Perry, citado por Alizaga et al. (1987), considera que, el vigor es una característica fisiológica que está determinada por el genotipo, el cual a su vez es modificado por el ambiente. Este afirma que la capacidad de la semilla de producir

rápidamente una plántula en el suelo y el límite para tolerar diversas condiciones ambientales está determinada por el vigor.

Las semillas más vigorosas presentan mayor capacidad en movilizar y convertir la energía almacenada en sus tejidos de reserva (Wahab y Burris, 1971), determinando una mayor tasa, uniformidad de germinación, crecimiento y un consecuente mejor comportamiento a campo y durante el almacenamiento (Salinas et al., 2001).

De acuerdo con Bauer et al. (2003), Melo Torres et al. (2004), Khan et al. (2007), Knott y Lee (2017), utilizar semillas de alta calidad es uno de los factores más importantes para garantizar un adecuado establecimiento de plántulas, necesario para lograr una alta productividad y un desempeño superior (França-Neto et al., 2007).

Emerger rápidamente brinda ventajas competitivas como mayor tasa de crecimiento y acumulación de materia seca, que se expresan en plantas de mejor estructura. Inician los procesos fotosintéticos más rápido y eficiente (Francomano, s.f.), debido a un mayor aprovechamiento de luz, agua y nutrientes al comienzo del ciclo (Kolchinski et al., 2005). Una rápida emergencia de plántulas de semillas de alto vigor fue reportada para sorgo, alfalfa, sudangrass, trigo y raigrás siberiano. Khaliliaqdam et al. (2012) no encontraron relación entre vigor y rendimiento en estudios con soja, trigo primaveral e invernal, cebolla, entre otros.

Las semillas de bajo vigor pueden provocar reducciones en el número y en la velocidad de emergencia de plántulas, en el tamaño final, producción de materia seca, índice de área foliar y tasas de crecimiento (Khah et al. 1989, Schuch 1999b, Schuch et al. 2000). Esto converge en una menor competitividad de las plántulas que afecta el establecimiento, desempeño en el ciclo y productividad final (Kolchinski et al., 2005). Además, estos lotes presentan un peor comportamiento frente a condiciones desfavorables para la germinación (Hughes y Sandsted, 1975) debido a la producción de radículas e hipocótilos más cortos (Gill y Delouche, 1973).

Frente a condiciones que generan estrés y pueden afectar el desempeño de las plantas tales como excesiva profundidad de siembra, compactación superficial, lluvias intensas luego de la siembra (que produzcan compactación de la línea), bajas temperaturas, o ataque de hongos del suelo, utilizar semillas de alto vigor representa una ventaja frente a las de bajo y medio vigor. En otras palabras, semillas de alto vigor garantizan un establecimiento y población adecuada (França-Neto et al., 2007).

2.3. VIGOR DE LA SEMILLA DE SOJA

El vigor de la semilla de soja es la habilidad de la misma en producir plantas normales cuando las condiciones ambientales no son las ideales (Knott y Lee, 2017). Es máximo durante madurez fisiológica (al igual que la humedad), a partir de la cual comienza a descender debido a las condiciones ambientales y de manejo (Francomano

s.f., Rossi y González 2006). Este período es crucial en la determinación de la calidad final (Delgado et al., 2015).

Para producir semillas de alta calidad deben ocurrir abundantes precipitaciones durante el desarrollo del cultivo y escasas en la etapa de madurez fisiológica a cosecha, momento en el cual la temperatura no debería sobrepasar los 30 grados Celsius por períodos prolongados (Rossi y González, 2006). Por esta dependencia de condiciones climáticas durante la producción (y además del almacenamiento), es que el vigor de las semillas de soja tiene grandes variaciones entre lotes (Knott y Lee, 2017).

Semillas de soja de alto vigor generan una germinación y emergencia de plántulas rápida y uniforme determinando plantas de alto rendimiento y potenciales productivos. Esto es debido a una mayor tasa de crecimiento, mejor estructura, sistema radicular más profundo (permitiéndole mejor comportamiento frente a condiciones de estrés), lo que determina un mayor número de vainas y semillas (França-Neto et al., 2007).

Kolchinski et al. (2005) encontraron mayor rendimiento en las semillas de alto vigor explicado por un mayor número de vainas por planta. Respecto al número de semillas por vaina y peso de 1000 semillas, no observaron diferencias significativas entre lotes de alto y bajo vigor. Popinigis (1973) afirma que el mayor rendimiento se debe a un mayor número de racimos y de vainas.

Según Kolchinski et al. (2005), las plantas originadas de semillas de alto vigor presentan un comportamiento dominante dentro de las comunidades, provocando un efecto restrictivo sobre aquellas originadas de semillas de bajo vigor. Estos autores obtuvieron como resultado en soja un 10% más de IAF en floración para plantas provenientes de semillas de alto vigor (43% vs. 33% IAF). En otras especies como avena negra se constataron diferencias por encima de 33% IAF (Schuch et al., 2000).

Alizaga et al. (1987) encontraron una interacción entre altos niveles de vigor y mayor crecimiento de las plantas. Estos provocaron a partir de un mismo lote distintos vigos mediante la técnica de envejecimiento acelerado. Obtuvieron mayor rendimiento y altura de plantas con el tratamiento de mayor vigor (testigo), pero no hubo diferencias entre los demás. Posiblemente el menor número de plantas fue compensado con un mayor desarrollo del área foliar. Los lotes de mayor vigor a campo presentaron significativamente mayor número de plantas emergidas (a los 9 y 21 días).

Pinthus y Kimel (1979) observaron mayor tamaño de las primeras hojas trifoliadas en plántulas que emergieron más rápidamente respecto a aquellas de menor vigor, resultando en mayor acumulación de materia seca.

França-Neto et al. (2012) afirman que es posible aumentar el rendimiento hasta un 10% mediante la utilización de semillas de soja de alto vigor, mientras que Kolchinski

et al. (2005) determinaron aumentos superiores a 35% respecto a lotes de semilla de bajo vigor.

Según França-Neto et al. (2007) además de la utilización de semillas de alta calidad (que garantizan adaptación a distintos lugares de producción), es de suma importancia utilizar sembradoras de alta precisión para que la distribución permita un adecuado establecimiento de las plántulas bien espaciadas y sin aglomeramientos ni fallas en la línea.

Edje y Burris (1971) constaron que semillas de soja de bajo vigor emergen más lentamente y producen plantas con menor tamaño inicial, concordando con lo citado anteriormente por diversos autores. Fueron reportados por Schuch et al. (1999b) mayores tiempos medios necesarios para la protrusión de las radículas y emisión de estas por día en lotes de menor vigor. Alizaga et al. (1987) encontraron una notable reducción en la longitud del hipocótilo y la actividad respiratoria en la medida que disminuye el vigor.

Lotes de menor vigor son función de una mayor variación entre semillas, presentando mayor desuniformidad y menor velocidad de emergencia (Kolchinski et al., 2005).

El efecto del vigor en la productividad se hace más evidente cuando se baja la población de plantas utilizando semillas de alta calidad (Francomano, s.f.). Francomano (s.f.) no recomienda aumentar la densidad de siembra como forma de compensar la falta de calidad de la semilla sino utilizar lotes de mayor calidad posible en densidad óptima. Sin embargo, França-Neto et al. (2007) afirman que un gran número de productores utilizan lotes de medio y bajo vigor a altas densidades para lograr el stand de plantas ideal, conllevando a un riesgo en la sanidad del cultivo. Esto se debe al intento por reducir sus costos de producción mediante la utilización de semillas de cosechas anteriores.

Utilizar semillas de baja calidad pone en riesgo la eficiencia de la actividad y los demás costos de labranza (Bellé et al., 2016). Estos autores analizaron dos cultivares de soja (BMX Energía y NS 4823) encontrando en ambos casos una mayor humedad en aquellas semillas almacenadas por productores frente a lotes comerciales. La humedad de almacenamiento es una de las principales causas de pérdida de vigor (Knott y Lee, 2017). Mediante la prueba de envejecimiento acelerado, Tozzo y Peske (2008), Bellé et al. (2016), determinaron un mayor vigor en lotes comerciales respecto a lotes guardados por productores.

También se reportaron mayores valores de incidencia de hongos en lotes almacenados por productores respecto a los comerciales (20% y 2% respectivamente). Esto se explica por el alto control que presentan aquellas chacras con destino semillero (Bellé et al., 2016). Los hongos generalmente se producen en semillas de baja calidad, deteriorando o incluso matando la plántula una vez en el campo (Goulart 2005, Albrecht et al. 2008).

2.4. PÉRDIDA DE VIGOR

Según Ferguson (1995) el primer componente de calidad que muestra señales de deterioro es el vigor de las semillas, seguido por una reducción en la germinación (o plántulas normales) y finalmente la muerte.

Bauer et al. (2003) afirman que las semillas de soja muestran una alta sensibilidad a las condiciones climáticas y manejo durante y posterior a la cosecha. Estas se deterioran más rápido que la de otros cultivos (Priestley et al., 1985) en parte por la presencia de una capa seminal altamente permeable que facilita la absorción de agua (Tekrony et al., 1980).

Según Salinas et al. (2001), Rossi y González (2006), el elevado contenido de ácidos grasos poliinsaturados presentes en la semilla de soja es una razón de las importantes reducciones que la calidad fisiológica sufre en cortos períodos de tiempo. La alteración en los procesos bioquímicos generalmente son los primeros cambios detectables durante el deterioro de un lote (Salinas et al., 2001).

França-Neto (1984) afirma que la calidad fisiológica se ve comprometida por choques y abrasiones debido a la baja protección que le confiere el fino tegumento con el que están recubiertas las semillas de soja, además posee el eje embrionario muy expuesto haciendo que sea muy susceptible al daño mecánico (Rossi y González, 2006).

González y Rossi (2016) clasifican los daños que afectan la calidad de las semillas en mecánicos (DM), de chinches (DCH), debidos al ambiente de producción (DA) y genéticos (DG).

Para mejorar la calidad del lote, González y Rossi (2016) recomiendan seleccionar aquel proceso de maquinación que permita eliminar semillas alargadas, deformes y dañadas, utilizando zarandas adecuadas y caracol. Las semillas verdes, con daño de chinches y/o ambiental reducen la calidad del lote (germinación y vigor) y su potencial de almacenamiento (González, 2015).

2.4.1. Daños ambientales

Los DA de producción están presentes todos los años (González, 2015), aunque el riesgo puede disminuirse en parte, combinado la fecha de siembra y el grupo de madurez (Rossi y González, 2006).

Shatters et al. (1994) afirman que las pérdidas en calidad ocurren desde el campo debido a las condiciones ambientales dadas. Muy altas temperaturas acompañadas de stress hídrico o la ocurrencia de lluvias y secas intermitentes a partir de R5, afecta severa e irreversiblemente el vigor llegando a originar semillas verdes y arrugadas (Francomano, s.f.) que se relacionaron directamente con disminuciones en germinación y aumento de semillas muertas (Rovati et al., s.f.). Según Rovati et al. (s.f.) estas condiciones no solo reducen el poder germinativo, el peso, la forma y el tamaño de las semillas, sino también

la energía, la altura y el peso de plántulas. Además, aumentan las semillas abolladas y arrugadas así como el porcentaje de semillas duras, las cuales desuniformizan la implantación del cultivo por requerir un mayor tiempo de imbibición.

Moreano et al., citados por França-Neto et al. (2007), afirman que las semillas que sufrieron lluvias en precosecha perdieron rápidamente su germinación y vigor durante el almacenamiento debido a la evolución de los índices de deterioro por humedad.

De acuerdo con Khan et al. (2007) temperaturas de la canopia entre 32-38 grados Celsius durante el estado reproductivo (más sensible) tiene efecto negativo en el vigor de la semilla y los contenidos de proteína y de aceite.

La temperatura óptima en soja para alcanzar el número máximo de flores por planta, oscila entre 22 y 26 °C diurnos y entre 18 y 22 °C nocturnos (Thomas y Raper, 1983).

Según Francomano (s.f.) los hongos patógenos de fin de ciclo co-participan en este escenario de DA, un problema subsanable en parte con tratamientos de semillas cuando es leve, pero no así cuando es severo.

Harrington (1972) agregó que las radiaciones solares ultravioletas y la alta humedad ambiente afectan en alguna medida la calidad.

França-Neto et al. (2007) recomiendan evitar atrasarse en la cosecha debido a que disminuye el vigor de acuerdo al test de tetrazolio. Esto puede lograrse planificando siembras escalonadas para escapar a la maduración de toda el área conjunta.

La aplicación de un desecante (como glufosinato de amonio) con el objetivo de acortar el período desde madurez fisiológica a cosecha, tuvo una influencia negativa en la movilización de proteína y azúcares solubles de la semilla para la variedad NS 5909 RG, reflejándose en un bajo vigor y porcentaje de germinación (Delgado et al., 2015). Guimarães et al. (2012) afirman en cambio, que el uso del desecante paraquat en los estadios R6 y R7.2 mejoró la germinación y vigor de las semillas debido al adelantamiento de la cosecha.

2.4.2. Daños durante el almacenamiento

El vigor de la semilla de soja y su longevidad se ven afectados por el período y las condiciones de almacenamiento (humedad y temperatura), influenciado por el cultivar y factores genotípicos inherentes a la mismo (Kandil et al., citados por Chirchir 2011, Bellé et al. 2016).

Knott y Lee (2017) afirman que la amenaza más común y directa para el vigor de la semilla son las condiciones en las que se almacenan las mismas, principalmente elevada temperatura y humedad (Salinas et al. 2001, Albrecht et al. 2008). La primera no

debería sobrepasar de 25°C y la humedad relativa de 70% debido a que la semilla alcanza un equilibrio higroscópico entre 11% y 12% (Krzyzanowski et al., 1993). Según Forti et al. (2010) la temperatura de almacenamiento debería situarse entre 18-20°C.

Rovati et al. (s.f.) recomiendan realizar un estricto y frecuente control de la calidad de la semilla durante el tiempo de almacenamiento.

2.4.3. Daños mecánicos

Costa et al. (2005) encontraron para diversos cultivares de soja una relación inversa entre calidad del lote y el índice de DM. El hecho de que el eje embrionario esté muy expuesto es la razón principal por la que las semillas de soja son extremadamente sensibles al mismo (Rossi y González, 2006).

Según González (2015) la principal causa de daño mecánico es la trilla, aunque el almacenamiento y procesamiento del lote también juegan un papel importante. El grado de humedad de la semilla determina la intensidad del mismo. Valores bajos de humedad aumentan las fisuras mientras que valores altos provocan “amasamientos” (Rossi y González, 2006).

González y Rossi (2016) mencionan que el valor objetivo de DM debería ser inferior al 3%. Cuando se superan valores de 8%, se pone en peligro el vigor del lote y su potencial de almacenamiento.

El hombre juega un papel crucial en las pérdidas de vigor durante la cosecha. No reemplazar piezas desgastadas de la cosechadora, cosechar con humedades inferiores a 12% (daño inmediato) o superiores a 15% (daño latente), no controlar el porcentaje de granos partidos (no debe ser superior a 3%), ni tener en cuenta la velocidad de avance de la máquina (EMBRAPA, 2005), son algunos de los principales problemas. Cunha et al. (2009) no encontraron alteraciones en calidad al incrementar la velocidad de 4 a 6 km/h y definen 7 km/h como velocidad óptima.

El DM a la cosecha puede ser prevenido regulando la cosechadora en función de la humedad del grano, la intensidad del mismo dependerá del lugar de la semilla donde ocurra el daño (Rossi y González, 2006).

Pereira da Silva et al. (2013) no encontraron interacción entre año de las cosechadoras, velocidad de avance y lugar de recolección con el DM en semillas de soja, aunque cosechadoras más nuevas a bajas velocidades de avance tendieron a generar menor daño en las semillas determinando menor reducción de calidad. En cambio, Mesquita et al. (2002) encontraron menores daños cuando las cosechadoras presentaban un flujo axial respecto a las de flujo radial. Similares resultados fueron encontrados por Krzyzanowski et al. (2008), quienes analizaron semillas provenientes de 1705 cosechadoras.

2.4.4. Daños por chinches

França-Neto et al. (2007) afirman que el daño por chinches causa serios problemas para la industria debido a que estos insectos inoculan el grano con una levadura (*Nematospora coryli*) e inyectan enzimas salivares para la pre-digestión de los materiales de reserva de la semilla, resultando en necrosis del tejido y descenso de la germinación y vigor. La magnitud del daño en la semilla va a depender de la especie de hemíptero, de su densidad y estado de desarrollo, del estado fenológico del cultivo y del tiempo de permanencia en el mismo (Miner y Wilson, 1966). Si el daño se produce sobre el hipocótilo, afecta la germinación, mientras que varias lesiones en los cotiledones afectan el vigor de la plántula, la sanidad y la emergencia, pero no la germinación (Jensen y Newsom, 1972). La especie de mayor importancia económica en Uruguay es *Piezodorus guildinii* (chinche de alfalfa), pues ocasiona los mayores daños tanto en superficie como en profundidad de los granos, presentando períodos de alimentación prolongados (Depieri y Panizzi, 2011).

El hombre cumple un papel fundamental mediante la aplicación de insecticidas durante el período reproductivo del cultivo (Francomano, s.f.). Existen umbrales de daño de aplicación para el control de chinche que varían según la distancia entre hileras del cultivo, el estadio fenológico al momento de observación, grupo de madurez y de la especie de chinche predominante. Teniendo en cuenta las dos especies más abundantes y relevantes a nivel nacional (*Piezodorus guildinii*, *Nezara viridula*) y las distancias entre hileras utilizadas (40cm - 70cm), el umbral de daño económico para los estadios R3-R4 (formación de vainas) es de 0,3-1 chinches por metro lineal. En R5 (formación de granos) va desde 0,6-2 chinches por metro lineal y en R6-R7 (después de grano lleno) el umbral va de 1,7-5 chinches por metro lineal. En el caso de soja para semilla, los umbrales en R6 y R7 son los mismos que en R5 (Iannone, citado por López et al., s.f.).

2.5. RELACIÓN ENTRE EL CALIBRE DE LA SEMILLA DE SOJA Y EL VIGOR

El calibrado implica pasar un lote de semillas a través de zarandas de distintos tamaños, de forma de obtener sublotes con semillas uniformes en tamaño. Lograr una uniformidad del tamaño de las semillas es un importante aspecto visual para la comercialización y en especial para la regulación de las sembradoras, práctica que se ha vuelto rutinaria en Brasil (Marçal dos Santos et al., 2005). Smith y Camper (1975) recomiendan clasificar por tamaños las semillas de soja para obtener una correcta distribución y stand de plantas.

Se asume usualmente que semillas de mayor tamaño presentan ventajas en el establecimiento de plántulas cuando las condiciones nutricionales del suelo son restrictivas, pero hay poca evidencia que respalde esta hipótesis (Hanley et al., 2007). Vandamme et al. (2016) afirman que el peso y el contenido de nutrientes de las semillas afectan el crecimiento inicial especialmente en condiciones de bajo fósforo en el suelo,

debido a una mayor producción de biomasa y consecuente incremento en tasa de crecimiento.

Amico et al. (1994) demostraron que el alto vigor que poseen las semillas de mayor calibre se debe a la mayor cantidad de reservas almacenadas en ellas. Kiesselbach, citado por Rojas (s.f.) recomienda eliminar las semillas más pequeñas debido a la correlación negativa encontrada entre tamaño y productividad.

Sin embargo, las relaciones registradas entre el tamaño y calidad de semillas han sido variables según la especie en estudio. Mosavian y Eshraghi-Nejad (2013) encontraron para trigo que las semillas de mayor calibre no tenían ventajas sobre las de menor calibre en longitud de la raíz, peso seco de las plántulas, índice de vigor y tiempo de germinación medio. No obstante, Wen et al. (2018) obtuvieron como resultado (en la mayoría de los casos) mayor vigor en semillas de mayor peso. Hanley et al. (2007) encontraron una fuerte relación entre nitrógeno en la semilla y vigor, más que con el peso y/o proteína de la semilla. En avena, la germinación aumentó a medida que se incrementó el tamaño de las semillas bajo condiciones de estrés hídrico (Willenborg et al., 2005). Huang et al. (2017) demostraron en arroz una alta relación entre tamaño y peso de semilla con su vigor.

Algunos estudios en soja determinaron que el vigor y la germinación están muy influenciadas por el calibre (Sung, 1992), mientras que otros (Singh et al., 1978) encontraron una negativa y alta correlación entre germinación y peso de semilla. Similares resultados fueron encontrados por Kering y Zhang (2015) donde las germinaciones más bajas se obtuvieron por variedades de mayores calibres.

Mientras Burris et al. (1973), Smith y Camper (1975), encontraron mayores rendimientos en plantas provenientes de semillas de soja de mayores calibres respecto a los más pequeños (cuando las poblaciones eran similares), Johnson y Luedders (1974), Tekrony et al. (1980), no encontraron relación entre tamaño y rendimiento si la densidad de plantas era la misma.

Según Carvalho y Nakagawa (2012) el calibre de las semillas no tiene influencia sobre la germinación, pero sí sobre el vigor. Estos afirman que las semillas de mayor tamaño originan plántulas más vigorosas en condiciones variables de campo que resulta en stands superiores de plantas. Rojas (s.f.) afirma que semillas de mayor calibre se asocian con una mayor uniformidad en la emergencia, importante para alcanzar un alto potencial de rendimiento. Smith y Camper (1975) reconocen que el tamaño de la semilla de soja es uno de los factores que influye en el vigor, crecimiento de planta y también rendimiento.

Marçal dos Santos et al. (2005) observaron (para el cultivar de soja Splendor) que las semillas retenidas en los tamices de 13 y 14 paneiras (calibre medio) presentaron mayor potencial de almacenamiento que las retenidas en los tamices de 16 (calibre grande) y 11 paneiras (calibre chico) al octavo mes de almacenamiento. Estos últimos dos calibres

tenían menor germinación y vigor al final del estudio, no difiriendo entre ellos. Cuando analizaron el cultivar UFV-19 el calibre chico presentó menor calidad fisiológica respecto a los demás en el 5to y 8vo mes de almacenamiento. En ambos cultivares concluyeron que los calibres medios fueron los que presentaron menor tendencia al descenso en la germinación en relación al tiempo de almacenamiento.

Morrison y Xue (2007) obtuvieron menores rendimientos en semillas de calibre chico comparada con calibres medios, grandes y sin calibrar (las cuales no difirieron entre sí) en dos de los tres cultivares estudiados, mientras que en el restante cultivar, el menor calibre no se diferenció del lote sin calibrar.

Según Beckert et al. (2000) la menor calidad de los calibres pequeños se asocia con un mayor porcentaje de semillas mal formadas, ocurrencia de enfermedades, daños causados por insectos y mayor sensibilidad al ser almacenados.

Los resultados obtenidos por Hartwig y Edwards (1970) evidenciaron que los calibres más grandes estaban sujetos a DM, mientras que los calibres pequeños presentaban menor cantidad de reservas, que determinó mayores pérdidas en calidad durante el almacenamiento en ambos. Marçal dos Santos et al. (2005) atribuyen el menor vigor de las semillas retenidas en el tamiz de 16 al mayor diámetro que las dejó más expuestas a DM en la cosecha, operaciones de pre-limpieza y clasificación.

Arango Perearnau et al. (s.f.) observaron en lotes de alta y baja calidad, porcentajes de germinación y vigor superiores para semillas retenidas en la zaranda de 6.5 mm de diámetro (calibre grande), mientras que las semillas de menor tamaño fueron las que produjeron plántulas menos vigorosas independientemente de la calidad del lote. Estos autores concluyen que distintos calibres permiten seleccionar distintas calidades previo a pruebas de vigor en lotes con deficiencias en atributos visuales y de calidad.

Pereira et al. (2013) encontraron que las condiciones del suelo juegan un rol en la germinación y rendimiento según el tamaño de las semillas. En condiciones ideales de humedad, las semillas más grandes mostraron mejor calidad fisiológica que las pequeñas, con plantas más vigorosas, mientras que cuando la humedad del suelo fue de $-0,2$ Mpa, un nivel de sequía leve (entre capacidad de campo: $-0,01$ Mpa y punto de marchitez permanente: $-1,5$ Mpa), las semillas más pequeñas tuvieron mejor performance.

Tanto en suelos pesados como livianos, calibres medios (6,35 – 7,14 mm) y grandes (7,14 – 7,54 mm) tuvieron mejor emergencia que chicos (5,95 – 6,35 mm) en un experimento realizado por Morrison y Xue (2007), mientras en los siguientes dos años en suelos livianos, los menores calibres presentaron más plantas emergidas. Estas diferencias no se tradujeron en diferencias en rendimientos lo que evidenció la capacidad de compensación de la especie. Mismos resultados fueron encontrados por Hoy y Gamble (1987).

Rojas et al. (s.f.) recomiendan para zonas con veranos cortos y/o suelos marginales, poco fértiles, con limitantes físicas o químicas, utilizar semillas de mayor calibre, mientras que las de menor calibre se podrían utilizar en climas mediterráneos, con suelos fértiles sin limitantes para el desarrollo del cultivo. Sin embargo, la logística, el manejo del inventario y diferenciación de precios de distintos calibres se vuelve engorroso.

Morrison y Xue (2007) afirman que estudios posteriores deberán concentrarse en el beneficio potencial de remover sólo las semillas pequeñas de los lotes comerciales para mejorar el vigor y rendimiento en regiones con corta estación de crecimiento.

El stress térmico aumenta el porcentaje de semillas vanas y disminuye el calibre (Prasad et al., citados por Rojas, s.f.).

2.6. EVALUACIÓN DEL VIGOR

De acuerdo con Bauer et al. (2003) los daños que experimentan las semillas desde que alcanzan su madurez fisiológica pueden observarse mediante las pruebas de vigor.

Francomano (s.f.) aconseja que el test de vigor debería ser realizado en forma paralela al test de germinación. Las diferencias de vigor son importantes en lotes de alta germinación debido a que se encuentran disponibles a la venta y sería importante conocer aquellas con bajo vigor (Powell, 1995).

Existen muchos métodos para evaluar vigor, pero los más utilizados actualmente y validados por las reglas internacionales ISTA pueden resumirse en test de tetrazolio y envejecimiento acelerado (EA).

Dias y Filho (1996) determinan que una de las principales exigencias en la actualidad para las pruebas de vigor es la obtención de resultados confiables en un corto período de tiempo, lo que agiliza la toma de decisiones.

Según Salinas et al. (2001) hay cuatro requisitos al momento de elegir un método de evaluación de vigor: debe tener buena base teórica más que empírica, ser simple y barato, buena relación entre los resultados de la prueba en el laboratorio y la práctica a campo y presentar un comportamiento semejante entre lotes de semillas en relación a su comportamiento potencial y repetitividad.

Prete et al., citados por Khaliliaqdam et al. (2012), detectaron una alta y negativa correlación entre el método de conductividad eléctrica (CE) y la emergencia a campo de las plántulas de soja. Bauer et al. (2003) en cambio concluyen que todas las pruebas evaluadas sobreestiman la emergencia a campo, pero la prueba de vigor por tetrazolio es la más representativa.

Salinas et al. (2001) encontraron que el deterioro controlado indicó mejor las pérdidas de vigor que el envejecimiento acelerado, cuando la semilla de soja presentaba una humedad del 22%.

Arango Perearnau et al. (s.f.) para las pruebas de EA y CE obtuvieron resultados de vigor superiores cuando los lotes de semillas eran tratados con fungicidas en relación con los que no fueron tratados.

Alizaga et al. (1987) encontraron una alta correlación entre vigor y longitud del hipocótilo afirmando que podría ser una prueba adecuada para estimarlo, además de la sencillez y objetividad que presenta. El peso seco también fue buen indicador de vigor.

2.6.1. Test de tetrazolio

El test de tetrazolio se basa en la actividad de las enzimas deshidrogenasas (Copeland et al., Bulat, AOSA, citados por Moratinos et al., 2017) catalizadoras de las reacciones respiratorias en las mitocondrias, durante la glicólisis y el ciclo de Krebs. Estas reducen la sal de tetrazolio en los tejidos vivos. Cuando las semillas son inmersas en la solución de tetrazolio, esta se difunde a través de los tejidos produciendo en las células vivas dicha reacción dando como resultado la formación de un compuesto rojo conocido como trifenilformazan. Tejidos no viables no reaccionan, por consecuencia no se tiñen (Krzyzanowski et al., 1991).

La clasificación de la viabilidad y el vigor a través de la prueba de tetrazolio es dada por el lugar donde se produce el daño y su profundidad y no por el tipo de daño que sufre la semilla (Salinas et al., 2001).

Las semillas están sujetas a DM durante todo su manejo que causan fracturas (visibles) o abrasiones (invisibles). Estos últimos, probables cuando las cosechas son realizadas con alto porcentaje de humedad, solamente pueden ser observados por el test de tetrazolio (González y Rossi, 2016). González (2015) recomienda realizar el test de vigor por tetrazolio ya que cuantifica los daños presentes en los lotes y se obtienen los resultados en forma rápida (6-24 hs).

Krzyzanowski et al. (1991), Bauer et al. (2003), encontraron que la prueba de vigor por tetrazolio logra una mejor predicción de la emergencia a campo que la de germinación cuando las condiciones de cama de siembra no son las mejores, aunque en caso de que se deterioren mucho ya no se obtendrían datos confiables. Bauer et al. (2003) obtuvieron una correlación entre emergencia a campo y vigor por tetrazolio de $r=0,64$. Salinas et al. (2001) afirman que distintos lotes con elevados porcentajes de germinación pueden presentar comportamientos diferenciados frente a idénticas condiciones y sin estrés (una vez sembrados), por esto se requiere una prueba de vigor.

Según Knott y Lee (2017), productores que vayan a sembrar soja en condiciones de alto estrés deberían realizarles a sus lotes análisis de vigor ya que, dos lotes que posean

igual germinación pueden llevar a poblaciones muy distintas debido a la diferencia en vigor (este análisis no es requerido en Uruguay para comercializar lotes de semilla de soja).

Bauer et al. (2003) observaron que la prueba de tetrazolio sobrevaloró la emergencia a campo, principalmente los casos de semillas de peor calidad.

Salinas et al. (2001) como resultado de pruebas de tetrazolio realizadas a lotes de semillas de soja en tres años consecutivos, obtuvieron un mayor porcentaje de semillas con un solo daño y en menor grado dos o más daños. Respecto al tipo de daño, en 1997 el principal correspondió a DM y por humedad y en menor grado DCH, el cual aumentó en porcentaje en el 1998.

2.7. VARIABLES FISIOLÓGICAS Y CLIMÁTICAS QUE AFECTAN EL COMPORTAMIENTO DEL CULTIVO

Según Aparicio et al., Ma et al., Raun et al., citados por Reynolds et al. (2013), el NDVI ha sido utilizado para predecir el rendimiento en grano de soja y trigo. Experimentos en diversos lugares han demostrado que el NDVI fue capaz de explicar el 50-65% de las variaciones del rendimiento del trigo (Tucker et al., Aparicio et al., Serrano et al., Raun et al., citados por Reynolds et al., 2013).

El NDVI ha sido correlacionado con diversas variables como el rendimiento de cereales de grano pequeño ($R^2 = 0,5$ y $0,66$), la deficiencia de nutrientes en los cultivos y el estrés hídrico prolongado de las plantas (Rudorff y Batista, Wiegand y Richardson, citados por Reynolds et al., 2013). En el cultivo de maíz, los mayores valores de NDVI se observaron en los tratamientos de mayores rendimientos (Govaerts et al., 2010). Zajac et al. (s.f.) encontraron una regresión significativa entre mapas de rendimiento y el NDVI ($R^2 = 0,84$), posicionando este índice como indicador indirecto de selección y manejo en etapas tempranas (floración).

La temperatura del ambiente influye sobre todo el ciclo del cultivo. Temperaturas inferiores a 25°C retardan la floración independientemente de la longitud de onda. Cuando el fotoperiodo es largo y la temperatura mayor a 32°C se producen abortos de flores y vainas (Toledo, 2018).

La temperatura del dosel en condiciones de sequía demostró ser un excelente predictor de rendimiento en ambientes calurosos y de regadío en el cultivo de trigo, además explicó aproximadamente el 60% de la variación del rendimiento (Reynolds et al., 2013). Otero et al. (2018) determinaron para el cultivo de soja una disminución del orden del 4-6% en temperatura de la canopia en el mes de enero al comparar el cultivo seco versus en riego, en INIA La Estanzuela.

Kavanová et al. (2017) determinaron para el cultivar de soja Génesis 5601 detrimentos de rendimiento en grano (de hasta 32%) y de los componentes de rendimiento

al comparar un tratamiento con estrés térmico aplicado en R3 (8 hs/día durante 1 semana) frente a un tratamiento control. Dichos autores registraron un 25% menos de vainas por planta (160 vs. 120 aproximadamente) y un aborto en el orden del 39% de las vainas formadas en R3 (68 vs. 42).

Se ha demostrado a nivel experimental una alta correlación entre la acumulación de materia seca hasta la cosecha y el índice de área foliar con el rendimiento, para cereales, tubérculos, solanáceas, leguminosas y cultivos industriales (Intagri, 2016). Según Toledo (2018), la tasa de crecimiento del cultivo aumenta a medida que lo hace el índice de área foliar hasta lograr un valor crítico (3,1 - 4,5), el cual depende de factores propios del cultivo y del manejo. Según Bodrero (2003), en soja este índice puede alcanzar valores superiores al doble de lo necesario. Diversos trabajos han reportado valores por encima de 7.

El contenido de clorofila en las plantas de cebada y trigo está positivamente correlacionado con la fotosíntesis (Gummuluru et al., 1989), por tanto, una reducción en el contenido de las mismas puede ser considerada como respuesta de las plantas al estrés, que perjudica el proceso fotosintético y consecuente fijación de carbono (Tenga et al., citados por González, 2009). Se observó una asociación genética entre el contenido de clorofila y el rendimiento (Gutiérrez-Rodríguez et al., Reynolds et al., citados por González, 2009).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN DE LOS EXPERIMENTOS

El presente trabajo se realizó en el campo experimental de INIA La Estanzuela, Colonia, Uruguay (latitud 34° 20' S. longitud 57° 41' W. altitud 81), entre el mes de noviembre del 2017 y mayo del 2018.

3.2. DESCRIPCIÓN DE SUELOS DE LA ZONA

Los suelos se encuentran sobre la formación Libertad. Predominan los brunosoles éutricos típicos de fertilidad media, pertenecientes al grupo 10.6a con un índice CONEAT de 206 (aplicación SIGRAS). No presentan problemas de hidromorfismo, su drenaje es bueno y su riesgo de sequía medio.

El perfil se caracterizó de la siguiente manera:

- 0 - 25 cm (Ap): espesor 25 cm, color pardo muy oscuro (10 IR 212). Textura franco arcillo limosa, estructura en bloques subangulares, medios, moderados. Transición clara.
- 25 - 65 cm (B2t): espesor 40 cm, color gris muy oscuro a pardo grisáceo muy oscuro y pardo oscuro en su nivel inferior. Textura arcillo limosa, estructura en prismas medios y grandes fuertes, que rompen en bloques angulares medios, películas de arcilla y caras de deslizamiento continuas. Concreciones de hierro chicas, comunes a abundantes y duras, transición gradual.
- 65 - 85 cm (B3): espesor 20 cm, color pardo oscuro o pardo oscuro grisáceo a pardo. Textura arcillo limosa, estructura similar al B2t. Transición clara o gradual.
- 85 - + cm (CCa): color pardo, textura arcillo limosa. Estructura en bloques angulares medios, moderados. Concreciones comunes y duras de carbonato de calcio.

La densidad aparente del perfil osciló entre 1,3 y 1,42. En los primeros dos horizontes se evidenció buen desarrollo radicular, mientras que no así en el Bt.

Los experimentos ocuparon posiciones de lomadas con pendientes suaves y moderadas (2 – 4%), donde predominan las formas convexas, con partes aplanadas y cóncavas asociadas. El riesgo de erosión fue medio a alto.

Cuadro No. 1. Análisis de suelo pre siembra (08/12/2017) del experimento No. 2.

Prof.	pH	CO	N	P	K	S	PMN
0-20	6,3	2,05	8,1	15,6	0,79	1,8	13

pH (H₂O), CO= carbono orgánico (%), N= nitrógeno como NO₃⁻ (ppm= partes por millón), P= fósforo con método Bray 1 (ppm), K= potasio (meq/100g), S= azufre como SO₄²⁻ (ppm), PMN= potencial de mineralización del nitrógeno (mg/Kg N-NH₄⁺)

3.3. DESCRIPCIÓN DE LOS EXPERIMENTOS

Se instalaron dos experimentos para poder cuantificar el efecto de la germinación, vigor y el calibre de la semilla de soja sobre la implantación y el rendimiento en grano. En ambos, los bloques fueron sembrados perpendicularmente a la pendiente de forma de remover el efecto bloque – zona de la pendiente.

3.3.1. Experimento No. 1: importancia de la germinación y el vigor en la implantación

El objetivo específico de este trabajo fue conocer la relación entre el poder germinativo (PG) y el vigor de las semillas con la implantación y el rendimiento del cultivo de soja, en condiciones de secano (experimento 1a) y riego (experimento 1b).

Se sembraron dos cultivares (de ciclo de madurez medio) con semillas de alto y bajo PG cada uno: Génesis 5601 (GEN 5601) y Nidera Semillas 6248 (NS 6248) y de distinto vigor, que determinaron 4 tratamientos para cada régimen hídrico (Cuadro No. 2).

Cuadro No. 2. Descripción de los tratamientos del experimento No. 1.

Cult.	PG	PMG	Pureza	Vigor
GEN 5601	94	190	99,9	Medio
	87	184	98,7	Bajo
NS 6248	84	185	98,2	Muy bajo
	78	188	99,6	Muy bajo

Cult.= cultivar, GEN 5601= Génesis 5601, NS 6248= Nidera Semillas 6248, PG= poder germinativo (%), PMG= peso de mil granos (g).

Fuente: França-Neto et al. (1998).

El lote de 87% de PG del cultivar GEN 5601 se generó mediante el pasaje de la muestra original de 94% de PG por una trilladora estacionaria. El objetivo de esta práctica fue disminuir la germinación y el vigor del lote mediante el incremento del DM, que es uno de los daños más importantes que afecta la calidad del lote. En el cultivar NS 6248 se dispuso de dos lotes independientes, pero uno fue pasado por el tornillo para obtener una mayor diferencia de los PGs, un tratamiento resultó con 84% y otro 78% de PG respectivamente.

El experimento se instaló con un diseño de bloques completos al azar con 8 repeticiones. La siembra se realizó el 27 de noviembre de 2017 con una sembradora neumática de precisión con una población de 35 semillas viables por metro cuadrado (ajustado por PG, peso de mil granos= PMG y una implantación teórica de 80%). La unidad experimental fue la parcela de 4 surcos de 5 m de longitud distanciados a 40 cm. Se dispuso de 8 bloques para secano (experimento 1a) y 8 para riego (experimento 1b, Figura No. 1).

En el experimento 1b, el riego se implementó acorde al balance hídrico del suelo. Se colocaron al azar sondas de 1 m de longitud en los bloques del experimento (en el tratamiento GEN 5601, ya que el equipo impidió realizar riego diferencial por tratamientos) para monitorear la humedad del suelo a 5 profundidades diferentes (15-30 cm, 30-45 cm, 45-60 cm, 60-75 cm y 75-90 cm). La frecuencia de riego y la lámina que se aplicó estuvo determinada por el porcentaje de agotamiento fijado (60% de capacidad de campo), las necesidades reales del cultivo, el clima y la capacidad de infiltración del suelo. Para hacer más homogénea la aplicación, se utilizó riego por aspersión con un ala piovana de 45 m de ancho de labor, auto enrollable, con caudal máximo de 40 mm/hora. La disponibilidad de dicho equipo se vio afectada en ciertos momentos lo que provocó que el riego no fuera realmente a demanda del cultivo por lo que el porcentaje de agotamiento presentó oscilaciones (ver en las Figura No. 4 de los anexos). Además, vientos superiores a 12 km/h y pronósticos de lluvia fueron factores determinantes en la ejecución del mismo.

Se controló que los experimentos estuvieran libres de palomas, durante 10 días desde la emergencia de los cotiledones.

El manejo general fue acorde a las necesidades del cultivo y evitó todo factor limitante (plagas, malezas y nutrientes).

1a)

IV a	B	2	3	4	1	B
------	---	---	---	---	---	---

VIII a	B	1	4	2	3	B
--------	---	---	---	---	---	---

III a	B	2	4	1	3	B
-------	---	---	---	---	---	---

VII a	B	4	2	3	1	B
-------	---	---	---	---	---	---

II a	B	3	1	4	2	B
------	---	---	---	---	---	---

VI a	B	3	1	4	2	B
------	---	---	---	---	---	---

I a	B	3	2	1	4	B
-----	---	---	---	---	---	---

V a	B	1	4	2	3	B
-----	---	---	---	---	---	---

1b)

IV b	B	4	3	1	2	B
------	---	---	---	---	---	---

VIII b	B	2	4	1	3	B
--------	---	---	---	---	---	---

III b	B	3	1	2	4	B
-------	---	---	---	---	---	---

VII b	B	1	3	2	4	B
-------	---	---	---	---	---	---

II b	B	2	1	4	3	B
------	---	---	---	---	---	---

VI b	B	2	4	1	3	B
------	---	---	---	---	---	---

I b	B	4	3	2	1	B
-----	---	---	---	---	---	---

V b	B	2	4	1	3	B
-----	---	---	---	---	---	---

B= Borde.

Figura No. 1. Plano de experimento 1a (secano) y 1b (riego). Tratamientos: 1 (Nidera Semillas 6248, 78% PG), 2 (Nidera Semillas 6248, 84% PG), 3 (Génesis 5601, 94% PG), 4 (Génesis 5601, 87% PG), y bloques I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII.

3.3.2. Experimento No. 2: importancia del calibre y el vigor en la implantación

El objetivo de este experimento fue determinar la relación entre el calibre y el vigor de la semilla, con la implantación y rendimiento del cultivo de soja bajo condiciones de riego.

Se utilizaron dos lotes, uno de alto y otro de bajo PG del cultivar Agrt 5815 (hábito de crecimiento determinado). Luego, mediante zarandas (marca de herramienta: Vence Tudo, modelo: CA-25 especial) se obtuvieron 4 calibres de cada lote: G= grande (7-8 mm), M= medio (5,5-7 mm), C= chico (<5,5 mm), y SC= sin calibrar (muestra original). En total se evaluaron 8 tratamientos (Cuadro No. 3) en 6 bloques (Figura No. 2).

Cuadro No. 3. Descripción de los tratamientos del experimento No. 2 obtenidos a partir de dos lotes del cultivar de soja Agrt 5815 de alto y bajo poder germinativo, cada uno con 4 calibres distintos.

Lote	Calibre	PG (%)	PMG (g)
A	SC	94	166
	G	93	194
	M	96	170
	C	94	134
B	SC	85	157
	G	81	189
	M	78	154
	C	83	135

A= alto poder germinativo, B= bajo poder germinativo, SC= sin calibrar, G= grande (7-8 mm), M= medio (5,5-7 mm), C= chico (<5,5 mm), PG= poder germinativo, PMG= peso de mil granos.

La unidad experimental fue la parcela de 4 surcos de 2 metros de longitud separados a 40 cm, determinado por el área bajo riego y cantidad de semilla disponible.

La siembra se realizó en forma manual el 15 de diciembre del 2017. Se ajustó la densidad de siembra según el PG, PMG y una implantación teórica de 80% para obtener 35 plantas/m². Se sembró un surco de borde para mantener la competencia perfecta de las parcelas.

Se implementó el método de riego por goteo, basado en cintas con salidas cada 30 cm y un caudal de 4 lt/min. El mismo fue abastecido por una central automática (marca

HOLMAN, Modular 618) con capacidad para 6 estaciones de riego. Se programó con una frecuencia de 6 instancias diarias y una duración de 5 min cada una, acotado a la ocurrencia de precipitaciones (situación donde fue detenido). A diferencia del experimento No. 1b, el riego no se ajustó por balance hídrico sino que se aseguró que no hubiera limitante de agua durante el desarrollo del cultivo.

El experimento se cubrió en su totalidad por una red antipájaros para evitar el daño de palomas en la emergencia de los cotiledones.

B	7	6	5	2	4	8	1	3	B	VI
B	5	1	4	7	3	6	E	8	B	V
B	8	2	3	6	E	1	7	4	B	IV
B	6	7	2	4	8	3	5	1	B	III
B	1	5	8	3	7	4	6	2	B	II
B	3	4	6	1	2	5	8	7	B	I

B= Borde. E= Parcelas eliminadas debido a problemas en implantación.

Figura No. 2. Plano del experimento No. 2. Tratamientos: 1 (alto PG, SC), 2 (alto PG, calibre G), 3 (alto PG, calibre M), 4 (alto PG, calibre C), 5 (bajo PG, calibre SC), 6 (bajo PG, calibre G), 7 (bajo PG, calibre M), 8 (bajo PG, calibre C), y bloques I, II, III, IV, V, VI.

3.4. DETERMINACIONES EN LABORATORIO

Previo a la siembra de los experimentos, se caracterizaron los lotes para generar los distintos tratamientos. Se determinó pureza, PMG y PG necesarios para ajustar la densidad de siembra al número de plantas objetivo (35 pl/m^2) y vigor en el caso del experimento No. 1. El experimento No. 2 requirió además una clasificación por calibres mediante zarandas.

Las muestras fueron almacenadas a temperatura ambiente ($18^\circ\text{C} \pm 2$) en las instalaciones del laboratorio de análisis de semillas de INIA La Estanzuela por un período aproximado de 60 días, momento en el que se determinó vigor (mediante la técnica de tetrazolio) y para el experimento No. 1 se repitió el análisis de germinación.

3.4.1. Pureza

Se determinó a partir de una muestra de cada tratamiento el peso de semillas de soja en relación al peso total de la muestra (incluye material inerte y semillas de otras especies).

3.4.2. Peso de mil granos

Para cada tratamiento se tomaron al azar cuatro repeticiones de 100 semillas de la fracción de semilla pura y se les determinó su peso en gramos. A partir de estos resultados se calculó el peso de mil granos.

3.4.3. Poder germinativo

En el experimento No. 1 se realizó pre siembra y conjuntamente con el test de vigor por tetrazolio dos meses post siembra (feb. 2018).

Se utilizó el método de rollos de papel, sugerido por ISTA. Se diseñaron bloques completamente aleatorizados con 4 repeticiones de 50 semillas cada una, las cuales se colocaron a germinar entre dos papeles (anchor paper de $10'' \times 20''$ de tamaño y 76 lb de espesor), con 80 ml de agua destilada a $25^\circ\text{C} \pm 2$ durante 8 días. El primer recuento de plántulas normales se realizó a los 5 días desde la siembra y el segundo a los 8 días donde se contabilizó el número de plántulas normales, anormales y semillas muertas.

3.4.4. Vigor por tetrazolio

Con el fin de conocer el vigor de los tratamientos sembrados se realizó el test de viabilidad y vigor por tetrazolio, que abarcó desde el 25 de enero hasta el 8 de febrero del 2018. Esta técnica se basa en un compuesto (sal de tetrazolio) el cual en los tejidos vivos

por acción de las enzimas deshidrogenasas se reduce a un compuesto de color rojo que indica la viabilidad de los mismos. Según la intensidad, se distingue entre un tejido vigoroso (rosa) y en proceso de deterioro (rojo intenso). El tejido muerto no se tiñe (blanco mate).

Este método de estimación de vigor tiene la ventaja de estar validado por las reglas ISTA y por permitir cuantificar los tipos de daño causantes de la pérdida de vigor (DA, DM, DCH, DG). Según la profundidad y extensión de estos, las semillas fueron clasificadas en 5 categorías: semillas de vigor alto (VA, semilla completamente turgente y teñida de color rosa), semillas de vigor medio (VM, Figura No. 3), semillas de vigor bajo (VB, Figura No. 4), semillas en límite crítico (LC, Figura No. 5), semillas no viables (NV, Figura No. 6). El vigor se conforma por VA + VB + VM.

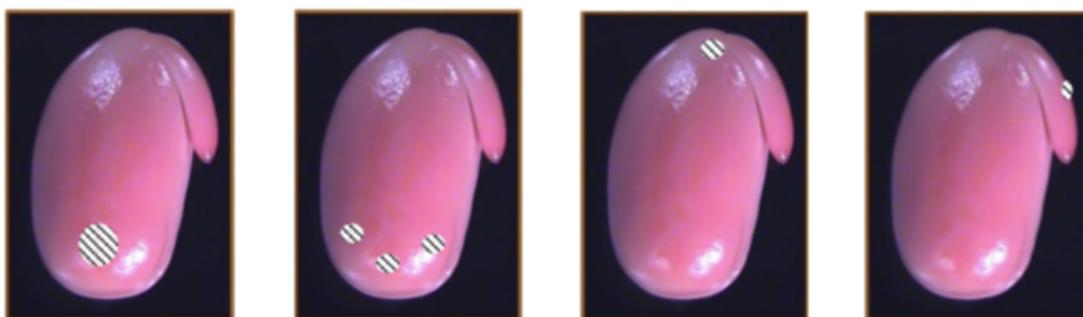


Figura No. 3. Semillas de vigor medio (categoría No. 2).

Las semillas de vigor medio (Figura No. 3) presentan áreas menores de color rojo intenso o sin tinción, flácidos o necróticos con extensión limitada y profundidad superficial. Pueden estar localizadas en cualquier lugar de la semilla, incluso en el embrión.

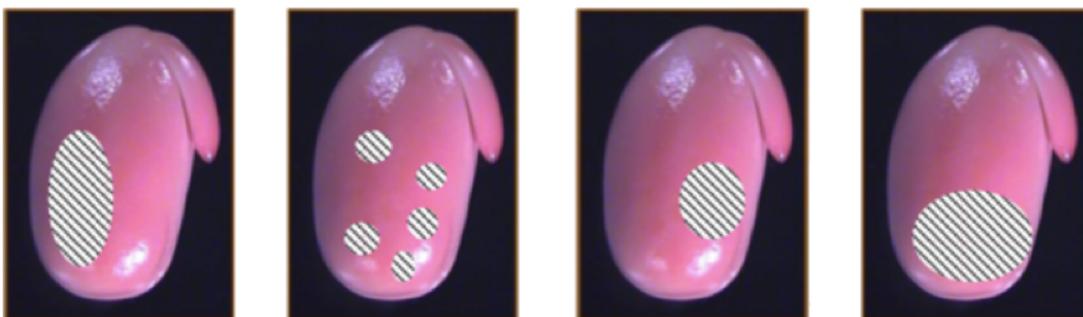


Figura No. 4. Semillas de vigor bajo (categoría No. 3).

Las semillas de vigor bajo (Figura No. 4) presentan múltiples áreas de color rojo intenso, sin tinción, flácidos o necróticos con una extensión de $\frac{1}{3}$ del área cotiledonar

hasta $\frac{3}{3}$ del área distal de los cotiledones y una profundidad de $\frac{1}{2}$ del cotiledón hasta el cotiledón entero.



Figura No. 5. Semillas en límite crítico (categoría No. 4).

Las semillas en límite crítico (Figura No. 5) presentan daños en zonas críticas como radícula (hasta $\frac{1}{3}$), unión de eje embrionario deteriorado rojo intenso, o cotiledones con más de $\frac{1}{2}$ de tejido deteriorado o sin tinción. Semillas viables, no vigorosas.



Figura No. 6. Semillas no viables (categoría No. 5).

Las semillas no viables (Figura No. 6) presentan daños en zonas críticas como radícula (más de $\frac{1}{3}$), unión de eje embrionario sin tinción, cotiledones con más de $\frac{1}{2}$ de tejido deteriorado o sin tinción, semilla no teñida.

Las semillas se acondicionaron la noche previa durante 16 a 18 horas en rollos de papel (anchor paper) húmedos a $20^{\circ}\text{C} \pm 2$ y se colocaron dentro de bolsas plásticas para evitar la evaporación. Posteriormente estas semillas embebidas se sumergieron en una solución de cloruro de 2,3,5 trifenil tetrazolio al 0.1 % durante 3 horas a $35^{\circ}\text{C} \pm 2$ y en oscuridad. Permanecieron sumergidas en agua durante la evaluación para evitar la deshidratación y decoloración. El tegumento de la semilla se removió manualmente y luego se expuso el embrión para cortarlo a la mitad de los cotiledones e hipocótilo con una hoja de afeitar.

Para cada tratamiento se evaluaron 4 muestras de 50 semillas cada una. Además, se identificaron los tipos de daño de cada semilla analizada. Para no tener interferencia del observador, una persona con entrenamiento en la técnica supervisó el procedimiento y controló los criterios de cada operador para definir las categorías de vigor.

Los resultados del test fueron recabados en una planilla presentada en la Figura No. 1 de los anexos, donde para cada semilla se registra la categoría de vigor y los daños que presenta en sus respectivas zonas.

3.5. DETERMINACIONES A CAMPO

Con el fin de cumplir con los objetivos planteados, se cuantificaron las siguientes variables desde el momento de la siembra hasta la cosecha.

3.5.1. Distribución temporal de plantas

Para conocer la velocidad de emergencia de cada tratamiento, se contó el número de plantas sobre los 2 m centrales del surco No. 2 y No. 3, a los 10, 15 y 22 días del experimento No. 1, y en los 2 m totales de los surcos No. 2 y No. 3, a los 7, 11 y 20 días post siembra para el experimento No. 2. En cada instancia de conteo, se especificó el estadio de desarrollo de cada plántula, clasificándolas en 10 categorías: COT= cotiledones, UN= unifoliadas, HT1= una hoja trifoliada, HT2= dos hojas trifoliadas, HT3, HT4, HT5, y HT6. A su vez se subdividió COT y HT1 en: e= expandida y se= sin expandir.

3.5.2. Cobertura de la canopia

Se registró fotográficamente cada tratamiento desde los 11 y 30 días desde la siembra para el experimento No. 2 y No. 1 respectivamente, con un intervalo de tiempo entre fotografías que varió desde 7 a 30 días según el estadio de desarrollo del cultivo. En las primeras etapas, la frecuencia con la que se tomó las fotografías fue mayor con el objetivo de evaluar la velocidad de crecimiento del cultivo. Una vez que se cubrió el entresurco completamente, la misma descendió. Luego, utilizando la aplicación Canopeo app se obtuvo la cobertura de cada tratamiento en cada momento expresada como % de suelo cubierto.

3.5.3. Nivel de clorofila

Se evaluó el nivel de clorofila presente en las hojas de las plantas de cada tratamiento desde emergencia hasta R8 (maduración completa: el 95% de las vainas de la planta han alcanzado el color de madurez) con el SPAD-502Plus (Soil Plant Analysis Development, marca: Konica Minolta). Este instrumento mide la absorbancia de la hoja en dos longitudes de onda sin provocar daño.

Se realizaron 5 medidas (en la mañana) por parcela en cada fecha de medición en hojas desarrolladas y expandidas, sin presencia de daños, enfermedades o agua libre (rocío, lluvia) pertenecientes al tercio superior de la canopia.

3.5.4. Temperatura de la canopia

Desde que el cultivo cubrió el entre surco (aproximadamente en V10: hoja trifoliada del nudo 10 desarrollada y en el nudo inmediato superior los bordes de cada uno de los folíolos no se tocan) hasta que comenzaron a caer las hojas (R7: una vaina del tallo principal alcanzó su color de madurez) se registró la temperatura de la canopia con un termómetro (marca: Mikron, modelo: Ir man) con el fin de conocer el bienestar de la planta. Se realizó una medida por parcela en cada instancia de medición.

3.5.5. NDVI

Las mediciones de NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) al igual que la temperatura, comenzaron cuando el entre surco estaba totalmente cubierto (aproximadamente en V10) de manera que el suelo desnudo no interfiriera. Este índice se utiliza para cuantificar la cantidad, calidad y desarrollo de la vegetación.

Se obtuvo un valor por parcela en cada fecha. Se utilizó un sensor portátil (GreenSeeker handheld crop sensor, marca: Trimble, modelo: 8001) el cual se posicionó para todos los tratamientos a una altura desde la canopia entre 60 a 100 cm (según la altura del cultivo). La medición se realizó mediante pequeñas oscilaciones sobre la parcela.

3.5.6. Índice de área foliar (IAF)

La actividad fotosintética de los tratamientos se estimó con un ceptómetro (marca: AccuPar, modelo: LP80) cada 7-10 días desde V4-V5 (hoja trifoliada del nudo 4-5 desarrollada y en el nudo inmediato superior los bordes de cada uno de los folíolos no se tocan) hasta R8 (maduración completa: el 95% de las vainas de la planta alcanzaron el color de madurez). Se tomó una medida por parcela en la parte superior de la canopia y tres debajo de ésta, entre las 11:00-14:00 hs (momento de máxima y mayor perpendicularidad de la radiación solar). Para no tener alteraciones se evitaron los días nublados y se midió sólo en aquellos con el cielo completamente despejado.

3.5.7. Estadio fenológico R1 (floración)

En el simulador de cultivos de INIA se estimó la fecha de floración en base a la fecha de siembra, ciclo del cultivar (corto, medio o largo) y zona del país (norte o sur). El modelo predice los momentos aproximados de cada estadio del cultivo.

Luego se determinó para cada tratamiento la fecha de floración (R1= una flor abierta en cualquier nudo del tallo principal) y se la contrastó con la estimada por el simulador. El objetivo fue evaluar la precisión del mismo.

3.5.8. Densidad de plantas a cosecha

El número de plantas totales a cosecha fue contabilizado en los 2 m centrales de los surcos No. 2 y No. 3 de cada parcela. El objetivo de esta medición fue conocer cuántas plantas de las que habían sido contabilizadas al momento de implantación efectivamente llegaron a cosecha.

3.5.9. Componentes de rendimiento

El 11 de mayo de 2018 se realizó el muestreo de plantas para evaluar los componentes de rendimiento. Se cortaron dos metros lineales de plantas por parcela desfasados espacialmente, uno del surco No. 2 y otro del surco No. 3 (dentro de los 2 m centrales). Se tomó en cuenta que la zona de corte estuviera en competencia perfecta.

Las muestras fueron colocadas en una cámara de secado con aire forzado a una temperatura de $40^{\circ}\text{C} \pm 2$ por 3-4 días para bajar la humedad. Posteriormente se contabilizó altura de planta, número de nudos en tallo principal, número de ramas, número de nudos en las ramas, número de vainas/planta clasificadas según número de granos (1, 2, 3 y 4 granos), vainas chuzas y finalmente ramas y vainas sueltas. El número de granos se calculó como el producto del número de vainas por sus granos respectivos.

Se procedió a la trilla manual de las muestras (previo golpe de estufa a $60^{\circ}\text{C} \pm 2$ por 5 horas aproximadamente para quitar posible humedad) y se registró el peso para cada tratamiento.

3.5.10. Rendimiento

El experimento No. 1 se cosechó mecánicamente con una cosechadora experimental el 15 de mayo del 2018. Se eliminó 0,5 m de borde de cada lado de la parcela para no alterar la competencia perfecta. En el experimento No. 2 los tratamientos fueron cosechados manualmente (planta entera) el 14 de mayo del 2018. Se eliminó la primer y última planta de cada surco (borde) debido a no estar en competencia perfecta.

Inmediatamente luego de la cosecha, los granos del experimento No. 1 y las plantas enteras del experimento No. 2 fueron ingresados a cámaras de secado con aire forzado (1 día y 3-4 días respectivamente, a $40^{\circ}\text{C} \pm 2$).

En el experimento No. 1 se registró el peso de grano y humedad para cada parcela. En el experimento No. 2 se procedió a la trilla estacionaria y se registró el peso y humedad del grano.

3.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

3.6.1. Diseño experimental

3.6.1.1. Experimento No. 1

Consistió de dos experimentos factoriales siendo un factor el cultivar (GEN 5601 o NS 6248) y otro el PG, en bloques completos aleatorizados (BCA) y 8 repeticiones para cada nivel hídrico (secano= experimento 1a, riego= experimento 1b). Los tratamientos fueron 4 (2 cultivares, cada uno con un lote de alto y bajo PG). La unidad experimental fue la parcela de 8m² compuesta por 4 surcos de 5m de longitud, con una distancia entre hileras de 40 cm. A cosecha se consideraron los 4 metros centrales de cada surco de forma de que estuvieran todas las plantas en competencia perfecta.

3.6.1.2. Experimento No. 2

Este consistió en un experimento factorial donde un factor es el PG del lote y otro el calibre, en bloques completos aleatorizados (BCA). Los tratamientos fueron 8 (Cultivar Agrt5815 con alto y bajo poder germinativo clasificados en 4 tamaños de semilla: SC= sin calibrar o lote original, G= grande, M=medio y C= chico) con 6 repeticiones. La unidad experimental (parcela) tuvo un área de 3,2m², conformada por 4 surcos de 2m de longitud distanciados a 40 cm entre sí. Se cosechó todo el surco (excepto primer y última planta por no estar en competencia perfecta).

Para analizar los datos, se generaron contrastes a partir de los promedios aritméticos de las medias ajustadas de cada tratamiento (Cuadro No. 4).

Cuadro No. 4. Contrastes generados entre los tratamientos del experimento No. 2 con el fin de analizar los datos recabados, tanto para el lote de alto como bajo poder germinativo.

C	vs.	G+M
C+G+M	vs.	SC
G+M	vs.	SC
ALTO PG	vs.	BAJO PG

PG= poder germinativo. G= grande, M= medio, C= chico, SC= sin calibrar

3.6.2. Modelo estadístico

Se probaron distintos modelos estadísticos y distribuciones ajustados en función de cada variable para un correcto análisis de los datos. Estos se analizaron con el programa SAS (Statistical Analysis System).

Se utilizó el modelo de genmod con distribución poisson para las variables distribución temporal de plantas, densidad de plantas a cosecha y componentes de rendimiento.

Para nivel de clorofila, temperatura de la canopia, NDVI e índice de área foliar (IAF), se utilizó el modelo estadístico mixto con una estructura de covarianza autoregresiva (se probó además covarianza inestructurada y simétrica compuesta).

La variable cobertura de la canopia (%) se analizó con el modelo glimmix (lineal generalizado y mixto) con distribución binomial, por tratarse de porcentajes de cobertura repetidos en el tiempo (se probó además simétrica compuesta).

El rendimiento se analizó con el modelo GLM (lineal).

Para las variables analizadas en laboratorio (test de viabilidad y vigor por tetrazolio y PG) el modelo elegido fue genmod con distribución binomial.

Además, se obtuvieron los coeficientes de correlación de Pearson entre las distintas variables medidas en el laboratorio y a campo.

3.6.2.1. Experimento No. 1

Para cada variable (clorofila, temperatura, cobertura, NDVI), se ajusta el siguiente modelo.

$$Y_{(ijklm)} = \mu + \beta_i (R) + R_j + C_k + PG_l + C_k * PG_l + C_k * PG_l * R_j + T_m (y_i - \bar{y}) + \text{Error}_{(ijklm)}$$

$$\beta = \text{bloque} \quad R = \text{riego} \quad C = \text{cultivar}$$

$$PG = \text{poder germinativo} \quad T = \text{tiempo}$$

$$i = 1-8 \quad j = 1-2 \quad k = 1-2 \quad l = 1-2 \quad m = 1, 2, \dots, n$$

3.6.2.2. Experimento No. 2

Para cada variable (clorofila, temperatura, cobertura, NDVI), se ajusta el siguiente modelo de análisis de covarianza.

$$Y_{(ijkm)} = \mu + \beta_i + C_k + PG_j + C_k * PG_j + T_m (y_i - \bar{y}) + \text{Error}_{(ijkm)}$$

$$\beta = \text{bloque} \quad C = \text{calibre}$$

$$PG = \text{poder germinativo} \quad T = \text{tiempo}$$

$$i = 1-6 \quad j = 1-2 \quad k = 1-4 \quad m = 1, 2, \dots, n$$

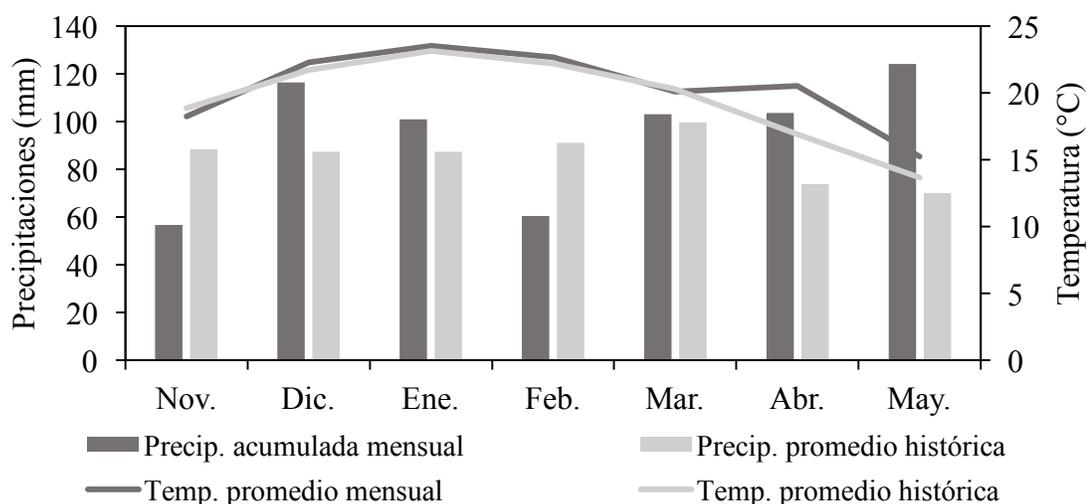
4. RESULTADOS

A continuación se presentan los resultados climáticos y de las variables determinadas en laboratorio y a campo.

4.1. CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA

El clima se caracterizó por ser templado a semi-húmedo con temperaturas promedio para el período analizado de 22,8°C y 18,6°C para verano y otoño respectivamente, tal y como se visualiza en la Figura No. 7. Las precipitaciones promedio mensuales en el período analizado superaron las históricas para la localidad de La Estanzuela. La excepción fue el mes de febrero donde se registró un 33% menos de lluvia.

En la Figura No. 2 de los anexos, se presentan los máximos y mínimos mensuales de temperatura para el período analizado.



Temp. = temperatura, Precip. = precipitaciones.

Figura No. 7. Temperatura y precipitaciones del período en estudio (nov. 2017 - may. 2018) contrastado con los promedios históricos (1965-2018) para La Estanzuela.

Fuente: adaptado de INIA. GRAS (2018).

4.2. EXPERIMENTO No. 1

4.2.1. Determinaciones en laboratorio

En el Cuadro No. 5 se observa para el cultivar GEN 5601 que el lote de mayor PG (94%) mostró mayores valores de vigor respecto al de menor PG (87%). Tuvo más semillas en la categoría VM ($p < 0,0001$) y menos en LC ($p < 0,01$). Presentó menor DM ($p < 0,01$).

En el cultivar NS 6248, el lote de menor PG (78%) presentó mayor vigor y menor DM ($p < 0,05$). A su vez tuvo menor número de semillas NV y mayor en VM. El nivel de vigor de ambos tratamientos se categorizó como muy bajo (França-Neto et al., 1998).

Para ambos cultivares según el coeficiente de correlación de Pearson, el vigor se relacionó negativamente con el DM de las semillas ($-0,88$; $p < 0,0001$) y aquellas en LC ($-0,77$; $p = 0,0005$). El DM se correlacionó con las semillas NV ($0,82$; $p = 0,0001$).

Cuadro No. 5. Variables determinadas mediante el test de vigor por tetrazolio (expresadas como porcentaje) para 2 cultivares de soja indeterminados (Génesis 5601 y Nidera Semillas 6248).

	PG	PG2	VIG	VA	VM	VB	LC	NV	DM	AMB	CH
GEN 5601	94	95	70	3	41	23	9	19	6	87	9
	87	88	53	4	25	24	24	22	31	90	5
		***	***	ns	****	ns	***	ns	***	ns	ns
NS 6248	84	80	21	0	3	18	35	42	61	96	5
	78	79	42	0	12	29	33	23	26	93	7
		ns	****	ns	****	***	ns	****	***	ns	ns

Significancia: (*), $p < 0,07$; (**), $p < 0,05$; (***), $p < 0,01$; (****), $p < 0,0001$; (ns), no significativo.

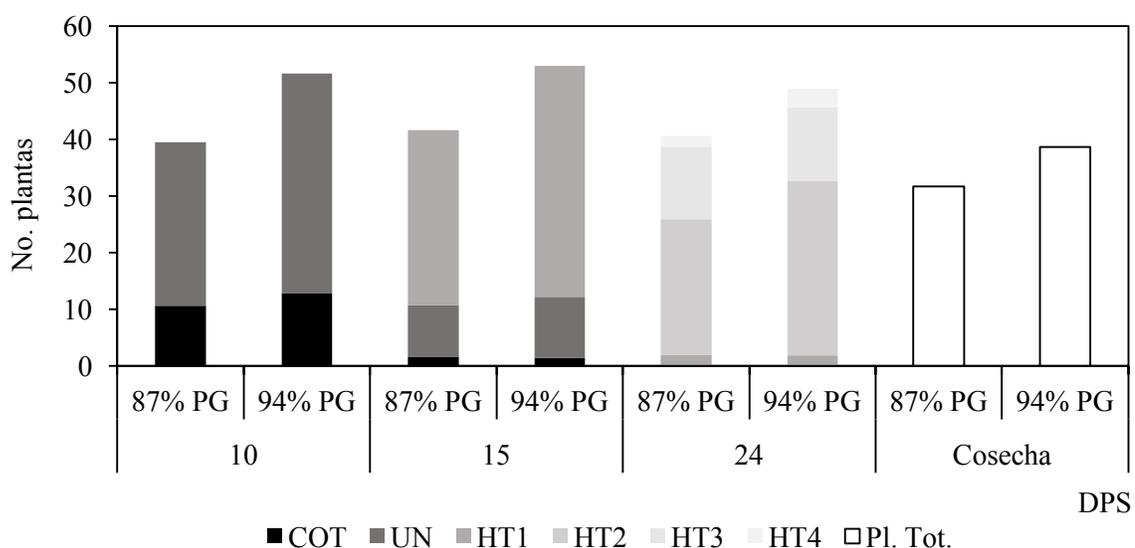
PG= poder germinativo pre siembra, PG2= poder germinativo 2 meses post siembra, VIG= vigor, VA= vigor alto, VM= vigor medio, VB= vigor bajo, LC= límite crítico, NV= no viables, DM= daño mecánico, AMB= daño ambiental, CH= daño por chinches en grano.

4.2.2. Determinaciones a campo

4.2.2.1. Distribución temporal de plantas del cultivar Génesis 5601

En el experimento 1a (secano), el tratamiento de alto vigor (PG 94%) presentó en todas las evaluaciones mayor número de plantas respecto al de bajo vigor (PG 87%; $p < 0,01$). En cada instancia de evaluación se observó un adelanto en el estado fenológico del tratamiento GEN 94%. Al día 10 logró más plantas UN, al día 15 (2° medición) se observó más plantas con una hoja trifoliada y en el día 24 presentó más plantas con dos hojas trifoliadas (Figura No. 8).

La mortalidad, calculada como: $1 - (\text{No. plantas a cosecha} / \text{No. plantas en la última fecha de implantación}) \times 100$, fue para ambos tratamientos 25%. En el Cuadro No. 1 de los anexos se presenta el conteo de plantas para cada fecha evaluada.

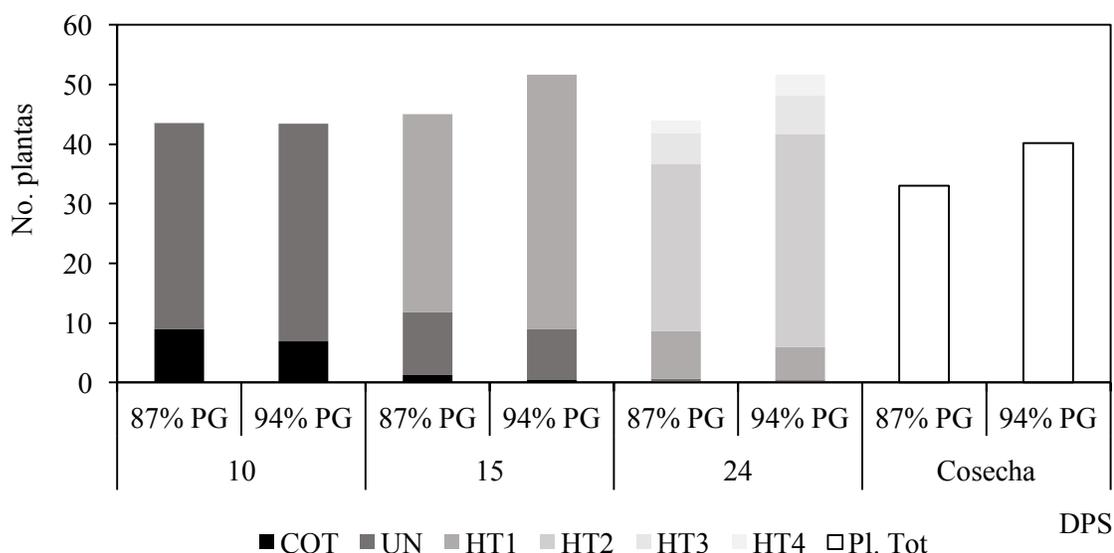


COT= cotiledones, UN= unifoliada, HT1= 1 hoja trifoliada, HT2= 2 hojas trifoliadas, HT3= 3 hojas trifoliadas, HT4= 4 hojas trifoliadas, Pl. Tot.= plantas totales a cosecha, DPS= días post siembra, PG= poder germinativo.

Figura No. 8. Evolución del número de plantas (en metros cuadrados) clasificadas por estadio fenológico para los tratamientos de alto y bajo vigor (PG 94% y 87% respectivamente) del experimento 1a (secano), del cultivar de soja Génesis 5601 evaluados a los 10, 15, 24 días post siembra y a cosecha.

En el experimento 1b (condiciones de riego), las diferencias en número de plantas totales entre los tratamientos de alto y bajo vigor descendieron respecto al experimento 1a (secano, Figura No. 9). Esto se observó tanto en las últimas dos fechas de conteo de implantación (15 y 24 DPS) como a cosecha. Se constató un adelanto fenológico por parte del tratamiento de alto vigor (PG 94%). Este presentó 22% más plantas con una hoja trifoliada al día 15 y 21% más plantas con dos hojas trifoliadas al día 24.

La mortalidad fue de 27% y 25% para el tratamiento de bajo y alto vigor respectivamente. En el Cuadro No. 2 de los anexos se presenta el conteo de plantas para cada fecha evaluada.



COT= cotiledones, UN= unifoliada, HT1= 1 hoja trifoliada, HT2= 2 hojas trifoliadas, HT3= 3 hojas trifoliadas, HT4= 4 hojas trifoliadas, Pl. Tot= plantas totales a cosecha, DPS= días post siembra, PG= poder germinativo.

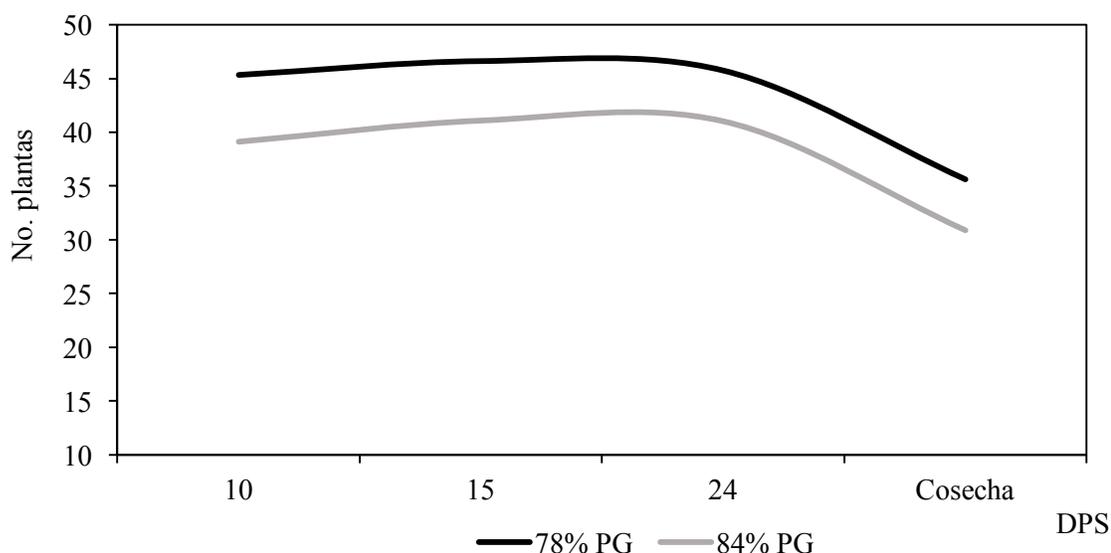
Figura No. 9. Evolución del número de plantas (en metros cuadrados) clasificadas por estadio fenológico para los tratamientos de alto y bajo vigor (PG 94% y 87% respectivamente) del experimento 1b (riego), del cultivar de soja Génesis 5601 evaluados a los 10, 15, 24 días post siembra y a cosecha.

4.2.2.2. Distribución temporal de plantas del cultivar Nidera Semillas 6248

En el experimento 1a (secano), el número total de plantas fue mayor en todas las fechas evaluadas para el tratamiento de alto vigor (PG 78%, Figura No. 10, $p < 0.05$). Al día 15 post siembra dicho tratamiento presentó mayor número de plantas con una hoja trifoliada, pero más allá de esto no se reportó un adelanto fenológico.

La mortalidad fue de 25% y 22% para el tratamiento de bajo (PG 84%) y alto (PG 78%) vigor respectivamente. En el Cuadro No. 3 de los anexos se presenta el conteo de plantas para cada fecha evaluada.

En este experimento (1a, secano), la implantación total tuvo una correlación positiva con el vigor ($r = 0,96$; $p = 0,0026$) y negativa con LC y DM ($r = -0,94$ y $r = -0,91$; $p = 0,005$ y $p = 0,01$).

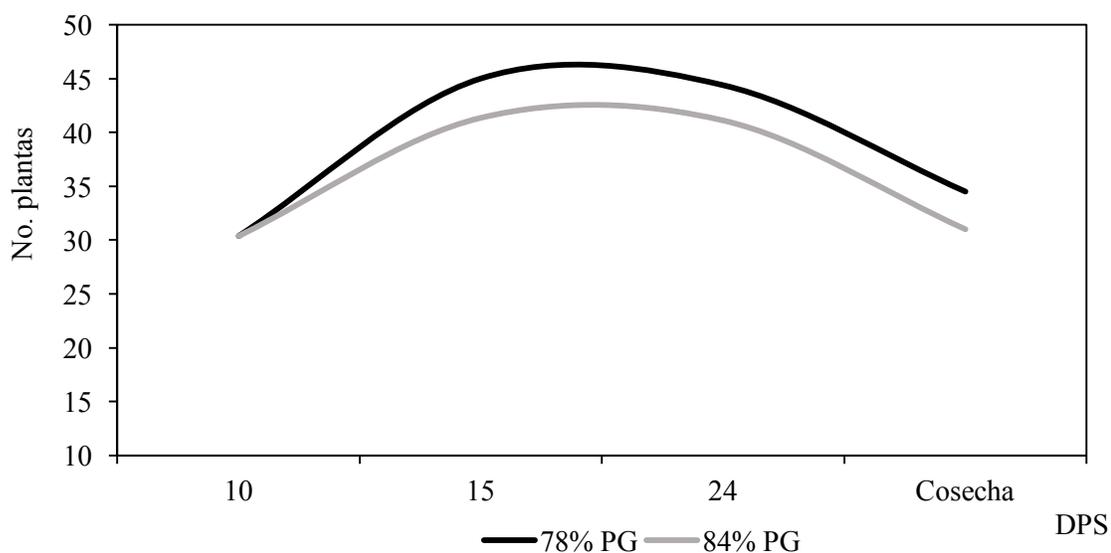


DPS= días post siembra, PG= poder germinativo.

Figura No. 10. Evolución del número total de plantas (en metros cuadrados) del cultivar de soja Nidera Semillas 6248 para los tratamientos de alto y bajo vigor (PG 78% y 84% respectivamente) del experimento 1a (secano) evaluado en 4 momentos (10, 15, 24 días post siembra y a cosecha).

Al observar el comportamiento en el experimento 1b (bajo riego, Figura No. 11), se evidenciaron diferencias significativas para número de plantas en la última medición de implantación (24 DPS, $p < 0,07$) y a cosecha ($p < 0,01$), pero no se observó un adelanto fenológico por parte del tratamiento de mayor vigor en ninguna instancia evaluada. En ambos tratamientos el número de plantas descendió, la mortalidad fue de 22% y 25% para el de alto y bajo vigor (PG 78% y 84% respectivamente). En el Cuadro No. 4 de los anexos se presenta el conteo de plantas para cada fecha evaluada.

Para ambos cultivares (NS 6248 y GEN 5601) en este experimento (1b, riego), el vigor de cada lote tuvo un coeficiente de correlación de Pearson de 0,75 ($p = 0,0020$) con la implantación total y $r = 0,84$ ($p = 0,0001$) con el número de plantas a cosecha. A su vez, la implantación total se correlacionó con las plantas a cosecha (0,69; $p = 0,0001$).



DPS= días post siembra, PG= poder germinativo.

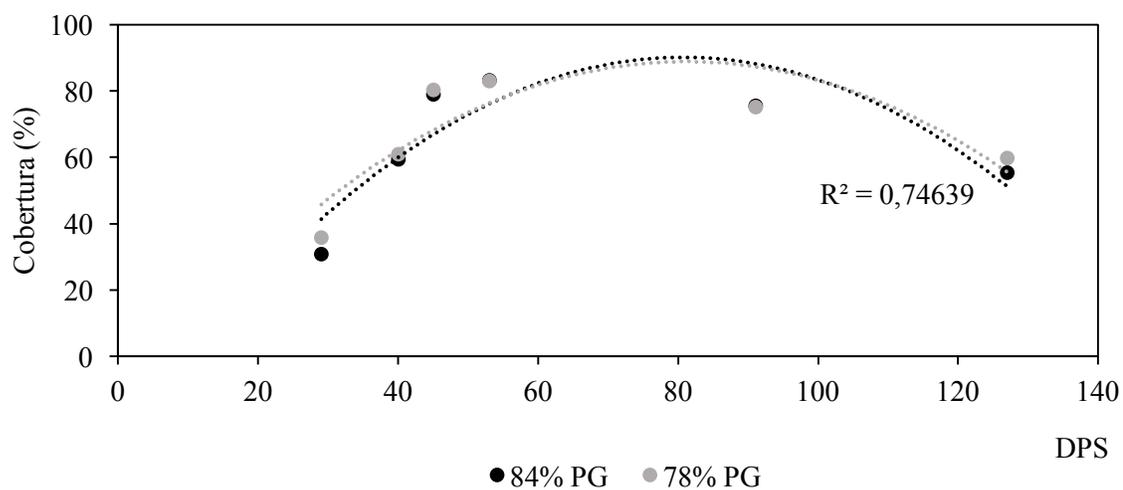
Figura No. 11. Evolución del número total de plantas (en metros cuadrados) del cultivar de soja Nidera Semillas 6248 para los tratamientos de alto y bajo vigor (PG 78% y 84% respectivamente) del experimento 1b (riego) evaluado en 4 momentos (10, 15, 24 días post siembra y a cosecha).

4.2.2.3. Cobertura de la canopia

La cobertura de la canopia presentó diferencias significativas entre tratamientos según el régimen hídrico y cultivar.

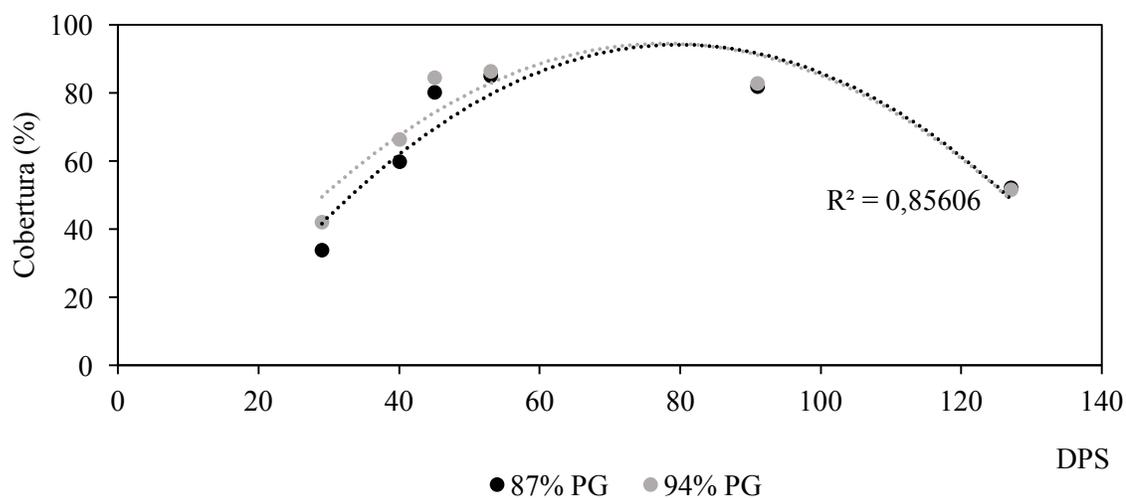
En seco (experimento 1a), el lote de alto vigor del cultivar NS 6248 (PG 78%) superó en cobertura al de menor vigor (PG 84%, $p < 0,05$, Figura No. 12).

En riego (experimento 1b, Figura No. 13) el lote de alto vigor (PG 94%) del cultivar GEN 5601 superó al de bajo vigor (PG 87%, $p < 0,01$).



DPS= días post siembra, PG= poder germinativo.

Figura No. 12. Evolución de cobertura de la canopia para los tratamientos de alto y bajo vigor (78 y 84% respectivamente) del cultivar de soja Nidera Semillas 6248, evaluado en 6 momentos, experimento 1a (condiciones de secano).



DPS= días post siembra, PG= poder germinativo.

Figura No. 13. Evolución de cobertura de la canopia para los tratamientos de alto y bajo vigor (PG 94 y 87% respectivamente) del cultivar de soja Génesis 5601, evaluado en 6 momentos, experimento 1b (condiciones de riego).

4.2.2.4. Nivel de clorofila, temperatura de la canopia, NDVI, IAF

Los distintos tratamientos no se diferenciaron estadísticamente en las variables NDVI, índice de área foliar (IAF), temperatura y SPAD.

Los valores de SPAD variaron desde 13 a 55,8 y 14 a 53,9 para el experimento 1a (secano) y 1b (riego) respectivamente.

La temperatura de la canopia estuvo influenciada fuertemente por la temperatura ambiente. En secano (experimento 1a) el rango fue de 19 - 34°C y en riego (experimento 1b) fue de 18 - 33°C.

El valor de NDVI en ambos cultivares osciló en secano (experimento 1a) desde 0,92 (29/01/2018) a 0,28 (13/04/2018) y en riego (experimento 1b) desde 0,93 (el 26/02/2018) a 0,32 (el 13/04/2018).

El IAF fue desde 0,50 en V4-V5 (29/12/2017) a 9,13 (26/02/2018) en secano (1a) y desde 0,40 en V4-V5 (28/12/2017) a 10,43 (26/02/2017) para condiciones de riego (1b). Luego de estas fechas los valores descendieron hasta R8.

4.2.2.5. Estadio fenológico R1 (floración)

La herramienta simulador de cultivos de INIA tuvo un muy buen ajuste de R1 para todos los tratamientos evaluados. En el experimento 1a (secano) la precisión fue mayor que en el 1b (riego, Cuadro No. 6). Se evidenció un adelanto fenológico en algunos tratamientos cuando se encontraban bajo riego versus secano.

Cuadro No. 6. Fechas de floración estimadas mediante el simulador de cultivos de INIA y las observadas a campo, para dos cultivares de soja (Génesis 5601 y Nidera Semillas 6248), con dos PGs diferentes, para secano (experimento 1a) y riego (experimento 1b).

	PG	R1 estimada	R1 observada
Riego			
GEN 5601	94	30/1/18	27/1/18
	87	30/1/18	29/1/18
NS 6248	84	7/2/18	3/2/18
	78	7/2/18	2/2/18
Secano			
GEN 5601	94	30/1/18	30/1/18
	87	30/1/18	29/1/18
NS 6248	84	7/2/18	5/2/18
	78	7/2/18	5/2/18

PG= poder germinativo, GEN 5601= Génesis 5601, NS 6248= Nidera Semillas 6248, R1= floración.

4.2.2.6. Rendimiento y componentes de rendimiento

No se obtuvo diferencias significativas en rendimiento dentro de cada cultivar y régimen hídrico. Si bien no se comparó entre condiciones de riego (1b) y seco (1a), cabe destacar que los rendimientos del primero duplicaron en algunos casos los del segundo (Cuadro No. 7). El cultivar GEN 5601 tuvo mayores diferencias en los componentes de rendimiento entre el tratamiento de alto y bajo vigor.

Se observó claramente un efecto del cultivar principalmente en el PMG y altura de planta.

Cuadro No. 7. Rendimiento en grano y componentes de rendimiento para cuatro tratamientos generados a partir de dos cultivares de soja (Génesis 5601 y Nidera Semillas 6248).

		Rend.	PMG	Vtot	V1g	V2g	V3g	NG	Vch	Alt	R	NTP	NR
Riego													
GEN 5601	94	4451	156,5	36	6	16	11	72	2	65	6	12	11
	87	4232	156,3	45	7	20	13	86	4	66	7	14	14
		ns	ns	***	ns	**	***	***	**	ns	**	*	**
NS 6248	84	3499	170,1	41	9	20	9	75	4	76	9	16	19
	78	3664	172,2	37	8	19	8	70	2	76	8	15	15
		ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	***	ns	ns	ns	**
Secano													
GEN 5601	94	2665	145,3	27	6	13	6	52	2	54	5	11	9
	87	2660	145,5	33	6	16	8	64	2	54	6	12	13
		ns	ns	****	ns	****	***	****	ns	ns	*	*	***
NS 6248	84	2484	174,5	28	7	14	5	51	1	62	7	14	13
	78	2576	175,7	26	7	14	4	47	1	60	6	13	12
		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

Significancia: (*), $p < 0,07$; (**), $p < 0,05$; (***), $p < 0,01$; (****), $p < 0,0001$; (ns), no significativo.
 Rend.= Rendimiento en grano (kg/ha), PMG= peso de 1000 granos (g), Vtot= número de vainas totales por planta, V1g, V2g, V3g y V4g= número de vainas con 1, 2, 3 y 4 granos por planta, NG= número de granos totales por planta, Vch= número de vainas chuzas por planta, Alt= altura de planta (cm), R= número de ramas totales por planta, NTP= número de nudos en tallo principal, NR= número de nudos en las ramas, GEN 5601= Génesis 5601, NS 6248= Nidera Semillas 6248.

Las vainas totales y de tres granos, tuvieron un coeficiente de correlación de Pearson de 0,89 y 0,79 ($p < 0,0001$) con el número de granos por planta. A su vez, las vainas de tres granos se relacionaron positivamente con el rendimiento (0,6; $p = 0,0003$) y negativamente con el PMG (-0,66; $p < 0,0001$).

4.2.3. Balance hídrico

En las Figuras No. 3 y No. 4 de los anexos se encuentran los balances hídricos para los experimentos 1a y 1b (secano y riego).

En el experimento 1a, la demanda del cultivo fue cubierta en un 72% únicamente con aporte de las precipitaciones ocurridas durante la zafra 2017/2018.

En el experimento 1b, se cubrió en un 90% la demanda por parte de precipitaciones y el riego. No se alcanzó a cubrir el total del requerimiento debido a la disponibilidad del equipo y las limitantes climáticas (viento, lluvias, pendiente, capacidad de infiltración).

4.3. EXPERIMENTO No. 2

En el presente experimento se evaluaron diferentes calibres de semilla de soja: C, M, G, SC (muestra del lote original) para un lote de alto y bajo PG. El análisis de los datos fue llevado a cabo mediante contrastes generados a partir de los promedios aritméticos de las medias ajustadas de cada tratamiento (Cuadro No. 4).

Las medias ajustadas para cada calibre de las variables analizadas se presentan en los Cuadros No. 5, No. 6 y No. 7 de los anexos.

4.3.1. Determinaciones en laboratorio

Mediante el test de tetrazolio se evaluó el vigor de cada tratamiento. Este tuvo una correlación fuerte y negativa con el número de semillas en las categorías LC y NV (-0,92, $p < 0,0001$) y positiva con el número de semillas en las categorías VM y VB (0,75 y 0,68 respectivamente, $p < 0,001$).

El daño causado por chinches y el genético si bien fueron evaluados, no se reportaron por ser insignificantes (en los anexos, Cuadro No. 5)

Cuadro No. 8. Promedios aritméticos de las medias ajustadas de cada contraste, para las variables evaluadas con el test de vigor por tetrazolio (expresadas en porcentaje de semillas), para dos lotes del cultivar de soja Agrt 5815 con distinto poder germinativo (alto y bajo).

		VIG	VA	VM	VB	LC	NV	DM	AMB
Datos									
ALTO	G+M+C+SC	72	2	29	40	10	17	23	77
	G+M+C	72	2	29	40	9	18	19	83
	G+M	75	3	29	43	7	17	19	82
	C	67	1	29	36	13	19	18	84
	SC	70	3	28	39	13	15	17	84
BAJO	G+M+C+SC	50	2	19	29	20	28	42	70
	G+M+C	47	2	19	26	23	29	36	73
	G+M	44	1	16	27	26	29	30	78
	C	52	4	25	24	16	30	46	63
	SC	60	4	18	38	14	24	60	62
Contrastes									
ALTO	G+M+C vs. SC	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	G+M vs. SC	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns
	G+M vs. C	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
BAJO	G+M+C vs. SC	***	*	ns	***	*	ns	ns	ns
	G+M vs. SC	***	**	ns	***	***	ns	*	ns
	G+M vs. C	ns	**	***	ns	**	ns	ns	ns
ALTO vs. BAJO		****	ns	****	****	****	****	**	ns

Significancia: (*), $p < 0,07$; (**), $p < 0,05$; (***), $p < 0,01$; (****), $p < 0,0001$; (ns), no significativo.

C= chico, M= medio, G= grande, SC= sin calibrar, VIG= vigor, VA= vigor alto, VM= vigor medio, VB= vigor bajo, LC= límite crítico, NV= no viables, DM= daño mecánico, AMB= daño ambiental.

El lote de alto PG mostró mayor vigor que el de bajo PG (Cuadro No. 8, $p < 0,0001$). Presentó mayor número de semillas dentro de las categorías VM y VB y menor en LC y NV. Sumado a esto, el lote de bajo PG tuvo mayor porcentaje de DM ($p < 0,05$).

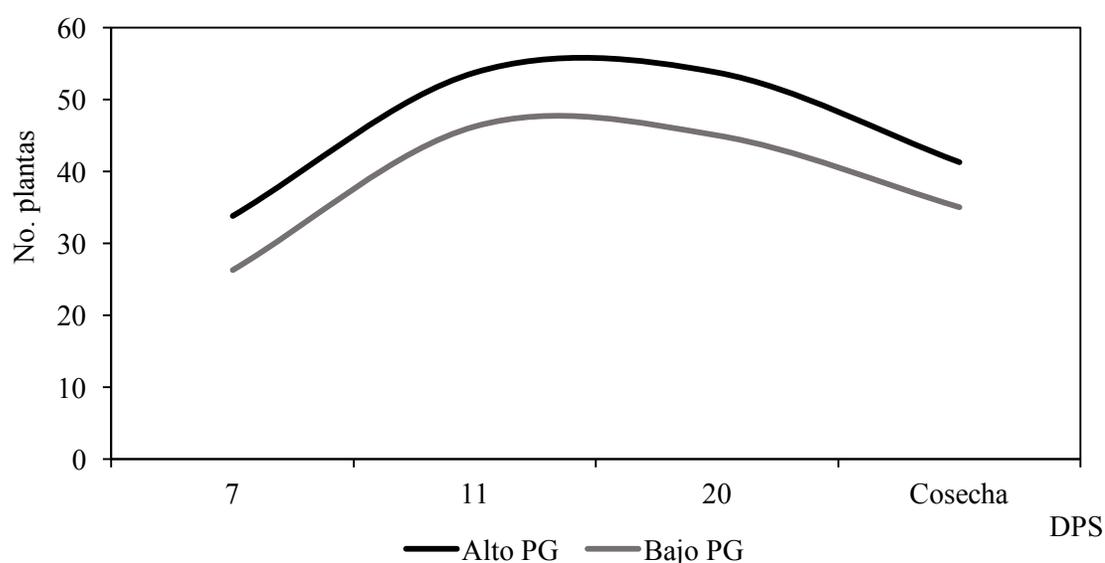
En el lote de bajo PG las categorías calibradas (G, M y C) presentaron menor vigor respecto a la SC. Este último tuvo un número superior de semillas en las categorías de VA y VB y menor dentro de LC.

Los calibres G y M del lote de alto PG presentaron mayor vigor que el chico.

4.3.2. Determinaciones a campo

4.3.2.1. Distribución temporal de plantas

En la Figura No. 14 se puede observar que el promedio de los tratamientos de alto PG presentaron mayor número de plantas al inicio del ciclo respecto a los de bajo PG, traduciéndose en mayor implantación ($p < 0,05$). Esta diferencia se mantuvo a lo largo del ciclo del cultivo hasta la cosecha.



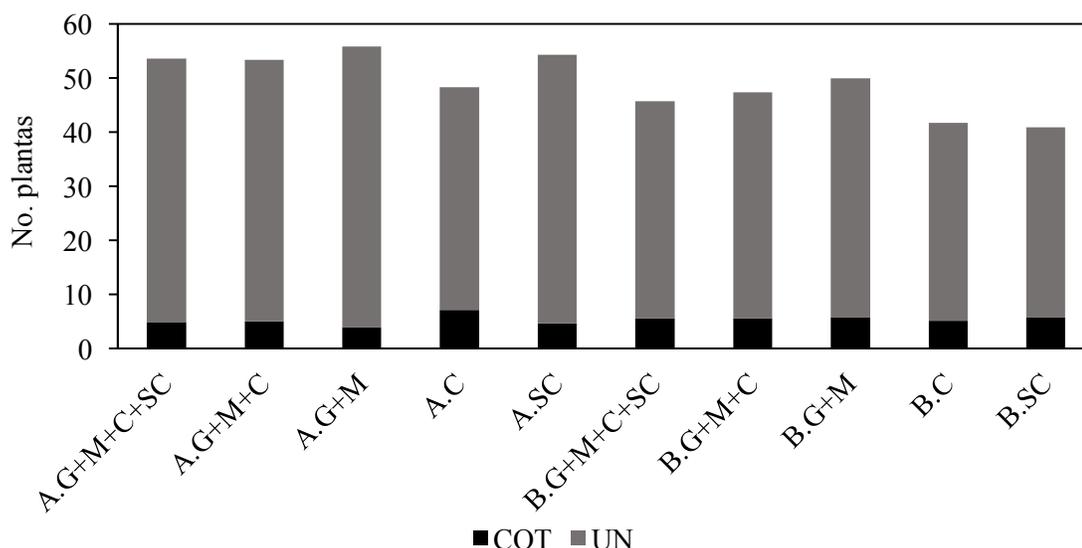
PG= poder germinativo, DPS= días post siembra.

Figura No 14. Evolución del número de plantas totales promedio de 4 tratamientos (en metros cuadrados) del cultivar de soja Argt 5815 evaluados a los 7, 11, 20 días post siembra y a cosecha, para un lote de alto y bajo PG ($p < 0,05$).

Al día 11 post siembra (Figura No. 15), los calibres G y M del lote de alto PG presentaron mayor número con una hoja unifoliada expandida y menor número de plantas en estado de cotiledón, en relación al calibre C ($p < 0,05$). Dicha superioridad no se tradujo en diferencias significativas en número de plantas totales. No obstante, denota una mayor velocidad de crecimiento.

En el lote de bajo PG los calibres G y M tuvieron mayor número de plantas totales respecto al tratamiento SC ($p < 0,01$) determinado por las unifoliadas ($p < 0,05$). El calibre C presentó menor número de plantas totales ($p < 0,05$).

El contraste de los lotes de alto y bajo PG (Cuadro No. 9), evidenció más desarrollo de las plántulas por el primero. Tuvo mayor número de plantas unifoliadas, traduciéndose en plantas totales (Figura No. 15).



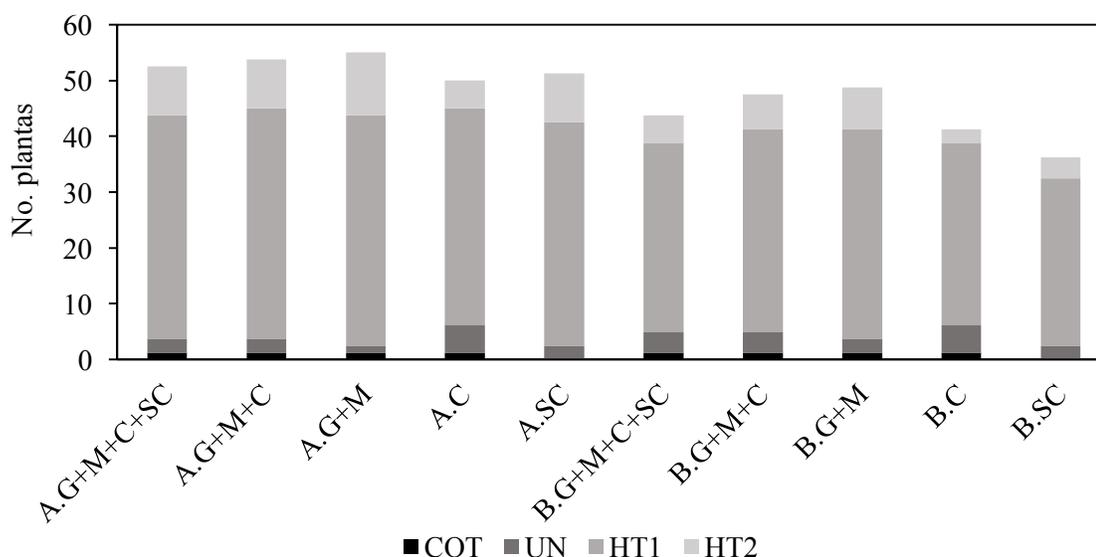
COT= plántula en estado de cotiledón, UN= plántula con primera hoja unifoliada, A= alto poder germinativo, B= bajo poder germinativo, G= calibre grande, M= calibre medio, C= calibre chico, SC= sin calibrar.

Figura No. 15. Número de plantas (en metros cuadrados) del cultivar de soja Agrt 5815 clasificadas por estadio fenológico al día 11 post siembra para cada contraste utilizado, de dos lotes de alto y bajo poder germinativo.

A los 20 días post siembra (Figura No. 16) el lote de alto PG continuó con la tendencia observada a los 11 DPS, donde los calibres G y M tuvieron mayor número de plantas con dos hojas trifoliadas y menor número con una hoja unifoliada respecto a las de calibre C. Sin embargo, el número total de plantas no presentó diferencias significativas.

En el lote de bajo PG, los tratamientos calibrados presentaron mayor número de plantas totales. Dentro de estos, los calibres G y M superaron al C para dicha variable.

En esta medición, el lote de alto PG se diferenció estadísticamente respecto al de bajo PG por presentar más plantas con una y dos hojas trifoliadas (Cuadro No. 9). Lo antes mencionado denota el mayor desarrollo observado a los 11 DPS.



COT= plántula en estado de cotiledón, UN= plántula con primera hoja unifoliada, HT1 y HT2= plántulas con una y dos hojas trifoliadas, A= alto poder germinativo, B= bajo poder germinativo, G= calibre grande, M= calibre medio, C= calibre chico, SC= sin calibrar.

Figura No. 16. Número de plántulas (en metros cuadrados) del cultivar de soja Agrt 5815 clasificadas por estadio fenológico al día 20 post siembra para cada contraste utilizado, de dos lotes de alto y bajo poder germinativo.

A cosecha (Cuadro No. 9) las calibradas del lote de bajo PG presentaron mayor número de plantas respecto a las SC.

El lote de alto PG superó en número de plantas al de bajo PG.

En el Cuadro No. 6 de los anexos se presenta el conteo de plantas para cada calibre en forma individual.

Cuadro No. 9. Conteo de plantas de soja (cultivar Agrt 5815) a los 7, 11, 20 días post siembra y a cosecha, clasificado para cada instancia de medición según estadio fenológico, para cada contraste utilizado de dos lotes de alto y bajo poder germinativo.

	COT TOT		COT UN TOT			COT UN HT1 HT2 TOT					TOT
Datos	DÍA 7		DÍA 11			DÍA 20					Cosecha
ALTO	G+M+C+SC	27 27	4 39 43	1 2 32 7 43	33						
	G+M+C	27 27	4 39 43	1 2 33 7 43	32						
	G+M	30 30	3 42 45	1 1 33 9 44	34						
	C	22 22	6 33 39	1 4 31 4 40	29						
	SC	28 28	4 40 44	0 2 32 7 44	33						
BAJO	G+M+C+SC	21 21	4 32 37	1 3 27 4 36	28						
	G+M+C	22 22	4 33 38	1 3 29 5 38	30						
	G+M	24 24	5 35 40	1 2 30 6 40	32						
	C	18 18	4 29 34	1 4 26 2 34	27						
	SC	17 17	5 28 33	0 2 24 3 31	22						
Contrastes											
ALTO	G+M+C vs. SC	ns ns	ns ns ns	ns ns ns ns ns	ns						
	G+M vs. SC	ns ns	ns ns ns	ns ns ns ns ns	ns						
	G+M vs. C	ns ns	** ** ns	ns ** ns ** ns	ns						
BAJO	G+M+C vs. SC	ns ns	ns ns ns	ns ns ns ns ***	***						
	G+M vs. SC	ns ns	ns ** ***	ns ns ns ns ***	***						
	G+M vs. C	ns ns	ns ns **	ns ns ns *** **	ns						
	ALTO vs. BAJO	** **	ns *** **	ns ns *** ** ****	***						

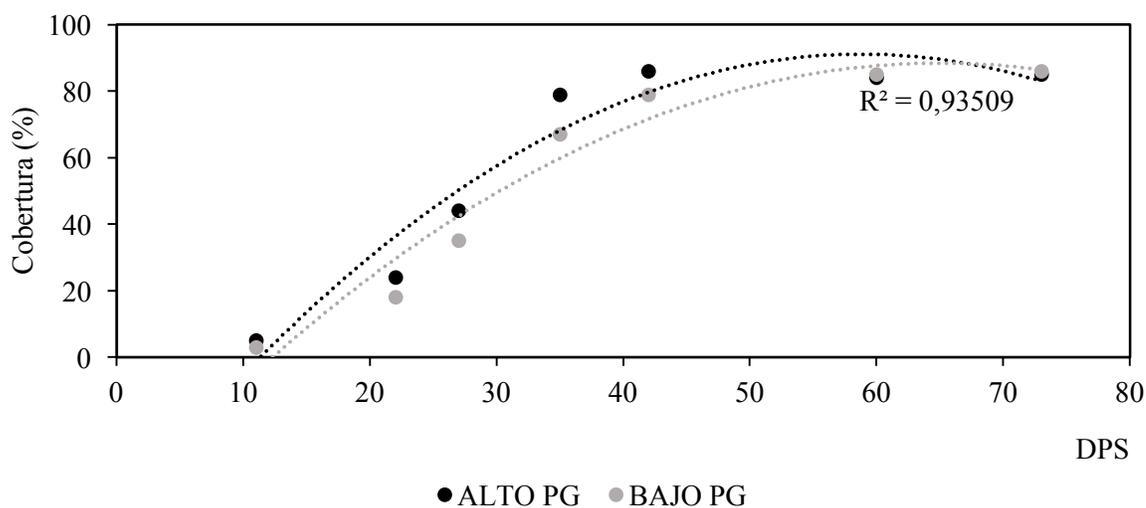
Significancia: (*), $p < 0,07$; (**), $p < 0,05$; (***), $p < 0,01$; (****), $p < 0,0001$; (ns), no significativo.

DPS= días post siembra, COT= número de plántulas en estado de cotiledón, UN= plántulas con primer hoja unifoliada, HT1y HT2= plántulas con una y dos hojas trifoliadas, TOT= plantas totales, A= alto poder germinativo, B= bajo poder germinativo, G= calibre grande, M= calibre medio, C= calibre chico, SC= sin calibrar.

4.3.2.2. Cobertura de la canopia

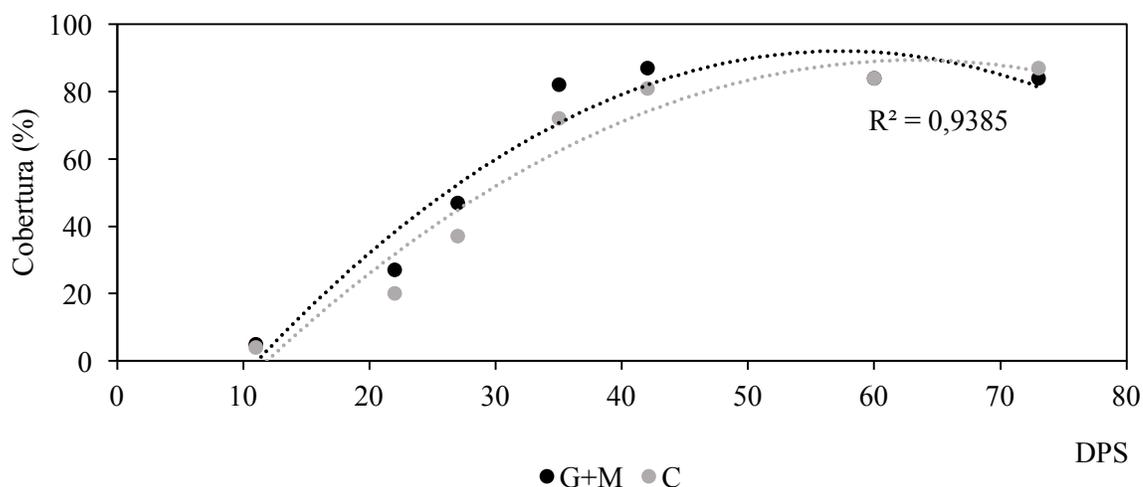
La cobertura de la canopia del lote de alto PG fue superior al de bajo PG (Figura No. 17, $p < 0,01$), y dentro del primero los calibres G y M superaron en cobertura al C (Figura No. 18, $p < 0,05$).

En el período de implantación, la cobertura se correlacionó negativamente con número de plántulas en estado de cotiledón ($-0,68$, $p < 0,0001$) y número de plántulas con una hoja unifoliada ($-0,84$, $p < 0,0001$), pero positivamente con aquellas de una hoja trifoliada ($0,91$, $p < 0,0001$).



PG= poder germinativo, DPS= días post siembra.

Figura No. 17. Evolución de la cobertura de la canopia del cultivar de soja Agrt 5815 para el lote de alto y bajo poder germinativo en 6 momentos del cultivo, determinada mediante la aplicación Canopeo app.



PG= poder germinativo, DPS= días post siembra, G= calibre grande, M= calibre medio, C= calibre chico.

Figura No. 18. Evolución de la cobertura de la canopia del cultivar de soja Argt 5815 de los calibres grande y medio vs. chico para el lote de alto poder germinativo evaluado en 6 momentos, determinada mediante la aplicación Canopeo app.

4.3.2.3. Nivel de clorofila, temperatura de la canopia, NDVI, IAF

Los tratamientos no se diferenciaron estadísticamente en las variables NDVI, índice de área foliar (IAF), temperatura y SPAD.

El IAF estuvo correlacionado positivamente con la cobertura de la canopia (0,59, $p < 0,0001$) y negativamente con la temperatura de la misma (-0,57, $p < 0,0001$).

El rango de temperaturas medidas estuvo relacionado con la temperatura ambiente (Cuadro No. 10).

Cuadro No. 10. Rango de temperatura mínima y máxima de la canopia (cultivar de soja Agrt 5815) registradas con un termómetro y temperatura media ambiente, para cinco momentos del ciclo del cultivo.

Fecha	Temp. mínima del cultivo (°C)	Temp. máxima del cultivo (°C)	Temp. media del ambiente (°C)
29/1/18	26,9	31,5	21,1
05/2/18	27,4	32,7	24,6
12/2/18	18,1	22,7	18
26/2/18	24	25,6	20,2
12/3/18	19,7	23	18

Fuente: INIA. GRAS (2018).

4.3.2.4. Estadio fenológico R1 (floración)

La herramienta de simulador de cultivos de INIA tuvo un muy buen ajuste de R1 para todos los tratamientos evaluados, distanciándose la fecha estimada (13/02/18) de la observada entre 1 y 5 días según el tratamiento (Cuadro No. 11).

Cuadro No. 11. Fechas de floración estimadas mediante el simulador de cultivos de INIA y observadas a campo, para el cultivar de soja Agrt 5815, con dos tratamientos de distinto poder germinativo.

PG	Calibre	R1 estimada	R1 observada
ALTO	G	13/2/18	8/2/18
	M	13/2/18	10/2/18
	C	13/2/18	11/2/18
	SC	13/2/18	8/2/18
BAJO	G	13/2/18	10/2/18
	M	13/2/18	10/2/18
	C	13/2/18	10/2/18
	SC	13/2/18	10/2/18

PG= poder germinativo, alto y bajo. G= calibre grande, M= calibre medio, C= calibre chico, SC= sin calibrar.

4.3.2.5. Rendimiento y componentes de rendimiento

Para rendimiento de grano los tratamientos correspondientes al lote de alto PG fueron superiores estadísticamente a los de bajo PG ($p < 0,05$, Cuadro No. 12). Dentro de cada lote, los calibres G y M superaron a los C en rendimiento ($p < 0,07$).

Cuadro No. 12. Rendimiento en grano y componentes de rendimiento para cada contraste utilizado, de dos lotes de alto y bajo poder germinativo.

		Rend.	PMG	Vtot	V1g	V2g	V3g	NG	Vch	R	NR
Datos											
ALTO	G+M+C+SC	5451	161,8	39	4	15	18	87	3	9	12
	G+M+C	5519	162,4	39	4	15	18	87	2	9	12
	G+M	5725	164,1	37	4	15	17	83	2	9	11
	C	5107	159,1	43	3	16	20	96	3	10	14
	SC	5248	160,0	39	3	15	17	86	3	8	13
BAJO	G+M+C+SC	4978	157,3	45	4	16	22	100	4	9	14
	G+M+C	5032	157,1	43	4	16	21	97	3	9	13
	G+M	5234	158,2	40	4	15	19	90	3	9	12
	C	4629	155,0	48	4	17	24	111	3	9	14
	SC	4815	157,8	52	4	17	24	110	7	11	18
Contrastes											
ALTO	G+M+C vs. SC	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	G+M vs. SC	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	G+M vs. C	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*
BAJO	G+M+C vs. SC	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns	***	**	***
	G+M vs. SC	ns	ns	***	ns	***	***	***	ns	***	**
	G+M vs. C	*	ns	*	ns	*	**	**	ns	ns	ns
ALTO vs. BAJO		**	***	**	ns	ns	**	**	**	ns	ns

Significancia: (*), $p < 0,07$; (**), $p < 0,05$; (***), $p < 0,01$; (****), $p < 0,0001$; (ns), no significativo.

Rend= rendimiento en grano (kg/ha), PMG= peso de 1000 granos (g), Vtot= número de vainas totales por planta, V1g, V2g, V3g y V4g= número de vainas con 1, 2, 3 y 4 granos por planta, NG= número de granos totales por planta, Vch= número de vainas chuzas por planta, R= número de ramas totales por planta, NR= número de nudos en las ramas, G= grande, M= medio, C= chico, SC= sin calibrar, alto= alto poder germinativo, bajo= bajo poder germinativo.

En los lotes de bajo PG, el calibre C y SC tuvieron estadísticamente mayor número de vainas totales (explicadas por V2g, V3g) y consecuentemente mayor número de granos que los calibres G y M (coeficiente de correlación de Pearson 0,97; $p < 0,0001$).

No se encontró diferencias estadísticas para los contrastes del lote de alto PG en lo referente a componentes de rendimiento.

Comparando el lote de bajo y alto PG, este último tuvo menor número de vainas totales, vainas con tres granos, número de granos y cantidad de vainas chuzas ($p < 0,05$). Además el PMG fue mayor en el lote de alto PG.

Las vainas totales por planta se correlacionaron negativamente con el número de plantas totales en implantación ($-0,84$; $p < 0,0001$).

En el Cuadro No. 7 de los anexos, se presentan los rendimientos y componentes de rendimiento para cada calibre en forma individual.

5. DISCUSIÓN

5.1. EXPERIMENTO No. 1

Se verificó mediante el test de vigor por tetrazolio que el DM de las semillas fue uno de los principales factores determinantes del vigor del lote ($r = -0,88$). El hecho de que el eje embrionario esté expuesto hace muy sensible a la semilla de soja (Rossi y González, 2006). Estudios previos atribuyen diversos parámetros afectando la calidad, dentro de los principales se resalta la ausencia de DM (Carvalho y Nakagawa 1983, Marçal dos Santos et al. 2005). La diferencia de vigor, consecuencia en este estudio del DM, fue determinante en la germinación a campo, velocidad de emergencia e implantación.

El vigor del cultivar GEN 5601 fue afectado también por el DM. Costa et al. (2005) encontraron una relación inversa entre estos factores. El lote de alto vigor (94% PG) fue aquel que presentó menor DM que determinó un menor número de semillas en LC y mayor en VM. Se estima que debido a que ninguno tuvo vigor muy bajo (medio y bajo para 94% y 87% PG respectivamente, ambos por encima del cultivar NS 6248), no varió la germinación dos meses post siembra.

Para el cultivar NS 6248, el menor vigor del tratamiento de 84% de PG estuvo determinado por aproximadamente el doble de DM frente al de 78% de PG, aunque ambos clasificaron en DM muy alto. Esto afectó la longevidad del lote, tal y como lo indican Bewely y Black, citados por Bellé et al. (2016), evidenciándose dos meses post siembra cuando al realizar nuevamente el análisis de germinación los PGs de los lotes se igualaron. El vigor de ambos fue muy bajo, menor a 49% (França-Neto et al., 1998), sin embargo, el menor vigor del lote de 84% PG estuvo determinado por casi el doble de semillas NV y menos semillas en las categorías VM y VB, atribuido al DM.

La implantación estuvo relacionada con el vigor del lote ($r = 0,75$). Diversos autores (Edje y Burris 1971, Khah et al. 1989, Schuch 1999a, Schuch et al. 2000) afirman que la capacidad de producir rápidamente una plántula, así como tolerar diversas condiciones ambientales es debida al vigor. En este experimento se vio claramente una reducción en emergencia total y velocidad de crecimiento (medida por estadios fenológicos) en los lotes de menor vigor (NS 84% PG y GEN 87% PG) durante el período de implantación. La diferencia entre tratamientos se acentuó en el experimento 1a (condición de secano) y en todos los casos se trasladó hasta cosecha ($r = 0,69$ entre cosecha e implantación).

El período de implantación es crítico para el cultivo, ya que se determina el stand de plantas que puede afectar el rendimiento. Siendo un momento de alta sensibilidad, el acortar el mismo mediante una rápida emergencia y desarrollo de las plántulas, disminuye el riesgo de enfrentarse a una adversidad climática (lluvias excesivas, sequía, otros).

Es importante destacar que el rápido establecimiento favorece la conservación del suelo cuando no hay un cultivo de invierno o cultivo de cobertura previo (ejemplo soja

de 1ra, situación común en el Uruguay) o cuando sí estuvo presente pero el rastrojo no es suficiente (rastrojo de colza, paja de gramíneas enfardada) como para amortiguar el impacto de las gotas de lluvia contra el suelo y así disminuir su energía cinética. De esta manera se evita el desagregado y erosión laminar del suelo aumentando la infiltración (clave en zafras con precipitaciones por debajo de la media).

Además, una rápida implantación evita que la luz solar llegue al suelo y se promueva la germinación del banco de semillas de malezas. Esto permite disminuir la incidencia de agroquímicos en la agricultura reduciendo el impacto ambiental, así como los costos de producción (muy importante hoy en el país). Cubrir antes el entresurco aumenta también los procesos fotosintéticos, disminuye la evaporación de agua desde el suelo, aumentando la eficiencia en el aprovechamiento de los recursos: luz, agua y nutrientes (Kolchinski et al., 2005).

Para el cultivar NS 6248 en secano (experimento 1a) y GEN 5601 en riego (experimento 1b), la cobertura de la canopia a lo largo de todo el ciclo del cultivo fue superior en los tratamientos de mayor vigor por una más alta tasa de crecimiento y acumulación de materia seca (Francomano, s.f.). Esto traslada una de las ventajas anteriormente mencionadas no solo al principio del ciclo (mayor control de malezas). El hecho de seleccionar lotes de alto vigor es una medida de control cultural de malezas que favorece el manejo integrado.

Para el cultivar NS 6248 bajo riego (1b), las diferencias en número de plantas desde implantación fueron menores no traduciéndose en cobertura. Esto se atribuye a que las condiciones menos estresantes amortiguaron el muy bajo vigor del lote de 84% PG. En el cultivar GEN 5601 en secano (1a), las coberturas no difirieron estadísticamente debido a una menor diferencia en número de plantas totales entre los tratamientos bajo este régimen hídrico.

La aplicación Canopeo App permitió registrar diferencias entre los tratamientos en velocidad de crecimiento al inicio, pero una vez que la cobertura fue total, el sombreado de la canopia simuló suelo desnudo (negro) por lo que no se alcanzó valores de 100% de cobertura.

La densidad de siembra se ajustó en base al PG, determinando en el cultivar NS 6248 más semillas en el lote de alto vigor (78% PG) versus el de bajo vigor (84% PG). Posiblemente esto causó la mayor cobertura de la canopia (en secano) y número de plantas desde el período de implantación. En este sentido, realizar un test de vigor permitiría un mejor ajuste de la densidad de siembra y una reducción en los costos de semilla de los productores.

En este ensayo no hubo relación entre vigor y rendimiento para ninguno de los dos cultivares, similares resultados alcanzaron Khaliliaqdam et al. (2012). No se obtuvieron diferencias estadísticas ni en rendimiento, ni en los componentes de

rendimiento. Según Gaso (2018) los incrementos en rendimiento se ven hasta 30 plantas/m² y en este caso los tratamientos estuvieron todos por encima, pero sí se observó para el cultivar GEN 5601 una tendencia a mayor desarrollo por planta individual del tratamiento de bajo vigor (más altura y vainas totales), atribuido al menor número de plantas lo que permite la exploración de mayores recursos individualmente, base de la capacidad de compensación que posee esta especie.

5.2. EXPERIMENTO No. 2

Según Arango Perearnau et al. (s.f.) los lotes de mayor vigor corresponden a semillas de calibre grande, ya que estas semillas presentan mayores reservas almacenadas en ellas (Amico et al., 1994). En este experimento los resultados de laboratorio variaron según se trató del lote de alto o bajo PG. Respecto al primero, los calibres G y M tuvieron mayor vigor que el C pero no se diferenciaron en ningún tipo de daño incluido DM, que según Hartwig y Edwards (1970) los G estarían más sujetos al mismo.

En lote de bajo PG, los tratamientos calibrados tuvieron menor vigor que el SC aunque este tuviera más DM (probablemente fue menos extenso y profundo por semilla y estuvo presente en un mayor porcentaje de las mismas). Sin embargo, durante el período de implantación fue reportada una mayor emergencia y avance fenológico por parte de los calibrados. Estos tratamientos difieren en VB (conforma el vigor) y LC (no conforma el vigor), posiblemente la dificultad del test de tetrazolio determinó errores al momento de clasificar las semillas en una u otra categoría y se evidenció a campo, en la implantación. Por otra parte, las condiciones del experimento fueron óptimas (riego 5 veces por día, chacra nueva, altos niveles de nutrientes, suelo descompactado) que pudo enmascarar las diferencias en vigor, que suelen expresarse frente a condiciones ambientales adversas (Perry, citado por Alizaga et al., 1987). Cabe aclarar que una soja determinada sembrada de forma tardía podría presentar mayores estreses o pérdidas en rendimiento, en este caso la fecha de siembra fue acotada al momento en que se dispuso de la semilla decidiendo realizar un riego suplementario para minimizar el efecto.

Según Vandamme et al. (2016) el peso y contenido de nutrientes de las semillas afecta la velocidad crecimiento de las plantas. En este experimento durante el período de implantación, en el lote de alto PG se constató un adelanto fenológico de las plantas de calibres G y M en relación a los C pero no en emergencia total, no concordando con Morrison y Xue (2007), Carvalho y Nakagawa (2012), quienes afirman que mayores calibres determinan stands superiores de plantas.

En el lote de alto PG, los calibres G y M presentaron mayor cobertura que el calibre C. Esto no se debe a un mayor número de plantas, sino al adelanto fenológico en el período de implantación que repercutió a lo largo del ciclo.

En ambos lotes (alto y bajo PG) el rendimiento de los calibres G y M fue mayor que los C. Esto concuerda con lo que obtuvieron Burris et al. (1973), Smith y Camper

(1975), Morrison y Xue (2007), surgiendo un beneficio potencial en remover sólo las semillas pequeñas de los lotes comerciales, de hecho, Kiesselbach, citado por Rojas (s.f.) recomienda eliminar las semillas más pequeñas.

Johnson y Luedders (1974), Tekrony et al. (1980) no encontraron relación entre tamaño y rendimiento si la densidad de plantas era la misma. En el lote de bajo PG, las plantas de los calibres C tuvieron mayor número de vainas/planta, pero no lograron compensar el menor número de plantas.

En lo que respecta al NDVI, si bien hay experimentos donde los rendimientos de soja han sido explicados hasta un 65% por este índice (Tucker et al., Aparicio et al., Serrano et al., Raun et al., citados por Reynolds et al., 2013), sin embargo, en este caso (experimento No. 1 y No. 2) no se obtuvo ningún tipo de correlación.

El valor de IAF crítico reportado por diversos autores fue más que duplicado en ambos experimentos debido a la capacidad de producción de materia seca que posee la soja (Bodrero 2003, Toledo 2018). Si bien Intagri (2016) encontró una alta correlación entre IAF y rendimiento, no fue así en ninguno de los dos experimentos llevados a cabo en el presente trabajo. Tampoco se obtuvieron diferencias entre los tratamientos que pudiesen explicar en parte las diferencias en rendimiento (para el caso del experimento No. 2).

El contenido de clorofila se relaciona con el proceso fotosintético (Gummuluru et al., 1989) y este con el rendimiento (González, 2009), aunque no fue así en los experimentos No. 1 y No. 2.

6. CONCLUSIONES

El mundo se encuentra en un momento donde la población crece fuertemente y cada año se demanda una mayor cantidad de alimentos, pero el área cultivable no tiene posibilidad de continuar expandiéndose, por lo que existe la necesidad de aumentar la productividad por unidad de área. Uruguay actualmente produce alimentos para 28 millones de personas, pero tiene la capacidad de alimentar a 40 millones. Experimentos que generen información nacional relacionada a la mejora en el uso de los recursos del país son fundamentales. En este caso se trabajó con el principal cultivo agrícola y la calidad de la semilla utilizada estudiando la influencia de dos parámetros: vigor y calibración. Este trabajo es una primera aproximación de lo que sucede a nivel de chacra, sería necesario más años de investigación para una mayor certeza y repetibilidad.

En el experimento No. 1 no se observó diferencias en rendimiento entre los distintos lotes, aunque al seleccionar aquellos de mayor vigor se logra una mejor y más rápida implantación acortando este período crítico así como las posibilidades de que fracase el cultivo.

En el experimento No. 2 se afirma que, cuando el calibrado de la semilla se une a la utilización de equipos modernos de precisión, los calibres G y M tienen ventaja sobre el calibre C, en un mayor rendimiento sin importar el PG del lote. En el caso en que se utiliza una sembradora a chorrillo, la calibración de la semilla parecería que no debería implicar un mayor rendimiento. Futuros estudios deberán comprobar esta afirmación.

Si el objetivo es tener una mejor implantación, calibrar las semillas de soja en las situaciones de lotes que tienen un PG cercano o menor al estándar tendría un efecto positivo sobre los lotes sin calibrar, dado que se consiguen más plantas por metro cuadrado y se acorta el período de implantación.

Se comprobó además, que el PG no siempre es un buen indicador del vigor del lote, recomendándose realizar un test de vigor previo a la siembra para ajustar mejor la densidad.

La posibilidad de reducir la utilización de agroquímicos debido al más rápido nivel de cobertura que generaron los lotes de mayor vigor, puede impactar en el cambio climático y en la población por una menor contaminación ambiental.

7. RESUMEN

La soja (*Glycine max*) es uno de los principales cultivos del mundo actualmente debido, entre otras razones, a su alta producción de aceite vegetal. El incremento de la demanda expone la necesidad de mayores rendimientos por unidad de superficie. El vigor es uno de los parámetros más importantes de calidad de semillas. Disponer de semillas de alta calidad es esencial por ser el punto de partida de una nueva planta. En este marco, se realizaron dos ensayos en la Estación Experimental “Dr. Alberto Boerger” (INIA LE) con el fin de determinar la relación entre el vigor y el poder germinativo (PG) de la semilla de soja, con la implantación y rendimiento en grano en condiciones de campo. Para cada tratamiento se evaluó el vigor (test de tetrazolio), número de plantas y el estado fenológico en implantación y R8, diversas mediciones a campo (NDVI, IAF, clorofila, cobertura y temperatura de la canopia), finalizando con rendimiento y sus componentes. En el primer experimento se plantearon cuatro tratamientos, compuestos por dos cultivares con dos porcentajes de germinación diferentes cada uno: NS 6248 (78% PG - 84% PG) y GE 5601 (87% PG - 94% PG). Todos fueron ajustados a una población de 35 pl/m². El objetivo específico de este ensayo consistió en conocer la relación entre el PG de la semilla, el vigor, la implantación y rendimiento del cultivo de la soja, bajo dos regímenes hídricos: riego y secano. El análisis estadístico se realizó por cultivar. Los tratamientos de 94% y 78% de PG tuvieron mayor vigor, que determinó una mayor y más rápida implantación, aunque no hubo aumento en el rendimiento. En el experimento dos, calibrando semillas de dos lotes con distinto PG se obtuvieron ocho tratamientos: calibre grande (G), medio (M), chico (C) y sin calibrar (SC), para el lote de alto PG y bajo PG. El objetivo fue determinar la relación entre el calibre, el vigor, la implantación y rendimiento del cultivo de soja bajo condiciones de riego. En el lote de alto PG, los G+M tuvieron mayor vigor que los C, reflejándose en una más rápida implantación que determinó mayor rendimiento. En el de bajo PG, los calibres G+M tuvieron menor vigor que el C, pero mayor y más rápida implantación que provocó un mayor rendimiento. A su vez las calibradas (G+M+C), si bien presentaron un menor vigor, tuvieron una mayor implantación que el tratamiento SC. Al contrastar los tratamientos de alto PG vs. bajo PG en su conjunto, los primeros tuvieron mayor vigor por menor daño mecánico que resultó en mayor número de plantas por metro cuadrado, desde implantación hasta R8. Esto se tradujo en mayor rendimiento, compuesto por un mayor peso de 1000 granos (menor número de granos por planta, pero mayor por metro cuadrado).

Palabras clave: *Glycine max*; Vigor; Implantación; Calibre; Poder germinativo.

8. SUMMARY

Soybean (*Glycine max*) is one of the main crops in the world today due to its, among others, high production of vegetable oil. The increasing demand exposes the need for higher yields per unit area. Vigor is one of the most important parameters of seed quality. Having high quality seeds is essential because it is the starting point of a new plant. In this framework, two tests were carried out at the "Dr. Alberto Boerger" (INIA LE) in order to determine the relationship between the vigor and germinative power (PG) of soybeans, with the implantation and yield in grain in field conditions. For each treatment vigor (tetrazolium test), number of plants and phenological status in implantation and R8 were evaluated, various field measurements (NDVI, IAF, chlorophyll, canopy coverage and temperature), ending with yield and its components. In the first trial, 4 treatments were proposed, consisting of two varieties with two different germination percentages: NS 6248 (78% PG - 84% PG) and GEN 5601 (87% PG - 94% PG). All were adjusted to a population of 35 pl/m². The specific objective of this trial consisted in knowing the relationship between the germinative power of the seed, the vigor, the implantation and yield of the soybean crop, under two water regimes, irrigation and dry land. The statistical analysis was performed by variety. The treatments of 94% and 78% PG had greater vigor, which translated into greater and faster implantation, but not in performance. In trial two, calibrating seeds from two batches with different PGs, 8 treatments were obtained: large (G), medium (M), small (C) and uncalibrated (SC), for high PG and low PG batch. The objective was to determine the relationship between caliber, vigor, implantation and yield of soybean crop under irrigation conditions. In the high PG batch, the G + M had greater vigor than the C, reflecting a faster implementation that determined higher yield. In the low PG, the calibers G + M had less vigor than the C, but greater and faster implantation that resulted in higher yield. In turn, the calibrated ones (G + M + C) showed less vigor but greater implantation than the SC treatment. When contrasting the treatments of high PG vs. low PG as a whole, the former had greater vigor due to less mechanical damage that resulted in greater number of plants per square meter, from implantation to R8. This resulted in higher yield, consisting of a greater weight of 1000 grains (less number of grains per plant, but greater per square meter).

Keywords: *Glycine max*; Vigor; Implantation; Caliber; Germinative power.

9. BIBLIOGRAFÍA

1. AgropPROD, MX. 2016. Los 10 cultivos más importantes del mundo. (en línea). México. s.p. Consultado 15 dic. 2017. Disponible en <https://www.agropprod.com/informacion/los-10-cultivos-mas-importantes-del-mundo/>
2. Albrecht, L. P.; Braccini, A. de L.; Scapim, C. A.; de Aguiar, C. G.; Avila, M. R.; Stülp, M. 2008. Qualidade fisiológica e sanitária das sementes sob semeadura antecipada da soja. (en línea). Scientia Agraria. 9(4): 445-454. Consultado 5 feb. 2018. Disponible en <https://revistas.ufpr.br/agraria/article/view/12476/8645>
3. Alizaga, G.; Alizaga, R.; Herrera, J. 1987. Evaluación del vigor de la semilla de soy a (*Glycine max* (L.) merr.) y su relación con la emergencia y el rendimiento. (en línea). Agronomía Costarricense. 11(2): 195-203. Consultado 19 sep. 2018. Disponible en http://www.mag.go.cr/rev_agr/v11n02_195.pdf
4. Alonso, D. 2017. NDVI: Qué es y cómo calcularlo con SAGA desde QGIS. (en línea). Mappinggis. Consultado 25 mar. 2019. Disponible en <https://mappinggis.com/2015/06/ndvi-que-es-y-como-calcularlo-con-saga-desde-qgis/>
5. Amico, R. U.; Zizzo G. V.; Ahnello, S.; Sciortino A.; Iapichino, G. 1994. Effect of seed storage and seed size on germination, emergence and bulbelt production of *Amaryllis belladonna*. (en línea). Acta Horticulturae. no. 362: 281-288. Consultado 28 feb. 2019. Disponible en https://www.actahort.org/books/362/362_34.htm
6. Andrade Pereira, W.; Andrade Pereira, S. M.; Fernandes dos Santos Dias, D. C. 2013. Influence of seed size and water restriction on germination of soybean seeds and early development of seedlings. (en línea). Journal of Seed Science. 35(3): s.p. Consultado mar. 2018. Disponible en http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2317-15372013000300007&lng=en&tlng=en
7. Arango Perearnau, M. R.; Gallo, C.; Craviotto, R. M. s.f. Evaluación de calidad de semillas de soja de diferentes calibres. (en línea). Manfredi, Córdoba, INTA. Estación Experimental Oliveros. s.p. Consultado 27 feb. 2019. Disponible en <http://www.cosechaypostcosecha.org/data/articulos/postcosecha/EvaluacionCalidadSemillassojaDiferentesCalibres.asp>

8. Atungulu, G. G. 2016. Challenges in on farm drying and storage of soybean for seed in modern bin systems. (en línea). Arkansas, USA, University of Arkansas. Division of Agriculture Cooperative Extension Service. s.p. Consultado 27 feb. 2019. Disponible en http://www.oardc.ohio-state.edu/nc213/images/Challenges_in_On_Farm_Drying_and_Storage_of_Soybean_for_Seed_in_Modern_Bin_Systems_G_G_Atungulu.pdf
9. Bauer, G.; Weilenmann de Tau, E.; Peretti, A.; Monterrubianesi, G. 2003. Germinación y vigor de semillas de soja del grupo de maduración III cosechadas bajo diferentes condiciones climáticas. (en línea). Revista Brasileira de Sementes. 25(2): 53-62. Consultado 3 feb. 2019. Disponible en <http://www.scielo.br/pdf/rbs/v25n2/19649.pdf>
10. Beckert, O. P.; Miguel, M. H.; Filho, J. M. 2000. Absorção de água e potencial fisiológico em sementes de soja de diferentes tamanhos. (en línea). Scientia Agricola. 57(4): 671-675. Consultado 9 mar. 2019. Disponible en <http://www.scielo.br/pdf/sa/v57n4/a12v57n4.pdf>
11. Bellé, C.; Kulczynski, S. M.; Kuhn, P. R.; Migliorini, P.; Sangiogo, M.; Koch, F. 2016. Qualidade fisiológica e sanitária de sementes salvas de soja da região norte do Rio Grande do Sul. (en línea). Revista Agrarian. 9(31): 1-10. Consultado 18 jun. 2018. Disponible en <http://ojs.ufgd.edu.br/index.php/agrarian/article/view/3520/3631>
12. Bodrero, M. 2003. Algunos factores genéticos y ambientales que influyen sobre el rendimiento de la soja. (en línea). In: Jornada Nacional de Soja (2003, Colonia, Uruguay). Memorias. Montevideo, INIA. pp. 1-12 (Actividades de Difusión no. 325). Consultado 19 may. 2019. Disponible en http://www.inia.org.uy/publicaciones/documentos/ad/ad_325.pdf
13. Burris, J. S.; Edje, O. T.; Wahab, A. H. 1973. Effect of seed size on seedling performance in soybeans: II. Seedling growth and photosynthesis and field performance. (en línea). Crop Science. 13(2): 207-210. Consultado 25 may. 2018. Disponible en <https://dl.sciencesocieties.org/publications/cs/abstracts/13/2/CS0130020207?access=0&view=pdf>
14. Carvalho, N. M.; Nakagawa, J. 1983. Sementes: ciência, tecnologia e produção. 2a. ed. Campinas, Fundação Cargill. 429 p.
15. _____; _____. 2012. Sementes: ciência, tecnologia e produção. 5a. ed. Campinas, FUNEP. 590 p.

16. Chirchir, G. J. 2011. Seed quality of soybean (*Glycine max* [L.] merrill) genotypes under varying storage and priming methods, mother plant nutrient profiles and agro-ecologies in kenya. Tesis Master of Agricultural Studies. Nairobi, Kenya. Kenyatta University. 245 p.
17. Costa, N. P. da; Mesquita, C. M.; França-Neto, J. de B.; Maurina, A. C.; Krzyzanowski, F. C.; Olivera, M. C. N.; Henning, A. A. 2005. Perfil dos aspectos físicos, fisiológicos e químicos de sementes de soja produzidas em seis regiões do Brasil. (en línea). Revista Brasileira de Sementes. 27(2): 172-181. Consultado 25 jun. 2018. Disponible en http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0101-31222005000200025&script=sci_abstract&tlng=pt
18. Cunha, J. P. A. R.; Oliveira, P.; Santos, C. M.; Mion, R. L. 2009. Qualidade das sementes de soja após a colheita com dois tipos de colhedora e dois períodos de armazenamento. (en línea). Ciência Rural (Santa Maria). 39(5): s.p. Consultado 5 jun. 2018. Disponible en <http://www.scielo.br/pdf/cr/2009nahead/a169cr286>
19. da Rosa, C. 2015. Evolución, origen y calidad de semilla de soja utilizada en Uruguay. (en línea). Arroz 16(83): 38. Consultado 5 dic. 2017. Disponible en <http://www.aca.com.uy/wpcontent/uploads/2015/10/Evaluacion-Origen-y-calidad-de-soja-utilizada-en-Uruguay.pdf>
20. Delgado, C. M. L.; Medeiros de Coelho, C. M.; Buba, G. P. 2015. Mobilization of reserves and vigor of soybean seeds under desiccation with glufosinate ammonium. (en línea). Journal of Seed Science. 37(2): s.p. Consultado 5 feb. 2019. Disponible en http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2317-15372015000200154
21. Delouche, J. C.; Baskin, C. C. 1973. Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seed lots. (en línea). Seed Science and Technology. 1: 427-452. Consultado 25 jul. 2018. Disponible en <https://ir.library.msstate.edu/bitstream/handle/11668/13316/F-4.pdf?sequence=1>
22. Depieri, R. A.; Panizzi, A. R. 2011. Duration of feeding and superficial and in-depth damage to soybean seed by selected species of stink bugs (heteroptera.pentatomidae). (en línea). Neotropical Entomology. 40(2): 197-203. Consultado 14 may. 2019. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/51138707_Duration_of_feeding_and_superficial_and_in-depth_damage_to_soybean_seed_by_selected_species_of_stink_bugs_Heteroptera_Pentatomidae

23. Dias, D. C. F. S.; Filho, J. M. 1996. Testes de conductividade eléctrica para avaliação do vigor de semetes de soja. (*Glycine max* (L.) Merrill). (en línea). Scientia Agricola. 53(1): s.p. Consultado 25 jul. 2018. Disponible en http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S010390161996000100005&script=sci_arttext
24. Dornbos, D. L.; Mullen, R. E. 1990. Influence of stress during soybean seed fill on seed weight, germination, and seedling growth rate. (en línea). Canadian Journal of Plant Science. 71: 373-383. Consultado 14 jun. 2018. Disponible en <http://www.nrcresearchpress.com/doi/pdf/10.4141/cjps91-052>
25. Edje, O. T.; Burris, J. S. 1971. Effects of soybean seed vigour on field performance. (en línea). Agronomy Journal. 63(4): 536-538. Consultado 25 may. 2019. Disponible en <https://dl.sciencesocieties.org/publications/aj/abstracts/63/4/AJ0630040536>
26. EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria, BR). 2005. Tecnologias de produção de soja – Paraná 2005. (en línea). Sistemas de Produção. 5: 224. Consultado 14 feb. 2017. Disponible en <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/54357/1/Sistemas-de-Producao-5.pdf>
27. Ferguson, J. 1995. An introduction to seed vigour testing. In: Seed Vigour Testing Seminar (1995, Copenhagen, Denmark). Proceedings. Zurich, ISTA. pp. 1-9.
28. França-Neto, J. de B.; Henning, A. A. 1984. Qualidades fisiológicas e sanitaria de sementes de soja. (en línea). Londrina, Brasil, EMBRAPA. CNPSo. 39 p. (EMBRAPA. CNPSo Circular Técnica no.9). Consultado mar. 2018. Disponible en <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/18436/1/circotec9.pdf>
29. _____; Pereira, L. A. G.; Costa, N. P. da; Krzyzanowski, F. C.; Henning, A. A. 1988. Metodologia do teste de tetrazólio em semente de soja. Londrina, Brasil, EMBRAPA. CNPSo. 60 p. (EMBRAPA. CNPSo. Documentos no. 32).
30. _____; Krzyzanowski, F. C.; Costa, N. P. da. 1998. El test de tetrazolio en semillas de soja. Londrina, Brasil, EMBRAPA. CNPSo. 72 p. (EMBRAPA. CNPSo Documentos no. 117).

31. _____.; Krzyzanowski, F. C.; Pádua, G. P.; Costa, N. P. da.; Henning, A. A. 2007. Tecnologia da produção de semente de soja de alta qualidade: serie sementes. (en línea). EMBRAPA. Circular técnica. no. 40. 12 p. Consultado 18 jun. 2018. Disponible en <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPSO-2009-09/27215/1/circotec40.pdf>
32. _____.; _____.; Henning, A. A. 2012. Plantas de alto desempenho e a produtividade da soja. (en línea). Seed News. 16(6): 8-11. Consultado 15 jun. 2018. Disponible en <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/77334/1/ID-33779.pdf>
33. Forti, V. A.; Cicero, S. M.; Pinto, T. L. F. 2010. Avaliação da evolução de danos por "umidade" e redução do vigor em sementes de soja, cultivar TMG113-RR, durante o armazenamento, utilizando imagens de raios x e testes de potencial fisiológico. (en línea). Revista Brasileira de Sementes. 32(3): 123- 133. Consultado 16 jun. 2018. Disponible en http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-31222010000300014&lng=en&nrm=iso&tlng=pt
34. Francomano, M. V. s.f. Dónde se producen las pérdidas de calidad/vigor de la semilla de soja? (en línea). Buenos Aires, Argentina, Francomano Picardi. s.p. Consultado 13 ene. 2018. Disponible en <https://www.creasudoeste.org/wp-content/uploads/2017/09/DONDE-SE-PRODUCEN-LAS-PERDIDAS-DEL-VIGOR-consideraciones-CON-FOTOS-3.pdf>
35. Gaso, D. 2018. Respuesta del rendimiento de soja a la densidad de siembra en ambientes de productividad contrastante. (en línea). Agrociencia (Uruguay). 22(2): 1-12. Consultado 20 mar. 2019. Disponible en http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2301-15482018000200024
36. Ghassemi-Golezani, K.; Bakhshi, J.; Dalil, B. 2015. Rate and duration of seed filling and yield of soybean affected by water and radiation deficits. (en línea). Acta Agriculturae Slovenica. 105(2): 225-232. Consultado 18 sep. 2018. Disponible en http://aas.bf.uni-lj.si/september2015/05_Ghassemi.pdf
37. Gill, N. S.; Delouche, J. C. 1973. Deterioration of seed corn during storage. (en línea). Proceedings of the Association of Official Seed Analysts. 63: 33-50. Consultado 17 jun. 2018. Disponible en <https://www.jstor.org/stable/23432492?read-now=1&refreqid=>

excelsior%3Afb480bb22e071a349be83b7e2c9cb77a&seq=1#page_scan_tab_contents

38. González, A. 2009. Aplicación del medidor portátil de clorofila en programas de mejora de trigo y cebada. (en línea). IMIDRA. (4): 111-116. Consultado 05 may. 2019. Disponible en <https://digitum.um.es/digitum/bitstream/10201/23846/1/117241-464971-1-PB.pdf>
39. González, S. 2015. Problemas de calidad de semillas de soja: zafra 2014/2015. (en línea). Colonia, Uruguay, INIA. s.p. Consultado 28 feb. 2019. Disponible en http://www.agroterra.com.uy/archivos/novedad_116_109_problemas_calidad_semillas_soja_2014_2015.pdf
40. _____.; Rossi, C. 2016. Problemas de calidad de semillas de soja: zafra 2015/2016. (en línea). La Estanzuela, Colonia, Uruguay, INIA. s.p. Consultado 28 feb. 2019. Disponible en <http://www.inia.uy/Documentos/Públicos/INIA%20La%20Estanzuela/Calidad%20de%20soja%202015-16%20aportes%20de%20INIA.pdf>
41. Goulart, A. C. P. 2005. Fungos em sementes de soja: detecção, importância e controle. (en línea). Douradas, EMBRAPA Agropecuária Oeste. 72 p. Consultado 15 feb. 2018. Disponible en https://books.google.com.uy/books/about/Fungos_em_sementes_de_soja.html?id=RBxIAAAAYAAJ&redir_esc=y
42. Govaerts, B.; Verhulst, N.; Fuentes, M. P. 2010. Sensor portátil GreenSeeker™ para la medición del índice diferencial de vegetación normalizado (NDVI): una herramienta para la evaluación integral de las prácticas agronómicas. (en línea). México, D. F., CIMMYT. 13 p. Consultado 05 may. 2019. Disponible en <https://repository.cimmyt.org/bitstream/handle/10883/560/94511.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
43. Guimarães, V. F.; Hollmann, M. J.; Fioreze, S. L.; Echer, M. M.; Rodrigues-Costa, A. C. P.; Andreotti, M. 2012. Produtividade e qualidade de sementes de soja em função de estádios de dessecação e herbicidas. (en línea). Planta Daninha. 30(3): 567-573. Consultado 15 jun. 2018. Disponible en http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-83582012000300012&script=sci_arttext
44. Gummuluru, S.; Hobbs, S. L. A.; Jana, S. 1989. Genotypic variability in physiological characters and its relationship to drought tolerance in durum wheat. (en línea). Canadian Journal of Plant Science. 69: 703-711.

Consultado 05 may. 2019. Disponible en <https://www.nrcresearchpress.com/doi/pdf/10.4141/cjps89-086>

45. Hampton, J. G.; Tekrony, D. M. 1995. Handbook of vigor test methods. 3rd. ed. Zurich, Suiza. The International Seed Testing Association. Vigour Test Committee. 117 p.
46. Hanley, M. E.; Cordier, P. K.; May, O.; Kelly, C. K. 2007. Seed size and seedling growth: differential response of australian and british fabaceae to nutrient limitation. (en línea). New Phytologist. 174(2): 381-388. Consultado 14 feb. 2017. Disponible en <https://nph.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1469-8137.2007.02003.x>
47. Harrington, J. F. 1972. Seed storage and longevity. In: Kozlowski, T. T. ed. Physiological Ecology. New York, Academic Press. pp. 145-245.
48. Hartwig, E. E.; Edwards Jr, C. J. 1970. Effects of morphological characteristics upon seed yields in soybeans. (en línea). Agronomy Journal. 63(1): 64-65. Consultado feb. 2019. Disponible en <https://dl.sciencesocieties.org/publications/aj/abstracts/62/1/AJ0620010064?access=0&view=pdf>
49. Hoy, D. J.; Gamble, E. E. 1985. The effects of seed size and seed density on germination and vigor in soybean (*Glycine max* (L.) merr.). (en línea). Canadian Journal of Plant Science. 65(1): 1-8. Consultado 14 jun. 2018. Disponible en <http://www.nrcresearchpress.com/doi/pdf/10.4141/cjps85-001>
50. _____; _____. 1987. Field performance in soybean with seeds of differing size and density. (en línea). Crop Science. 27(1): 121-126. Consultado 17 feb. 2019. Disponible en <https://dl.sciencesocieties.org/publications/cs/abstracts/27/1/CS0270010121?access=0&view=pdf>
51. Huang, M.; Zhang, R.; Chen, J.; Cao, F.; Jiang, L.; Zou, Y. 2017. Morphological and physiological traits of seeds and seedlings in two rice cultivars with contrasting early vigor. (en línea). Plant Production Science. 20(1): 95-101. Consultado 7 feb. 2019. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/308353464_Morphological_and_physiological_traits_of_seeds_and_seedlings_in_two_rice_cultivars_with_contrasting_early_vigor
52. Hughes, P.A.; Sandsted, R.F. 1975. Effect of temperature, relative humidity and light on the color of "California light red Ridney" bean seed during storage. (en línea). HortScience. 10(4): 421-423. Consultado 7 feb. 2018.

Disponible en <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=catalco.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=054696>

53. INIA. GRAS (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. Unidad de Agro-clima y Sistema de Información, UY). 2018. Banco de datos agroclimáticos. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado may. 2018. Disponible en <http://www.inia.uy/gras/Clima/Banco-datos-agroclimatico>
54. Intagri (Instituto para la Innovación Tecnológica en Agricultura, MX). 2016. El índice de área foliar (IAF) y su relación con el rendimiento del cultivo de maíz. (en línea). Celaya, Guanajuato, México. 3 p. (Intagri. Gto). Consultado 05 may. 2019. Disponible en <https://www.intagri.com/articulos/cereales/el-indice-de-area-foliar-iaf>
55. ISTA (International Seed Testing Association, CH). 1995. Handbook of vigor test methods. 2nd. ed. Zurich, Switzerland. 117 p.
56. _____. 2016. International rules for seed testing. (en línea). Zurich, Switzerland. 284 p. Consultado 25 abr. 2019. Disponible en <https://www.ingentaconnect.com/content/ista/rules/2016/00002016/00000001#expand/collapse>
57. Jensen, R. L.; Newson, L. D. 1972. Effect of stink bug-damaged soybean seeds on germination, emergence and yield. (en línea). Journal of Economic Entomology. 65(1): 262-264. Consultado 14 may. 2019. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/273343576_Effect_of_Stink_Bug-Damaged_Soybean_Seeds_on_Germination_Emergence_and_Yield
58. Johnson, D. R.; Luedders, V. D. 1974. Effect of planted seed size on emergence and yield of soybeans (*Glicine max* (L.) Merr.). (en línea). Agronomy Journal. 66(1): s.p. Consultado 25 feb. 2018. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/250100316_Effect_of_Planted_Seed_Size_on_Emergence_and_Yield_of_Soybeans_Glycine_Max_L_Merr1
59. Khah, E. M.; Roberts, E. H.; Ellis, R. H. 1989. Effect of seed ageing on growth and yield of spring wheat at different plant-population densities. (en línea). Field Crops Research. 20: 175-190. Consultado 14 feb. 2019. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0378429089900786>
60. Kavanová, M.; Rey, E.; Montaña, M.; Sastre, M.; Ceretta, S. 2017. Efecto de estrés térmico sobre la producción y aborto de vainas en soja. (en línea).

In: Día de Campo de Soja (2017, Colonia, Uruguay). Memorias. Montevideo, INIA. pp. 9-12 (Actividades de Difusión no. 773). Consultado 15 may. 2019. Disponible en <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/6599/1/SAD773.pdf>

61. Kering, M. K.; Zhang, B. 2015. Effect of priming and seed size on germination and emergence of six food-type soybean varieties. (en línea). International Journal of Agronomy 2015: 6 p. Consultado 13 ene. 2018. Disponible en <https://www.hindawi.com/journals/ija/2015/859212/>
62. Khaliliaqdam, N.; Soltani, A.; Latifi, N.; Ghaderi Far, F. 2012. Seed vigor and field performance of soybean seed lots case study: northern areas of Iran. (en línea). American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences. 12(2): 262-268. Consultado 15 feb. 2018. Disponible en [https://www.idosi.org/aejaes/jaes12\(2\)12/20.pdf](https://www.idosi.org/aejaes/jaes12(2)12/20.pdf)
63. Khan, A. Z.; Khan, H.; Ghoneim, A.; Khan, R.; Ebid, A. 2007. Seed quality and vigor of soybean as influenced by planting date, density and cultivar under temperate environment. (en línea). International Journal of Agricultural Research. 2(4): 368-376. Consultado 12 ene. 2018. Disponible en <http://docsdrive.com/pdfs/academicjournals/ijar/2007/368-376.pdf>
64. Knott, C.; Lee, C. 2017. Soybean production in Kentucky. (en línea). Kentucky, University of Kentucky College of Agriculture. Food and Environment Cooperative Extension Service. 6 p. (AGR-130). Consultado 28 feb. 2019. Disponible en <http://www2.ca.uky.edu/agcomm/pubs/agr/agr130/agr130.pdf>
65. Kolchinski, E. M.; Braga Schuch, L. O.; Teichert Peske, S. 2005. Vigor de sementes e competição intra-específica em soja. (en línea). Ciência Rural. 35(6): 1248-1256. Consultado 15 jun. 2018. Disponible en <http://www.scielo.br/pdf/cr/v35n6/a04v35n6.pdf>
66. Krzyzanowski, F. C.; França-Neto, J. de B.; Henning, A. A. 1991. Relato dos testes de vigor disponíveis para as grandes culturas. (en línea). Informativo ABRATES. 1(2): 15-50. Consultado jun. 2018. Disponible en <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/444400/relato-dos-testes-de-vigor-disponiveis-para-as-grandes-culturas>
67. _____.; Gilioli, J. L.; Miranda, L. C. 1993. Produção de sementes nos cerrados. (en línea). In: Arantes, N. E.; Souza, P. I. de M. de eds. Cultura da soja nos cerrados. Piracicaba, POTAFOS. pp. 465-522. Consultado

feb. 2019. Disponible en <https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=ad&id=453387&biblioteca=CPAC&busca=autoria:%22GILIOLI,%20J.L.%22&qFacets=autoria:%22GILIOLI,%20J.L.%22&sort=&paginacao=t&paginaAtual=1>

68. _____.; França-Neto, J. de B.; Henning, A. A.; Costa, N. P. da. 2008. O controle de qualidade agregando valor à semente de soja - série sementes. (en línea). Londrina, EMBRAPA Soja. 12 p. (Circular técnica no. 54). Consultado 15 dic. 2018. Disponible en <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/466877/o-controle-de-qualidade-agregando-valor-a-semente-de-soja---serie-sementes>
69. _____.; _____.; Mesquita, C. M. 2015a. Kit medidor de sementes partidas de soja. (en línea). Londrina, EMBRAPA Soja. 12 p. Consultado 28 feb. 2019. Disponible en <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/125826/1/kit-medidor-sementes.pdf>
70. _____.; Henning, A. A.; França-Neto, J. de B.; Lorini, I.; Henning, F. A.; Gazziero D. L. P. 2015b. Tecnologias para produção de sementes de soja. (en línea). Londrina, EMBRAPA Soja. 31 p. Consultado 28 feb. 2019. Disponible en <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/117793/1/CATALOGO-SEMENTES-2015-OL1.pdf>
71. López, R.; Abello, A.; Carpane, P. s.f. Manejo de chinche en cultivos de maíz y soja. (en línea). Technology Development. 9 p. Consultado 25 may. 2019. Disponible en http://www.agroterra.com.uy/archivos/novedad_140_136_Manejo%20de%20Chinche%20en%20cultivos%20de%20Maiz%20y%20Soja.pdf
72. Marçal dos Santos. P.; Silva Reis, M.; Sedyama, T.; Fontes Araújo, F.; Cecon P. R.; dos Santos, M. R. 2005. Efeito da classificação por tamanho da semente de soja na sua qualidade fisiológica durante o armazenamento. (en línea). Acta Scientiarum Agronomy. 27(3): 395-402. Consultado 14 jul. 2018. Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/3030/303026559003.pdf>
73. Melo Torres, R.; Daiton Vieira, R.; Panobianco, M. 2004. Accelerated aging and seedling field emergence in soybean. (en línea). Scientia Agricola. 61(5): s.p. Consultado ago. 2018. Disponible en http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-90162004000500002
74. Mesquita, C. M.; Costa, N. P. da; Pereira, J. E.; Maurina, A. C.; Andrade, J. G. M. da. 2002. Perfil da colheita mecânica de soja no Brasil: safra

- 1998/1999. (en línea). Engenharia Agrícola. 22: 398-406. Consultado 27 feb. 2019. Disponible en <https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=pc&id=459489&biblioteca=vazio&busca=autoria:%22A.%22&qFacets=autoria:%22A.%22&sort=&paginacao=t&paginaAtual=5850>
75. Miner, F. D.; Wilson, T. H. 1966. Quality of stored soybean as affected by stink bug damage. Arkansas Agricultural Experiment Station. Arkansas Farm Research Journal. 15(2): 2-3.
76. Moratinos, H.; Peñaloza, M.; Flores, Z.; Avila, M.; González-Vera, A. 2017. Pureba topográfica por tetrazolio (TZ) en semillas de soja. (en línea). Revista Alcance. 73: 114-122. Consultado ene. 2019. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/322035954_Pueba_topografica_por_tetrazolio_TZ_en_semillas_de_soya_Topographic_tetrazolium_test_TZ_in_soybean_seeds
77. Moreano, T. B.; Brancchini, A. L.; Scapim, C. A.; Krzyzanowski, F. C.; França-Neto, J. B.; Marques, O. J. 2011. Changes in the effects of weathering and mechanical damage on soybean seed during storage. (en línea). Seed Science and Technology. 39: 604-611. Consultado ene. 2019. Disponible en <https://www.ingentaconnect.com/content/ista/sst/2011/00000039/0000000/art00007>
78. Morrison, M. J.; Xue, A. G. 2007. The influence of seed size on soybean yield in short-season regions. (en línea). Canadian Journal of Plant Science. 87: 89-91. Consultado 14 jun. 2018. Disponible en <http://www.nrcresearchpress.com/doi/pdf/10.4141/P05-209>
79. Mosavian, S. N.; Eshraghi-Nejad, M. 2013. The effects of seed size and salinity on seed germination characteristic in wheat (var. Chamran). (en línea). International Journal of Farming and Allied Sciences. 2(2): 1379-1383. Consultado 15 feb. 2019. Disponible en <http://ijfas.com/wp-content/uploads/2013/12/1379-1383.pdf>
80. Otero, A.; Claudio, G.; Capurro, M. C.; Grasso, D.; Montoya, F.; Pintos, F. 2018. Respuesta del cultivo de soja al riego: generalidades y aplicaciones. (en línea). Colonia, INIA. s.p. Consultado 15 may. 2019. Disponible en <http://inia.uy/Documentos/P%C3%BABlicos/INIA%20Las%20Brujas/Riego/Expo%20Prado%202018/INIA%20Riego%20Otero.pdf>

81. Pereira da Silva, R.; Marques da Silva e Silva, B.; Matos Barrozo, L.; Dossi Salum, J.; Silva Rosa, M.; Pereira Gomes, D. 2013. Perdas qualitativas na colheita mecanizada de sementes de soja. (en línea). *Semina Ciências Agrárias*. 34(2): 477-484. Consultado 14 jul. 2018. Disponible en <https://www.redalyc.org/html/4457/445744120001/>
82. Pinthus, M. J.; Kimel, U. 1979. Speed of germination as a criterion of seed vigor in soybeans. (en línea). *Crop Science*. 19: 291-292. Consultado 13 feb. 2019. Disponible en <https://dl.sciencesocieties.org/publications/cs/abstracts/19/2/CS0190020291>
83. Pinto, C. A. G.; Krzyzanowski, F. C.; França-Neto, J. de B.; Dourado-Neto, D.; Barboza da Silva, C.; Marcos-Filho, J. 2018. Relationship between size and physiological potential of soya bean seeds under variations in water availability. (en línea). *Seed Science and Technology*. 46(3): 497-510. Consultado 5 feb. 2019. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/328313984_Relationship_between_size_and_physiological_potential_of_soya_bean_seeds_under_variations_in_water_availability
84. Popinigis, F. 1973. Effects of the physiological quality of seed of field performance of soybeans (*Glycine max* (L.) Merrill) as affected by population density. Mississippi, Mississippi State University. 74 p.
85. Powell, A. A. 1995. The controlled deterioration test. In: Congress of the International Seed Testing Association (24th, 1995, Copenhagen). Seed vigour testing: contributions to a seminar. Zurich, ISTA. pp. 73-87.
86. Priestley, D. A.; Cullinan, V. I.; Wolfe, J. 1985. Differences in seed longevity at the species level. (en línea). *Plant, Cell and Environment*. 8: 557-562. Consultado feb. 2018. Disponible en <https://newt.phys.unsw.edu.au/~jw/reprints/Differences.pdf>
87. Rahman, M. M.; Hossain, M. M.; Anwar, M. P.; Juraimi, A. S. (2011). Plant density influence on yield and nutritional quality of soybean seed. (en línea). *Asian Journal of Plant Sciences*. 10(2): 125-132. Consultado 26 jul. 2018. Disponible en <http://docsdrive.com/pdfs/ansinet/ajps/2011/125-132.pdf>
88. Reynolds, M. P.; Pask, A. J. D.; Mullan, D. M.; Chávez-Dulanto, P. N. 2013. Fitomejoramiento fisiológico I: enfoques interdisciplinarios para mejorar la adaptación del cultivo. (en línea). México, D. F., CIMMYT. 174 p. Consultado 05 may. 2019. Disponible en <https://repository.cimmyt.org/bitstream/handle/10883/3207/97923.pdf?sequence=6&isAllowed=y>

89. Rojas, G. s.f. Gran dilema: semillas de mayor o de menor calibre. (en línea). Valparaíso, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. 4 p. Consultado 28 feb. 2019. Disponible en <http://ucv.altavoz.net/prontus/unidacad/site/artic/20131023/pags/20131023185151.html>
90. Rossi, C.; González, S. 2006. Problemas en la calidad de semillas de soja. (en línea). Revista INIA. no. 9: 34-36. Consultado 25 feb. 2018. Disponible en <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/861/1/111219220807170624.pdf>
91. Rovati, A.; Prado, C.; Escobar, E. s.f. Soja: efecto del estrés térmico e hídrico en la calidad de la semilla. (en línea). Tucumán, Argentina, Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres. 5 p. Consultado 28 feb. 2019. Disponible en <http://www.eeaoc.org.ar/upload/publicaciones/archivos/213/20120425173233000000.pdf>
92. Salinas, A. R.; Yoldjian, A. M.; Craviotto, R. M.; Bisaro, V. 2001. Pruebas de vigor y calidad fisiológica de semillas de soja. (en línea). Pesquisa Agropecuária Brasileira. 36(2): 371-379. Consultado 19 sep. 2018. Disponible en <http://www.scielo.br/pdf/pab/v36n2/a22v36n2.pdf>
93. Schuch, L. O. B.; Nedel, J. L.; de Assis, F. N.; de Souza Maia, M. 1999a. Crescimento em laboratório de plântulas de aveia-preta (*Avena strigosa* Schreb.) em função do vigor das sementes. (en línea). Journal of Seed Science. 21(1): 229-234. Consultado 25 jun. 2018. Disponible en <http://www.bibliotekevirtual.org/index.php/2013-02-07-03-02-35/2013-02-07-03-03-11/1004-rbs/v21n01/11063-crescimento-em-laboratorio-de-plantulas-de-aveia-preta-avena-strigosa-schreb-em-funcao-do-vigor-das-sementes.html>
94. _____. 1999b. Vigor das sementes e aspectos da fisiologia da produção em aveia preta (*Avena strigosa* Schreb). Pelotas, Brasil, Universidade Federal de Pelotas. Faculdade de Agronomia "Eliseu Maciel". 123 p.
95. _____.; Nedel, J. L.; de Assis, F. N.; de Souza Maia, M. 2000. Vigor de sementes e análise de crescimento de aveia preta. (en línea). Scientia Agricola. 57(2): 305-312. Consultado 6 feb. 2019. Disponible en <http://www.scielo.br/pdf/sa/v57n2/v57n2a18.pdf>
96. Shatters, J. R. G.; Abdelghanny A.; Olfat, E.; West, S. H. 1994. Soybean seed deterioration and response to osmotic priming: changes in specific enzyme activities in extracts from dry and germinated seeds. (en línea).

- Seed Science Research. 4(1): 33-41. Consultado 4 jun. 2018. Disponible en <https://www.cambridge.org/core/journals/seed-science-research/article/soybean-seed-deterioration-and-response-to-osmotic-priming-changes-in-specific-enzyme-activities-in-extracts-from-dry-and-germinating-seeds/273041B037364A94BC46EB7166328864>
97. Singh, C. B.; Dalal, M. A.; Singh, S. P. 1978. Genetic analysis of field germination in soybean (*Glycine max.* (L) merill.). (en línea). Theoretical and Applied Genetics. 52(4): 165-169. Consultado 14 feb. 2018. Disponible en <https://link.springer.com/article/10.1007/BF00282573>
98. Smith, T. J.; Camper, H. M. 1975. Effect of seed size on soybean performance. (en línea). Agronomy Journal. 67(5): 681-684. Consultado 16 feb. 2018. Disponible en <https://dl.sciencesocieties.org/publications/aj/abstracts/67/5/AJ0670050681?access=0&view=pdf>
99. Sung, F. J. M. 1992. Field emergence of edible soybean seeds differing in seed size and emergence strength. (en línea). Seed Science and Technology. 20: 527-532. Consultado mar. 2019. Disponible en <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=CH19930094688>
100. Tekrony, D. M.; Egil, D. B.; Phillips, A. D. 1980. Effect of field weathering on the viability and vigor of soybean seed. (en línea). Agronomy Journal. 72(5): 749-753. Consultado 11 sep. 2018. Disponible en <https://dl.sciencesocieties.org/publications/aj/abstracts/72/5/AJ0720050749?access=0&view=pdf>
101. Thomas, J. F.; Raper, C. D. 1983. Photoperiod and temperature regulation of floral initiation and anthesis in soya bean. (en línea). Annals of Botany. 51(4): 481-489. Consultado 14 may. 2019. Disponible en https://www.jstor.org/stable/42756616?seq=1#page_scan_tab_contents
102. Toledo, R. E. s.f. Fases de desarrollo del cultivo de soja. (en línea). Córdoba, Argentina, Universidad Nacional de Córdoba. 12 p. Consultado 28 feb. 2019. Disponible en http://agro.unc.edu.ar/~ceryol/documentos/soja/feno_soja.pdf
103. _____. 2018. Ecofisiología, rendimiento y calidad de soja. (en línea). Córdoba, Argentina, Universidad Nacional de Córdoba. 12 p. Consultado 16 may. 2019. Disponible en <http://www.agro.unc.edu.ar/~wpweb/cereales/wp-content/uploads/sites/31/2018/07/Ecofisiologia-rendimiento-y-calidad-en-soja-.pdf>

104. Tozzo, A. G.; Peske, T. 2008. Morphological characterization of fruits, seeds and seedlings of *pseudima frutescens* (aubl.) radlk. (sapindaceae) Physiological quality of commercial soybean seeds and farm-saved seeds. (en línea). *Revista Brasileira de Sementes*. 30(2): 12-18. Consultado 27 feb. 2019. Disponible en http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0101-31222008000200002&lng=en&nrm=iso&tlng=en
105. Vandamme, E.; Pypers, P.; Smolders, E.; Merckx, R. 2016. Seed weight affects shoot and root growth among and within soybean genotypes beyond the seedling stage: implications for low P tolerance screening. (en línea). *Plant Soil*. 401: 65-78. Consultado 7 feb. 2019. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/279862027_Seed_weight_affects_shoot_and_root_growth_among_and_within_soybean_genotypes_beyond_the_seedling_stage_implications_for_low_P_tolerance_screening
106. Wahab, A. H.; Burris, J. S. 1971. Physiological and chemical differences in low- and high-quality soybean seeds. (en línea). *Proceedings of the Association of Official Seed Analysts*. 61: 58-67. Consultado 20 jun. 2018. Disponible en https://www.jstor.org/stable/23432418?read-now=1&seq=1#metadata_info_tab_contents
107. Wen, D.; Hou, H.; Meng, A.; Meng, J.; Xie, L.; Zhang, C. 2018. Rapid evaluation of seed vigor by the absolute content of protein in seed within the same crop. (en línea). *Nature. Scientific Reports*. 8(1): 5569. Consultado 18 sep. 2018. Disponible en <https://www.nature.com/articles/s41598-018-23909-y.pdf>
108. Willenborg, C. J.; Wildeman, J. C.; Miller, A. K.; Rossnagel, B. G. 2005. Oat germination characteristics differ among genotypes, seed sizes, and osmotic potentials. (en línea). *Crop Science*. 45(5): 2023-2029. Consultado 25 feb. 2019. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/242165011_Oat_Germination_Characteristics_Differ_among_Genotypes_Seed_Sizes_and_Osmotic_Potentials
109. Young, Z. 2017. Natural air drying and storage of soybean seed and implications on germination rates, vigor, and oil quality. Tesis Master of Science in Food Science. Fayetteville, Arkansas. University of Arkansas. 47 p.

110. Zajac, C. C.; Vallejos, A. G.; Galantini, J. A.; Zajac, E. E. s.f. Análisis del rendimiento en trigo mediante mapas de rendimiento y el NDVI en el so bonaerense. (en línea). Bahía Blanca, Universidad Nacional del Sur. pp. 161-168. Consultado 05 may. 2019. Disponible en <https://docplayer.es/60830807-Analisis-del-rendimiento-en-trigo-mediante-mapas-de-rendimiento-y-el-ndvi-en-el-so-bonaerense.html>
111. _____.; Shah, O.; Khan, H.; Nigar, S.; Perveen, S.; Shah, M. K.; Amanullah; Khalil, S. K.; Munir, S.; Zubair, M. 2011. Seed quality and vigor of soybean cultivars as influenced by canopy temperature. (en línea). Pakistan Journal of Botany. 43(1): 643-648. Consultado 13 ene. 2018. Disponible en [http://www.pakbs.org/pjbot/PDFs/43\(1\)/PJB43\(1\)643.pdf](http://www.pakbs.org/pjbot/PDFs/43(1)/PJB43(1)643.pdf)

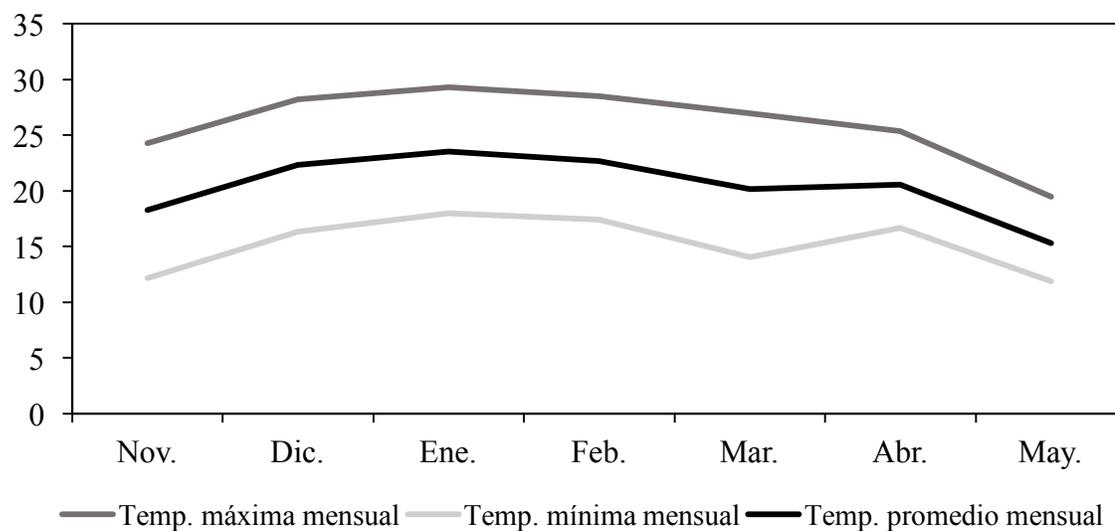
10. ANEXOS

Figura No. 1. Temperatura mínima, máxima y promedio mensual para el período en estudio (nov. 2017 – may. 2018).

Fuente: adaptado de INIA. GRAS (2018).

10.1. EXPERIMENTO No. 1

Cuadro No. 1. Conteo de plantas (en metros cuadrados) en implantación (días 10, 15, 24 post siembra) y a cosecha del experimento 1a (secano) para el cultivar GE 5601 según poder germinativo, diferenciadas por estadios fenológicos.

DÍA	PG (%)	COT	UN	HT1	HT2	HT3	HT4	TOTAL
10	87	11	29	-	-	-	-	40
	94	13	39	-	-	-	-	53
		ns	***	-	-	-	-	****
15	87	2	9	31	-	-	-	42
	94	1	11	41	-	-	-	54
		ns	ns	***	-	-	-	****
24	87	-	0	2	24	13	2	42
	94	-	0	2	31	13	3	52
		-	ns	ns	***	ns	ns	****
Cosecha	87							32
	94							39 ***

Significancia: (*), $p < 0,07$; (**), $p < 0,05$; (***), $p < 0,01$; (****), $p < 0,0001$; (ns), no significativo.
PG= poder germinativo, COT= plantas en estado de cotiledón, UN= plantas con primera hoja unifoliada, HT1= plantas con una hoja trifoliada, HT2= plantas con dos hojas trifoliadas, HT3= plantas con tres hojas trifoliada, HT4= plantas con cuatro hojas trifoliadas.

Cuadro No. 2. Conteo de plantas (en metros cuadrados) en implantación (días 10, 15, 24 post siembra) y cosecha del experimento 1b (riego) para el cultivar GE 5601 según poder germinativo, diferenciadas por estadios fenológicos.

DÍA	PG (%)	COT	UN	HT1	HT2	HT3	HT4	TOTAL
10	87	9	35	-	-	-	-	45
	94	7	37	-	-	-	-	44
		ns	ns	-	-	-	-	ns
15	87	1	11	33	-	-	-	46
	94	1	9	43	-	-	-	52
		ns	ns	****	-	-	-	**
24	87	-	1	8	28	5	2	45
	94	-	0	6	36	7	4	54
		-	ns	ns	***	ns	*	***
Cosecha	87							33
	94							40 ****

Significancia: (*), $p < 0,07$; (**), $p < 0,05$; (***), $p < 0,01$; (****), $p < 0,0001$; (ns), no significativo.

PG= poder germinativo, COT= plantas en estado de cotiledón, UN= plantas con primera hoja unifoliada, HT1= plantas con una hoja trifoliada, HT2= plantas con dos hojas trifoliadas, HT3= plantas con tres hojas trifoliada, HT4= plantas con cuatro hojas trifoliadas.

Cuadro No. 3. Conteo de plantas (en metros cuadrados) en implantación (días 10, 15, 24 post siembra) y a cosecha del experimento 1a (secano) para el cutivar NS 6248 según poder germinativo, diferenciadas por estadios fenológicos.

DÍA	PG (%)	COT	UN	HT1	HT2	HT3	HT4	TOTAL
10	78	18	27	-	-	-	-	45
	84	16	23	-	-	-	-	39
		ns	ns	-	-	-	-	**
15	78	2	15	28	-	-	-	47
	84	2	17	21	-	-	-	41
		ns	ns	***	-	-	-	***
24	78	-	0	3	35	7	1	46
	84	-	0	3	31	6	1	41
		-	ns	ns	ns	ns	ns	***
Cosecha	78							36
	84							31

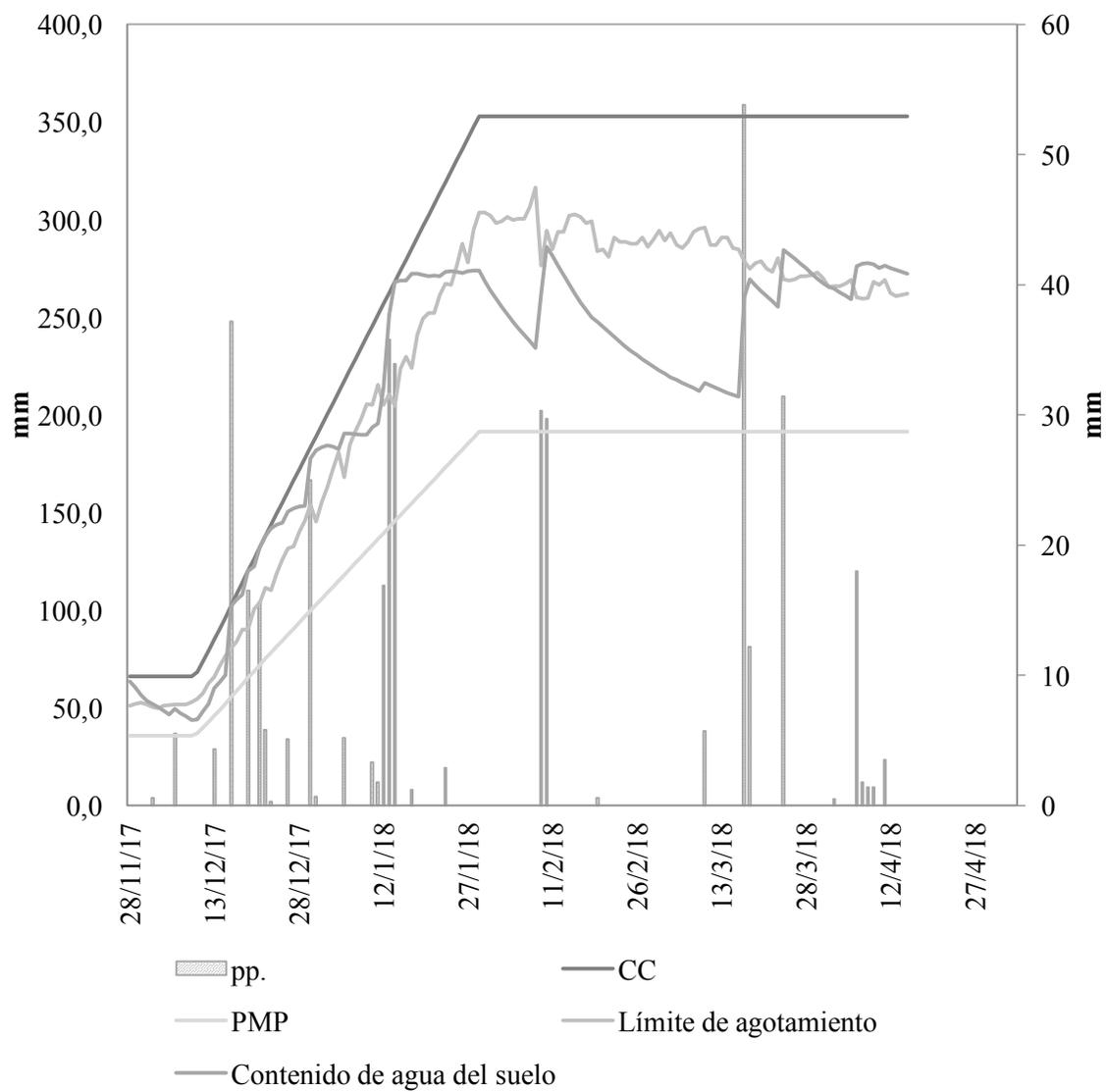
Significancia: (*), $p < 0,07$; (**), $p < 0,05$; (***), $p < 0,01$; (****), $p < 0,0001$; (ns), no significativo.

PG= poder germinativo, COT= plantas en estado de cotiledón, UN= plantas con primera hoja unifoliada, HT1= plantas con una hoja trifoliada, HT2= plantas con dos hojas trifoliadas, HT3= plantas con tres hojas trifoliada, HT4= plantas con cuatro hojas trifoliadas.

Cuadro No. 4. Conteo de plantas (en metros cuadrados) en implantación (días 10, 15, 24 post siembra) y cosecha del experimento 1b (riego) para el cultivar NS 6248 según poder germinativo, diferenciadas por estadios fenológicos.

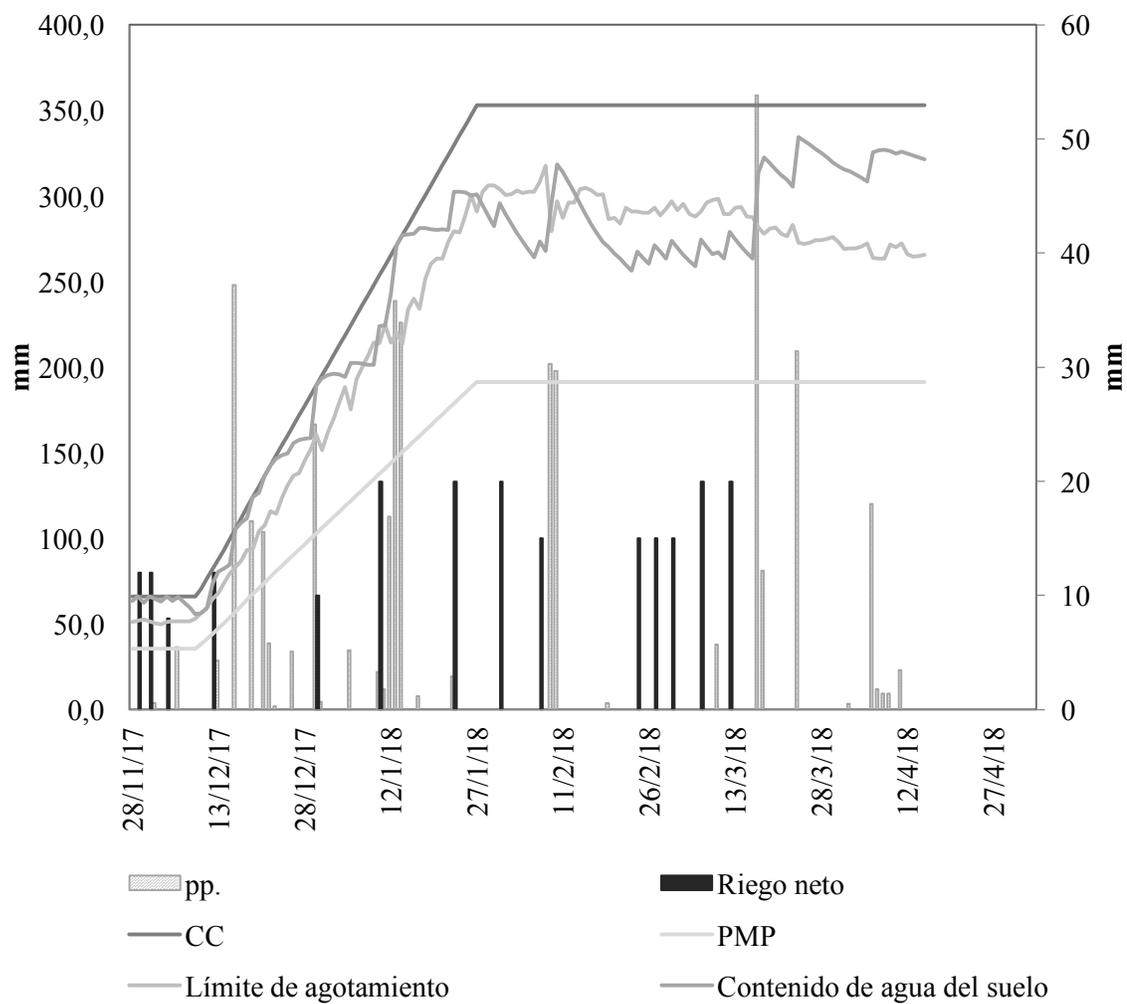
DÍA	PG (%)	COT	UN	HT1	HT2	HT3	HT4	TOTAL
	78	7	22	-	-	-	-	30
10	84	11	19	-	-	-	-	30
		ns	ns	-	-	-	-	ns
	78	2	17	25	-	-	-	45
15	84	2	18	22	-	-	-	41
		ns	ns	**	-	-	-	ns
	78	-	0	16	26	1	0	44
24	84	-	1	14	24	1	0	41
		-	ns	ns	ns	ns	ns	*
	78							35
Cosecha	84							31

Significancia: (*), $p < 0,07$; (**), $p < 0,05$; (***), $p < 0,01$; (****), $p < 0,0001$; (ns), no significativo.
 PG= poder germinativo, diferenciada en las siguientes categorías: COT= plantas en estado de cotiledón, UN= plantas con primera hoja unifoliada, HT1= plantas con una hoja trifoliada, HT2= plantas con dos hojas trifoliadas, HT3= plantas con tres hojas trifoliada, HT4= plantas con cuatro hojas trifoliadas.



PMP= punto de marchitez permanente, CC= capacidad de campo, pp.= precipitaciones.

Figura No. 2. Balance hídrico del experimento 1a (condiciones de sequo).



PMP= punto de marchitez permanente, CC= capacidad de campo, pp.= precipitaciones.

Figura No. 3. Balance hídrico del experimento 1b (condiciones de riego).

10.2. EXPERIMENTO No. 2

Cuadro No. 5. Determinación de distintas variables mediante el test de vigor por tetrazolio, expresadas como porcentaje de semillas, para dos lotes de diferente poder germinativo (cultivar de soja Agrt 5815) y cada calibre dentro del lote.

PG	CALIBRE	VIG	VIAB	VA	VM	VB	LC	NV	CAT	DM	AMB	CH	GE
ALTA	G	73	79	3	27	43	6	20	Medio	21	80	-	-
	M	76	85	2	32	42	8	14	Alto	17	84	-	-
	C	67	80	1	29	36	13	19	Medio	18	84	-	-
	SC	70	83	3	28	39	13	15	Medio	37	60	-	-
BAJA	G	50	74	1	20	29	24	25	Bajo	23	78	-	-
	M	38	66	0	12	26	28	33	Muy bajo	38	78	-	-
	C	52	68	4	25	24	16	30	Bajo	46	63	-	-
	SC	60	74	4	18	38	14	24	Bajo	60	62	-	-

VIG= vigor, VIAB= viabilidad, VA= vigor alto, VM= vigor medio, VB= vigor bajo, LC= límite crítico, NV= no viables, CAT= categorías de vigor (muy alto: $\geq 85\%$; alto: 75-84%; medio: 60-74%; bajo: 50-59%; muy bajo: $\leq 49\%$; França-Neto et al., 1998), DM= daño mecánico, AMB= daño ambiental, CH= daño por chinches en grano, GE= daño genético, PG= poder germinativo, G= calibre grande, M= calibre medio, C= calibre chico, SC= sin calibrar.

Cuadro No. 6. Conteo de plantas de soja (cultivar Agrt 5815) a los 7, 11, 20 días post siembra y a cosecha, clasificado para cada fecha según estadio, para cada calibre del lote de alto poder germinativo.

Lote (PG)	DÍA	CALIBRE	COT	UN	HT1	HT2	TOTAL
ALTO	7	G	38	-	-	-	38
		M	36	-	-	-	36
		C	28	-	-	-	28
		SC	35	-	-	-	35
	11	G	4	52	-	-	56
		M	4	52	-	-	56
		C	7	41	-	-	48
		SC	5	50	-	-	55
	20	G	1	1	41	13	56
		M	1	2	43	9	55
		C	1	5	39	5	50
		SC	0	3	40	8	55
	Cosecha	G	-	-	-	-	42
		M	-	-	-	-	42
		C	-	-	-	-	37
		SC	-	-	-	-	42
BAJO	7	G	28	-	-	-	28
		M	32	-	-	-	32
		C	22	-	-	-	22
		SC	21	-	-	-	21
	11	G	4	40	-	-	45
		M	7	48	-	-	56
		C	5	37	-	-	42
		SC	6	35	-	-	41
	20	G	1	3	32	8	44
		M	1	3	43	8	56
		C	1	5	32	3	43
		SC	1	3	30	4	38
	Cosecha	G	-	-	-	-	36
		M	-	-	-	-	44
		C	-	-	-	-	34
		SC	-	-	-	-	27

COT= número de plántulas en estado de cotiledón, UN= plántulas con primer hoja unifoliada, HT1y HT2= plántulas con una y dos hojas trifoliadas, TOT= plantas totales, G= calibre grande, M= calibre medio, C= calibre chico, SC= sin calibrar, PG= poder germinativo, DPS= días post siembra.

Cuadro No. 7. Rendimiento de grano y componentes de rendimiento para el cultivar de soja Agrt 5815, en dos lotes de poder germinativo, diferenciado por los calibres evaluados.

PG	Calibre	Rend.	PMG	V1g	V2g	V3g	NG	Vch	Vtot	R	NTP	NR
ALTA	G	5500	162,3	4	14	16	79	2	35	9	14	11
	M	5950	165,9	4	15	18	86	2	39	9	14	10
	C	5107	159,1	3	16	20	96	3	43	10	14	14
	SC	5248	160,1	3	15	17	86	3	39	8	14	13
BAJA	G	5507	159,6	4	17	22	103	3	46	10	14	14
	M	4961	156,8	3	13	16	77	2	34	7	13	10
	C	4629	155,2	4	17	24	111	3	48	9	14	14
	SC	4815	157,8	4	17	24	110	7	52	11	14	18

Rend.= Rendimiento de grano (kg/ha), PMG= peso de 1000 granos (g), Vtot= número de vainas totales por planta, V1g, V2g, V3g y V4g= número de vainas con 1, 2, 3 y 4 granos por planta, NG= número de granos totales por planta, Vch= número de vainas chuzas por planta, R= número de ramas totales por planta, NTP= número de nudos en tallo principal, NR= número de nudos en las ramas, PG= poder germinativo, G= calibre grande, M= calibre medio, C= calibre chico, SC= sin calibrar.