



UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA

“Proyecto de Trabajo Final presentado para optar al Grado
de Ingeniero Agrónomo”

Modalidad: Proyecto

CALIDAD FISIOLÓGICA DE SEMILLAS DE GENOTIPOS DE
SOJA (*Glycine max (L.) Merrill*)
SEGÚN CONDICIONES AMBIENTALES DE LA PLANTA MADRE

Diego Klimkeit

D.N.I.: 35.645.033

Directora: Ing. Agr. Dra. Elena M. Fernández

Co-Director: Ing. Agr. MSc Guillermo A. Cerioni

Río Cuarto- Córdoba

Noviembre 2016

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA

CERTIFICADO DE APROBACIÓN

**Título del trabajo final: CALIDAD FISIOLÓGICA DE SEMILLAS DE GENOTIPOS DE
SOJA (Glycine max (L.) Merrill)
SEGÚN CONDICIONES AMBIENTALES DE LA PLANTA MADRE**

Autor: Diego KLIMKEIT

DNI: 35.645.033

Director: Ing. Agr. Dra. Elena M. FERNÁNDEZ

Co-Director: Ing. Agr. MSc Guillermo A. CERIONI

Aprobado y Corregido de acuerdo con las sugerencias de Comisión Evaluadora:

Fecha de presentación: ____/_____/_____

Aprobado por Secretaría Académica: ____/_____/_____

AGRADECIMIENTOS

A MI MADRE RUTH

Por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.

A MI PADRE CRISTIAN

Por los ejemplos de perseverancia y constancia que lo caracterizan y que me ha infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante y por su amor.

A MIS PROFESORES

Ing. Agr. Dr. FERNANDEZ Elena por su gran apoyo y motivación para la culminación de nuestros estudios profesionales y para la elaboración de esta tesis; al Ing. Agr. Federico D. MORLA por su apoyo ofrecido en este trabajo.

A MIS AMIGOS.

Que nos apoyamos mutuamente en nuestra formación profesional: Javier Alcorta, Federico Maine Soria, Daniela Baez, Verónica Perez, Gustavo Bertolone, Matías Manavella, Bernardo López Sauque por haberme ayudado a realizar este trabajo.

ÍNDICE DEL TEXTO

ÍNDICE DEL TEXTO	III
ÍNDICE DE CUADROS	IV
ÍNDICE DE FIGURAS	V
RESUMEN	VI
SUMMARY	VII
INTRODUCCIÓN	1
HIPÓTESIS	7
OBJETIVO GENERAL	7
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	7
MATERIALE Y MÉTODO	8
DETERMINACIONES Y/O REGISTROS	9
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	10
CONCLUSIÓN	27
BIBLIOGRAFÍA CITADA	28
BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA	31

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Características de los genotipos y fecha de cosecha de cada Genotipo.....	8
Cuadro 2: Duración de las etapas fenológicas, precipitación, días con temperatura mayor a 32 °C y suma térmica	12
Cuadro 3: Plántulas anormales en Test de Frío según Condición Hídrica con Genotipo	19
Cuadro 4: Clases en Test de Tetrazolio según Condición Hídrica con Genotipo	21
Cuadro 5: PG, Vigor y semillas no viables en Test de Tetrazolio según Condición Hídrica con Genotipo.....	22
Cuadro 6: Semillas asintomáticas según Condición Hídrica	22
Cuadro 7: Semillas asintomáticas según genotipo.....	22
Cuadro 8: Semillas infectadas por diferentes Hongos según Condición Hídrica con Genotipo.....	24

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Temperatura máxima y mínima del aire y las precipitaciones registradas diariamente durante el período noviembre 2014 - abril 2015 y estadios fenológicos de tres cultivares de soja	10
Figura 2: Valores de lluvia decádicos (mm) durante la estación de crecimiento 2014/15 y el periodo 1977-2006	11
Figura 3: Peso de 1000 semillas según Condición hídrica y Genotipo	13
Figura 4: Poder germinativo (TPG) según Condición hídrica y Genotipo	14
Figura 5: Energía germinativa (TPG) según Condición hídrica y Genotipo	15
Figura 6: Plántulas vigorosas (TPG) según Condición hídrica y Genotipo	15
Figura 7: Plántulas Anormales (TPG) según Condición hídrica y Genotipo	16
Figura 8: Semillas muertas (TPG) según Condición hídrica y Genotipo	16
Figura 9: Poder Germinativo, Plántulas Anormales y Semillas muertas en Envejecimiento acelerado según Genotipo	17
Figura 10: Plántulas Anormales en Envejecimiento Acelerado según Genotipo	18
Figura 11: Poder Germinativo y Plántulas vigorosas en Test de Frío según Condición hídrica y Genotipo	19
Figura 12: Semillas muertas en Test de Frío según Condición hídrica y Genotipo	20
Figura 13: Conductividad Eléctrica según Condición Hídrica con Genotipo	20
Figura 14: Semillas Asintomáticas, con presencia de Hongos y presencia de Bacterias en Blotter test según Condición hídrica y Genotipo.....	23
Figura 15: Emergencia a campo final según Condición hídrica y Genotipo.....	25
Figura 16: Evolución de la Emergencia a campo en días según Condición hídrica y Genotipo.....	25

RESUMEN

La evaluación del potencial fisiológico de las semillas es un componente fundamental del control de calidad ya que permite garantizar un nivel satisfactorio en el desempeño de las semillas. El objetivo del trabajo fue evaluar la calidad fisiológica de semillas de cultivares de soja, que se desarrollaron en condiciones diferentes de disponibilidad de agua de la planta madre. Se utilizaron semillas de soja de cultivares implantados en Río Cuarto (CAMDOCEX, FAV – UNRC), en el ciclo agrícola 2014-2015. Los tratamientos fueron los cultivares con 3 niveles de madurez GM III (3312 DM); GM IV (4612 DM); GM V (FN 5,5) y la disponibilidad de agua durante el ciclo de los cultivos con dos niveles: con riego y sin riego. En el campo se evaluó la emergencia y en laboratorio la calidad fisiológica a partir del poder germinativo y el vigor mediante el test de frío, envejecimiento acelerado, conductividad eléctrica, test de tetrazolio y evaluación de plántulas; además se determinó el nivel de infestación fúngica utilizando blotter test. Las condiciones ambientales como elevada temperatura diurna, estrés o déficit hídrico modifican a la calidad fisiológica de la semilla de soja en el periodo de llenado del grano, con diferencias en los genotipos.

Palabras claves: *Glycine max*, germinación, vigor, sanidad, ambiente.

SUMMARY

The evaluation of the physiological potential of seeds is a fundamental component of quality control of seeds as possible to ensure a satisfactory level of performance seeds. The purpose of this work was to assess the physiological quality of seeds of soybean cultivars developed in different water availability conditions of the mother plant. Soybean seeds implanted was used in Río Cuarto, in the agricultural cycle 2014-2015. The treatments were cultivars with 3 levels GM III (3312 DM); GM IV (4612 DM); GM V (FN 5.5) and water availability during the crop cycle with two levels: one without irrigation. On the field was assessed the emergence and in the laboratory was assessed the physiological quality from the germination percentage and vigor by the cold test, ageing accelerated, electrical conductivity, and assessment of seedlings. Besides, it was tested the fungal infection using blotter test.

Environmental conditions such as high daytime temperatures, water deficit stress or modify the physiological quality of soybean in the grain filling period, with differences in genotypes.

Key words: Glycine max, germination, vigor, seed health testing .

INTRODUCCIÓN

La soja pertenece a la familia Fabaceae, subfamilia Papilionoideas, la especie de la forma cultivada es *Glycine max* (L.) Merrill. Su origen e historia temprana son inciertos y aún hoy existen dudas sobre la autenticidad de las primeras descripciones del cultivo (Hymowitz y Shurtleff, 2005). En general, se acepta que es originaria de Asia, especialmente de las regiones del norte y central de China. De allí fue llevada a otros países orientales en los primeros siglos de nuestra era e introducida en Europa entre los siglos XVIII y XIX. Las primeras citas en EE.UU. de América datan de 1829 y en la Argentina, si bien existen citas anteriores, recién en la década del '60 comenzó a expandirse como cultivo. En la actualidad, se encuentra distribuida en todo el mundo, siendo un cultivo de importancia en todos aquellos países donde las temperaturas permiten su crecimiento. Es la oleaginosa de mayor producción y consumo mundial (Wilcox, 2004; De La Fuente *et al.*, 2006.).

En Argentina, entre el 2009 y el 2013 la superficie sembrada creció aproximadamente a un 11%, durante ese último año ya ocupaba la impresionante cifra de 20 millones de hectáreas. Considerando que Argentina tiene 34 millones de hectáreas sembradas con diferentes especies, se deduce que casi el 60% de la superficie está sembrada con soja. En el año 2013 el complejo sojero alcanzó un record de hectáreas sembradas con soja, como mencionamos anteriormente, de alrededor de 20 millones de hectáreas. Este escenario, acompañado por el clima, produjo una cosecha de la leguminosa (la segunda más importante de la historia Argentina) de 49,3 millones de toneladas, un 23% más que el año 2012 (Strada y Vila, 2014).

El importante incremento en la producción, así como también en la expansión del cultivo de soja, es consecuencia de una situación favorable de precios internacionales acompañada por la difusión de nuevos cultivares con altos rendimientos potenciales para zonas de producción con diversas condiciones ambientales. Sin embargo, los granos/semillas de soja no siempre se producen bajo condiciones ambientales favorables, viéndose afectado negativamente el rendimiento y/o la calidad de la producción cuando se manifiestan diversos tipos de estrés ambiental durante el ciclo total del cultivo (Gallo, 2008).

En el manejo del cultivo de soja, es muy importante la elección de los grupos de madurez (GM) que se van a utilizar. Para cada latitud se pueden elegir distintos GM según su adaptación a la zona. En el centro de nuestro país se emplean mayormente los GM III, GM IV, GM V y GM VI, hacia el sur del país GM II, GM III, GM IV y GM V corto, y el norte GM V largo, GM VI, GM VII y GM VIII (Giorda y Baigorri, 1997).

La combinación de fecha de siembra (FS) y GM determina la duración total del ciclo del cultivo así como la duración de las distintas etapas del mismo. Ciclos más largos permiten una mayor intercepción de radiación, y por ende, una mayor acumulación de biomasa que pueda dar lugar a incrementos de rendimiento. Sin embargo, aunque esto no siempre ocurre, ya que el índice de cosecha puede modificarse

dependiendo de la disponibilidad de recursos durante la etapa crítica de definición del rendimiento (De la Vega y De la Fuente, 2003).

Cabe destacar, que en la Región Pampeana se pueden generar periodos de estrés hídrico durante cualquier momento del ciclo debido a la variabilidad de las precipitaciones, tanto en su distribución como en las cantidades anuales (Dardanelli *et al.*, 2003). Debido a que el momento de ocurrencia de las etapas reproductivas críticas para la definición del rendimiento varía según la combinación de FS y GM, el rendimiento se verá afectado o no, si en dichos momentos se producen periodos de estrés hídrico (Murgio *et al.*, 2015).

En cualquier actividad productiva, la calidad de los insumos es determinante del rendimiento y la calidad final del producto. Aunque en el caso particular de las semillas, no es fácil cuantificar la participación de la calidad de las semillas en el rendimiento final del cultivo, debido a la cantidad de aspectos agronómicos y ambientales involucrados, resulta evidente que tiene una importante influencia sobre la producción económica de todos los cultivos (Roca, 2003).

La calidad de la semilla, insumo básico de cualquier producción agrícola, es un factor clave en el establecimiento de un stand de plantas sano y homogéneo, paso crítico en la producción de un cultivo exitoso. Si no se parte de un buen stand de plantas, será difícil sacar provecho del potencial de la variedad elegida (Roca, 2003).

La evaluación del potencial fisiológico de las semillas es un componente fundamental del control de calidad de las simientes ya que permite garantizar un nivel satisfactorio en el desempeño de las semillas. Sin embargo, la determinación de la calidad fisiológica de las semillas no es una tarea sencilla de realizar ya que requiere del uso de varias pruebas, que en su conjunto, permiten conocer el estado fisiológico de las simientes, e inferir la capacidad de las semillas de germinar y originar una plántula normal, así como también permiten conocer la performance de las simientes frente a diversas condiciones ambientales (Gallo, 2008).

Entre las pruebas de laboratorio más empleadas en el control de la calidad de semillas se encuentra la Prueba de Germinación Estándar o Test Patrón de Germinación (TPG), cuyo principal objetivo es determinar el máximo potencial de germinación de un lote de semillas. Esta prueba es el principal test aceptado internacionalmente para la determinación de la viabilidad de las semillas y, además se caracteriza por emplear una metodología estandarizada de alta reproducibilidad, generando resultados que proveen información confiable sobre el potencial de germinación de un lote de semillas bajo condiciones óptimas de temperatura y humedad (Hampton y Tekrony, 1995; Gallo, 2008).

Las asociaciones de analistas de semillas a nivel internacional han definido el vigor de diferentes formas. Para el *International Rules for Seed Testing* (ISTA, 2008) el “Vigor es la suma de aquellas propiedades que determinan la actividad y el comportamiento de un lote de semillas -de aceptable valor de

germinación- en un amplio rango de condiciones ambientales”. Para la *Association of Official Seed Analysts* (AOSA) el “Vigor de semillas comprende aquellas propiedades que determinan el potencial para una emergencia rápida y uniforme y para el desenvolvimiento de plántulas normales bajo una amplia gama de condiciones ambientales” (Vieira y Carvalho, 1994).

Esta cualidad sumamente compleja está determinada por muchos factores intrínsecos, entre los cuales, según Peretti (1994) se han reconocido, entre los más importantes los siguientes:

- * constitución genética: el genotipo de la semilla establece su máximo potencial fisiológico;
- * condiciones ambientales y nutrición de la planta madre: éstas influyen en el peso, tamaño y densidad de las semillas;
- * estado de madurez a la cosecha: es en el estado de madurez fisiológica en el que la semilla alcanza la máxima expresión potencial de su vigor, que se manifiesta también en el tamaño, peso y densidad de semillas;
- * integridad física: el vigor de las semillas es inversamente proporcional al grado de daño mecánico; las fisuras y daños en la capa seminal son puertas de entrada de agentes patógenos;
- * deterioro y envejecimiento: desde el momento de alcanzar la madurez fisiológica, las semillas empiezan a envejecer, aún permaneciendo en la planta madre. El deterioro sigue irreversiblemente hasta la muerte de todas las células. La tasa de deterioro, que incluye pérdida de vigor y por último de capacidad germinativa, está determinada por el genotipo, por las circunstancias que acompañan la formación de la semilla y los factores externos involucrados en su manejo (cosecha y postcosecha);
- * presencia de patógenos: pueden alojarse en el interior de las semillas, habiendo desarrollado en la planta madre o pueden ingresar a ellas después de su formación.

Algunos de los test empleados para evaluar el vigor en las semillas se describen a continuación:

Test de envejecimiento acelerado (EA): el principio de este test es la imbibición a alta temperatura y humedad relativa, durante el proceso de germinación. La realización de este test en la post cosecha inmediata sirve para determinar las diferencias de vigor entre lotes, definir destinos en el tipo de almacenamiento, verificar la necesidad de prelimpieza y/o curado en almacenaje prolongado. También, permite estimar el potencial de almacenamiento y predecir la posible emergencia por comparación con el poder germinativo en condiciones adversas de campo (Hampton y Te Krony, 1995).

Los lotes de semillas que presenten una germinación después del envejecimiento acelerado, superior al 80%, podrían ser clasificadas como de alto vigor, entre 60-80% como vigor medio, y menores de 60%, como de bajo vigor (Hampton y Te Krony, 1995; Salinas *et al*, 2001).

Conductividad eléctrica (CE): la técnica implementada utiliza el principio de conductividad eléctrica de los electrolitos en solución. El fundamento del método, utilizado en soja, es que aquella semilla que presenta alteraciones de diverso origen en sus estructuras, una vez sumergida en agua deionizada sufre una pérdida mayor de elementos químicos de distinta naturaleza que las semillas en buenas condiciones físicas y sin alteraciones (Hampton y Te Krony, 1995).

Powell (1988) consideró que la integridad de las membranas celulares determinada por los cambios bioquímicos deteriorativos y la capacidad para reorganizar y reparar daños, puede ser considerada la causa fundamental de las diferencias en el vigor de las semillas, que son medidas en forma indirecta a través de la lixiviación de electrolitos durante la prueba de conductividad eléctrica. Los lotes de semillas que muestran una elevada germinación en laboratorio, pero liberan grandes cantidades de electrolitos, luego de la inmersión en agua, son considerados de bajo vigor, presentando el lote de semillas un bajo desempeño en condiciones de estrés. Contrariamente, lotes con una alta germinación y baja liberación de electrolitos son considerados de alto vigor y con mejor capacidad para soportar condiciones de estrés (Salinas *et al.*, 2001).

Vieira *et al.* (2004) determinaron que valores superiores a $110 \mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$ no pueden ser usadas para la siembra, inclusive si existe probabilidad de estrés hídrico durante la emergencia no deberían superar los $90 \mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$.

Test de frío (TF): el principio de este test es la imbibición a baja temperatura, durante el proceso de germinación. Esta técnica es muy útil como complemento del test patrón de germinación, ya que permite realizar estimaciones de emergencia y/o resistencia a condiciones de bajas temperaturas como las que predominan durante las siembras tempranas de soja. Es además, un buen indicador de niveles de vigor entre lotes (Hampton y Te Krony, 1995). Según Casini *et al.* (1997), un lote de semillas de soja con valores entre 76-80% del test de frío puede ser considerado de “muy buena” calidad.

Tetrazolio (TZ): Estima la viabilidad de las semillas basado en la alteración de la coloración de tejidos vivos en presencia de una sal de tetrazolio. Esa alteración del color, refleja la actividad de los sistemas enzimáticos específicos, como así también la localización y la naturaleza de los disturbios íntimamente ligados a la viabilidad de las semillas. Con este test no se identifican las semillas durmientes, sólo tejido vivo (França Neto *et al.*, 1998).

Además, otras medidas de vigor pueden ser registradas en del TPG evaluando la energía germinativa (EG) -que es el primer conteo- y las plántulas normales vigorosas (Nakagawa, 1999; ISTA, 2010).

La calidad de la semilla depende tanto de las características particulares de la variedad (genética), como de su historia (condiciones de cultivo, cosecha y almacenamiento) (Casini *et al.*, 1997); de ahí la

importancia tanto de conocer el origen genético de la semilla a multiplicar como de tomar los recaudos necesarios durante la producción y almacenamiento (Roca, 2003).

Las semillas de soja son muy susceptibles a las condiciones ambientales y al manejo, durante y luego de la cosecha, pudiendo verse afectada su calidad fisiológica. Estas características obligaron al desarrollo de métodos confiables para evaluar rápida y eficientemente su calidad (Gallo, 2008).

Las cualidades y propiedades físicas y fisiológicas de las estructuras seminales dependen de la interacción que se produce con el ambiente y los factores bióticos durante el proceso de crecimiento y desarrollo de la semilla. Entre los factores bióticos, las enfermedades provocadas por hongos, bacterias o insectos afectan negativamente la calidad, indistintamente si el destino es simiente o grano. Al daño físico provocado por los insectos se debe agregar el daño colateral, debido a la transmisión de enfermedades. El daño ocasionado a la semilla es de naturaleza física y fisiológica. Los tegumentos, cotiledones y eje embrionario son afectados en sus propiedades hasta el punto de no poder cumplir con las funciones esenciales (Craviotto *et al.*, 2002).

Las temperaturas superiores a 32 °C, acompañadas con períodos prolongados de déficit hídrico en el suelo durante el llenado de las semillas, son condiciones ambientales que pueden provocar desbalances fisiológicos en las plantas de soja (Wiebold, 2009). Durante la formación de las semillas, los tejidos de las vainas y del tegumento de las simientes se contraen y elongan como resultado de fluctuaciones de humedad y temperatura que ocurren durante todo el día (Arango *et al.*, 2006). Este proceso de hidratación y deshidratación que se produce en las estructuras seminales, origina daños denominados ambientales que afectan a la calidad fisiológica (Gallo *et al.*, 2012).

Existe información sobre el efecto de prácticas de manejo sobre la calidad fisiológica de las semillas de cultivos de soja que han crecido en diferentes condiciones ambientales de Córdoba, tales como fecha de siembra (Cagnolo, 2011; Guzman, 2012), genotipos de diferentes GM (Cagnolo, 2011; Guzman, 2012), fertilización en Corral de Bustos (Buffa, 2007), aplicación de fungicidas (Busso, 2006) y sistema de cosecha (De Giorgi, 2013) en la calidad de la semillas de soja sembradas en dos FS y genotipos (GM IV intermedio y GM VI intermedio);

En relación a la FS y genotipos, Cagnolo (2011), en Bell Ville – Cba., observó diferencias entre FS (10/11 y 07/12) en el TPG y el vigor (EG, Plántulas vigorosas, TF, EA y CE) y entre genotipos diferencias de vigor. Por su parte, Guzmán (2012), en Monte Buey, no observó diferencias en el TPG de semillas soja provenientes de siembras de dos fechas en noviembre (11 y 28) como así tampoco entre cultivares (GM III largo y IV corto), pero sí hubo diferencias en el vigor y en la emergencia a campo.

Considerando que no existe información contundente con respecto a la FS y a la presencia de nuevos genotipo es necesario seguir investigando para disponer de información en un amplio rango de genotipos y condiciones ambientales.

Los resultados obtenidos en esta experiencia permitirán disponer de datos que aportarán información rápidamente transferible a los productores de semillas.

HIPÓTESIS

La calidad fisiológica de las semillas está condicionada por las características de crecimiento-desarrollo del genotipo y por las condiciones ambientales durante su formación.

OBJETIVO GENERAL

Evaluar la calidad fisiológica de semillas de cultivares de soja que desarrollaron en condiciones diferentes de disponibilidad de agua de la planta madre.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Evaluar la germinación de las semillas de genotipos de diferentes ciclos y disponibilidades de agua durante el ciclo de la planta madre.

Evaluar el vigor de las semillas de genotipos de diferentes ciclos y disponibilidades de agua durante el ciclo de la planta madre.

Evaluar la emergencia a campo de las semillas de genotipos de diferentes ciclos y disponibilidades de agua durante el ciclo de la planta madre.

MATERIAL Y MÉTODO

El trabajo se realizó con semillas de soja de cultivares implantados en Río Cuarto (CAMDOCEX, FAV – UNRC), en el ciclo agrícola 2014-2015. Este trabajo forma parte del Programa *Calibración Validación del Modelo Aquacrop Como Base para la Evaluación de la Sostenibilidad Biofísica de los Sistemas Agrícolas de Soja y Maní en Córdoba*, con la Dirección del Prof. Oscar Giayetto y la Co-Dirección de la Prof. Elena Fernandez, y las semillas provienen del ensayo a campo de la Beca de Investigación de Ian Prack McCoimic titulada *Eficiencia de captura y uso de la radiación solar de dos cultivares de soja de diferentes grupos de madurez en siembras de primera y segunda (Río Cuarto, Córdoba)*, con la Dirección del Prof. Oscar Giayetto (2015).

La siembra se realizó el 14/11/14 con una sembradora neumática de 9 surcos a 0,52 m y una densidad de 25 semillas/metro. La cosecha se realizó según genotipo (Cuadro 1). El cultivo se desarrolló libre de plagas, malezas y enfermedades. Luego de la cosecha, las semillas fueron almacenadas en condiciones de laboratorio.

Los tratamientos fueron los cultivares con 3 niveles GM III (DM 3312); GM IV (DM 4612); GM V (FN 5.55) (Cuadro 1) y la disponibilidad de agua durante el ciclo de los cultivos con dos niveles: con riego el otro sin riego; el cultivo con riego se mantuvo sin limitaciones hídricas mediante riego por goteo aplicado cuando el contenido de agua útil del suelo estuvo debajo del 60%.

Cuadro 1: Características de los genotipos y fecha de cosecha de cada genotipo.

Características del cultivar	GM III (DM 3312)	GM IV (DM 4612)	GM V (FN 5.55)
Hábito de crecimiento	Indeterminado	Indeterminado	Indeterminado
Ciclo	III corto	IV medio	V Medio
Emergencia - Floración (días)	39-41	43	45-48
Emergencia – Madurez (días)	64	74	94
Color de pubescencia	Castaña	Castaña clara	Gris
Color de flor	Púrpura	Púrpura	Púrpura
Altura de plantas (cm)	Alta (87)	Media (107)	100
Peso por 1000 (gr)	160-168	175-185	179
Fecha de Cosecha	27/03/15	09/04/15	16/04/15

DETERMINACIONES Y/O REGISTROS

Clima

Se dispuso de los datos meteorológicos, durante el ciclo del cultivo, procedentes de estaciones meteorológicas del área de Agrometeorología de la FAV. Con estos registros se estimaron las condiciones ambientales a las que estuvieron expuestas las plantas madres, tales como radiación global, temperatura máxima y mínima y precipitación (mm) durante el ciclo de los cultivos.

Calidad Fisiológica

En laboratorio se evaluó la calidad fisiológica de las semillas a partir del poder germinativo (TPG) (ISTA, 2008; ISTA, 2010) y el vigor por medio del test de frío (TF), envejecimiento acelerado (EA), conductividad eléctrica (CE) (en 200 ml de agua destilada deionizada) (Hampton y Te Krony, 1995), Tetrazolio (França Neto *et al.*, 1998) y evaluación de plántulas (Nakagawa, 1999; ISTA, 2010). Además se determinó la sanidad de las semillas empleando el método sobre papel o Blotter test (Scandiani y Luque, 2009). El diseño en el laboratorio es completamente aleatorizado. En el TPG, TF y EA se realizaron ocho repeticiones de 25 semillas y la CE 3 repeticiones de 50 semillas.

A campo se evaluó la emergencia, para lo cual se sembraron 100 semillas con 3 repeticiones de cada genotipo; considerando plántulas la que tenga una hoja totalmente abierta (Nakagawa, 1999). Se realizó un conteo diario desde aparición de las primeras plántulas hasta que se estabilizó el número de plántulas emergidas.

Análisis de datos:

Los datos obtenidos se analizaron mediante ANAVA y comparación de medias con el test de Duncan con el programa de computación InfoStat (Di Rienzo *et al.*, 2014).

Disponibilidades: El trabajo se realizó con recursos del Programa *Calibración Validación del Modelo Aquacrop Como Base para la Evaluación de la Sostenibilidad Biofísica de los Sistemas Agrícolas de Soja y Maní en Córdoba*, con la Dirección del Prof. Oscar Giayetto y la Co-Dirección de la Prof. Elena Fernandez y de la USPROVEG-FAV-UNRC.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Condiciones ambientales y fenología

En la Figura 1 se encuentran representadas las condiciones de temperatura media del aire y las precipitaciones registradas durante el período noviembre 2014 - abril 2015, en valores diarios, donde tuvo lugar el desarrollo del cultivo y con flechas que indican los estadios fenológicos de los tres cultivares de soja utilizados.

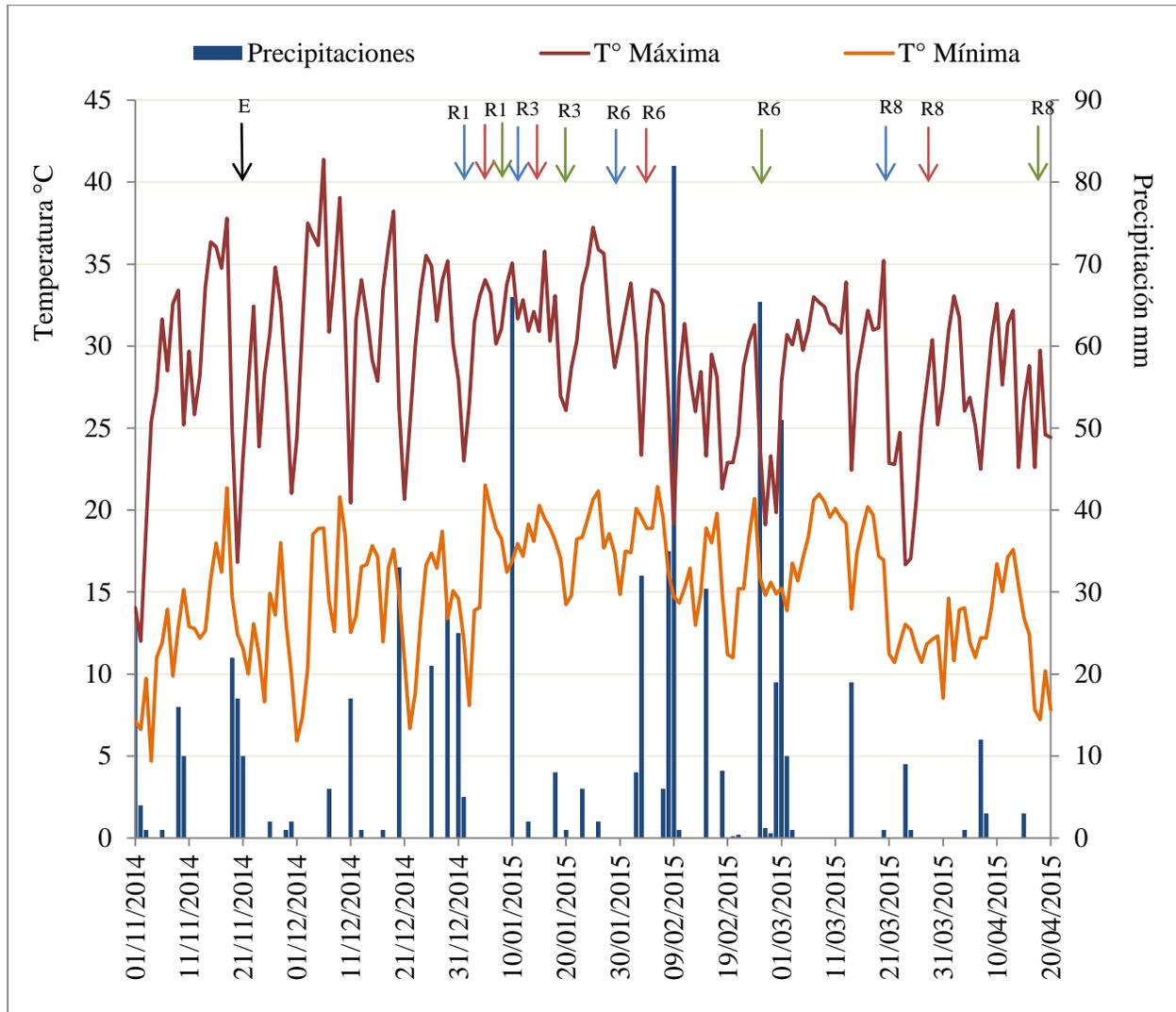


Figura 1: Temperatura máxima y mínima del aire y las precipitaciones registradas diariamente durante el período noviembre 2014 - abril 2015 y estadios fenológicos de tres cultivares de soja.

Flecha azul: cultivar 3312. Flecha roja: cultivar 4612. Flecha verde: cultivar 5.5.

Referencias: E: Emergencia. R1: comienzo de floración. R3: Inicio de desarrollo de legumbres. R6: Semilla completamente desarrollada. R8: Madurez fisiológica.

Según se observa en la figura 2, la cantidad de lluvia acumulada durante el ciclo del cultivo (entre 1/11/14 y 20/4/15) fue de 736 mm, superando a la serie histórica 1977-2006 de 615 mm, pero su distribución presentó algunas irregularidades que determinaron escasez en la 3° década de noviembre, 1° de diciembre, 2° y 3° de enero, y desde la 2° de marzo a la 2° de abril, momentos en los que se aplicó riego.

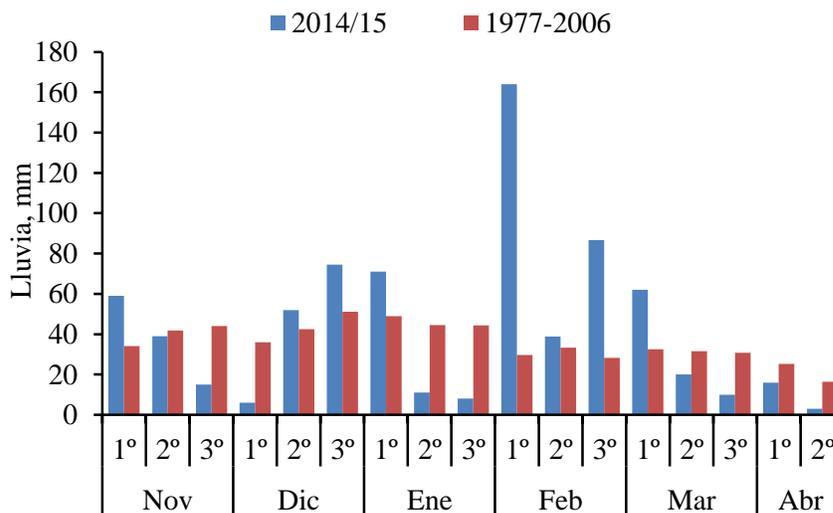


Figura 2: Valores de lluvia decádicos (mm) durante la estación de crecimiento 2014/15 y el periodo 1977-2006

Con los datos de temperatura media calculados a partir de los datos disponibles se realizó la suma térmica entre etapas fenológica (Fehr y Caviness, 1977) utilizando 8°C de temperatura base (Vega, 2006).

Analizando el Cuadro 2, se puede observar la diferencia en la longitud del ciclo entre cultivares; entre DM 3312 (3312), DM 4612 (4612) y el FN 5.55 (5.55), debido a pertenecer a diferentes grupo de madurez (GM). La etapa fenológica en la que existe mayor diferencia en la duración es entre siembra S y R1. También, en esta etapa se evidencia la mayor diferencia en las sumas térmicas entre cultivares; se observa más de 60 °C días entre los cultivares 3312 y 4612, y de 300 °C días entre los cultivares 3312 y 5.55, todos sembrados en la misma fecha.

También, en el Cuadro 2 se detalla la cantidad de días en que la temperatura máxima superó los 32°C en cada etapa fenológica; valor térmico que sumado a fotoperiodos largos se producen abortos de flores y vainas (Whigham y Minor, 1983).

El cultivar con mayor cantidad de días con temperaturas por encima de 32°C durante todo su ciclo fue 5.55 (65 días), seguido por los cultivares 4612 y 3312 (ambos 60 días), de los cuales 31, 28 y 26 días, respectivamente, corresponden a la etapa fenológica siembra (S) – floración (R1). Durante la etapa de inicio de formación de vainas (R3) hasta la semilla completamente desarrollada (R6) el cultivar 5.55 tuvo

el mayor número de días con temperaturas superiores a 32°C (13 días), seguido por los cultivares 4612 y 3312 (ambos 10 días). Durante el periodo entre R6 y maduración completa (R8) el cultivar 3312 tuvo el mayor número de días con temperaturas superiores a 32°C (16 días), seguido por los cultivares 5.55 y 4612 (ambos 14 días).

Cuadro 2: Duración de las etapas fenológicas, precipitación, días con temperatura mayor a 32 °C y suma térmica.

Etapa	Variedad	Duración	Precipitación	Días con T°	Suma térmica
Fenológica		(Días)	(mm)	> 32°C	(°Cd)
S-R1	3312	49	192	26	718
	4612	51	192	28	748
	5.55	55	192	31	817
R1-R3	3312	9	66	8	146
	4612	10	68	8	165
	5.55	12	77	7	189
R3-R6	3312	17	19	10	276
	4612	21	57	10	331
	5.55	35	211	13	511
R6-R8	3312	51	371	16	726
	4612	51	341	14	676
	5.55	52	197	14	649
R1-R8	3312	77	456	34	1147
	4612	82	466	32	1172
	5.55	99	485	34	1349
S-R8	3312	126	648	60	1866
	4612	133	658	60	1920
	5.55	154	677	65	2166

Efecto de la Condición hídrica y el Genotipo:

Peso de 1000 semillas

Considerando el Peso de 1000 semillas (PMS) (fig. 3) se observa interacción entre la condición hídrica y el genotipo. En la condición hídrica secano el cultivar 4612 fue estadísticamente superior a los otros cultivares, siendo la situación intermedia el cultivar 5.55 y el más bajo el cultivar 3312. En cambio, en la condición hídrica riego no hubo diferencias estadísticamente significativas entre los tres cultivares, pero si se evidencia una disminución en el PMS de la condición de secano a riego en el cultivar 4612. Este menor peso de 1000 semillas indica que las semillas sufrieron un estrés durante el crecimiento y desarrollo, y puede explicar la menor calidad como semilla el cultivar 4612 en condición de riego.

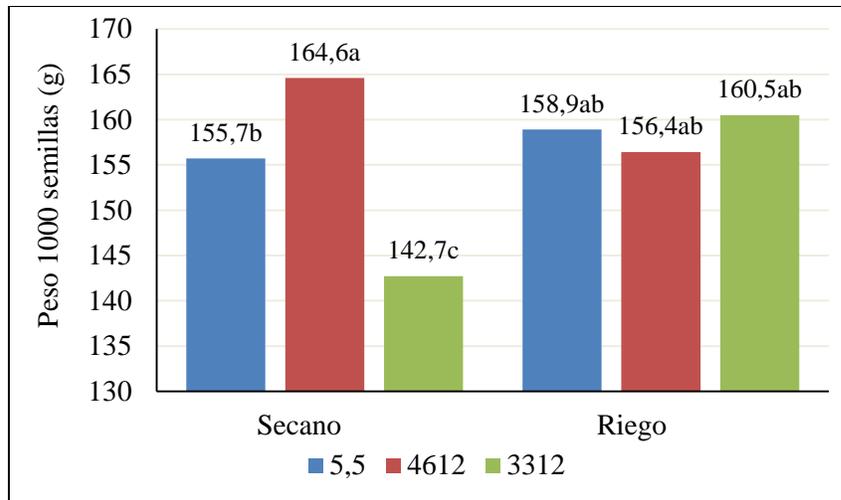


Figura 3: Peso de 1000 semillas según Condición hídrica y Genotipo. Letras diferentes indican diferencias significativas al 5 % del test de Duncan.

Una importante reducción en el Peso de 1000 semillas en diferentes cultivares indica otro aspecto notable a tener en cuenta, el problema semilla chica – semilla dura. Como consecuencia de esta asociación se produce una lenta germinación y una probable desuniformidad en el estado de plántulas (Craviotto y Arango, 2005).

Test Patrón de Germinación

Considerando que existe interacción entre la condición hídrica por genotipo en el test patrón de germinación (TPG) de las semillas (fig. 4), se puede inferir que el ambiente durante el periodo de desarrollo de las semillas tuvo efecto diferente, específicamente en el cultivar del 4612 que en secano el porcentaje de germinación (PG) alcanzó el 82.5 % mientras que con riego apenas llegó al 6 %. Al hacer referencia al PG, se debe recordar que en Argentina se exige un mínimo de 80 % de plántulas normales para la semilla fiscalizada y dicho valor debe figurar en el marbete de la bolsa ya que este valor constituye un límite legal a fin de asegurar calidad (Craviotto y Arango 1999). Considerando lo antedicho el cultivar 4612 en secano podrían ser utilizadas como semilla debido a que su PG está por encima del valor mínimo (80%).

En cambio los otros cultivares fueron más estables ante las condiciones de riego y secano pero los valores de PG no superaron el 80%. El cultivar 5.55 presentó un leve estrés hídrico durante la tercera década de enero (en estadio R3), cuando el cultivo está desarrollando vainas y estructuras vegetativas, por lo que su efecto sobre el desarrollo de la semilla es mínimo (es sólo indirecto), posiblemente esa fue la causa de que los valores de PG de ambas situaciones fueron próximas al 80% (Secano: 77%; Riego:

78,5%) y no tuvieron diferencia con 4612 en condición de secano. En cambio, el cultivar 3312, si bien fue estable, los valores de PG fueron muy bajos (Secano: 59%; Riego: 51%), esta diferencia de 8% de PG puede ser debida a un exceso de agua, ya que la condición de secano en el período de formación de la semilla presentó un leve estrés hídrico en el estadio R5, producido en la tercera decena de enero (Fig. 2).

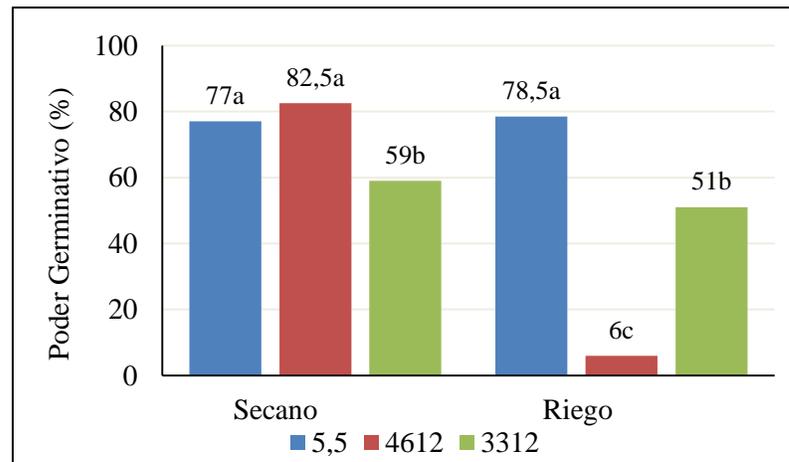


Figura 4: Poder germinativo (TPG) según Condición hídrica y Genotipo. Letras diferentes indican diferencias significativas al 5 % del test de Duncan.

Considerando sólo la condición de secano, las diferencias entre genotipos puede ser explicada por el estrés térmico (mayor cantidad de días con temperaturas > 32°C) de R6 a R8, presentando 14 días los cultivares 4612 y 5.55 con un PG de 82,5% y 77%, respectivamente. El cultivar 3312 que evidenció 16 días con temperaturas > 32°C con un PG de 59% con diferencias estadísticamente significativas, afirmando lo planteado por Whigham y Minor, (1983).

Una medida de vigor de las semillas es la energía germinativa (EG) que hace referencia a la velocidad de germinación y uniformidad del lote de semilla. Se observó efecto de interacción entre la condición hídrica y el genotipo (Fig. 5) con una distribución similar a la del PG, pero con valores menores en todos los casos. Donde el exceso de agua en los 3 cultivares redujo su EG, comparando de la condición de secano a riego. En el cultivar 5.55 se redujo un 2%, en el cultivar 4612 un 58,5% y en el cultivar 3312 un 6,5%.

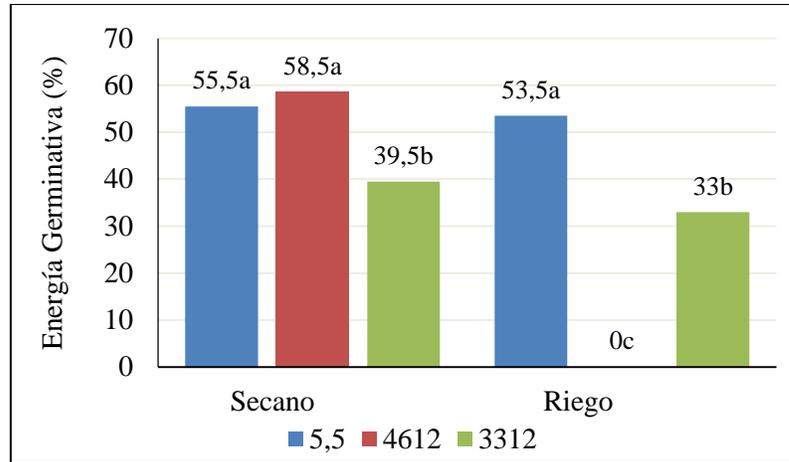


Figura 5: Energía germinativa (TPG) según Condición hídrica y Genotipo.

Letras diferentes indican diferencias significativas al 5 % del test de Duncan.

Considerando las Plántulas vigorosas (Fig. 6) se observó interacción entre la condición hídrica con el genotipo, con una distribución similar a la del PG y EG. Donde el exceso de agua en los 3 cultivares reducen el % de plántulas vigorosas, o sea de la condición secano a riego. En el cultivar 5.55 se redujo un 2,5%, en el cultivar 4612 un 57% y en el cultivar 3312 un 6,5%.

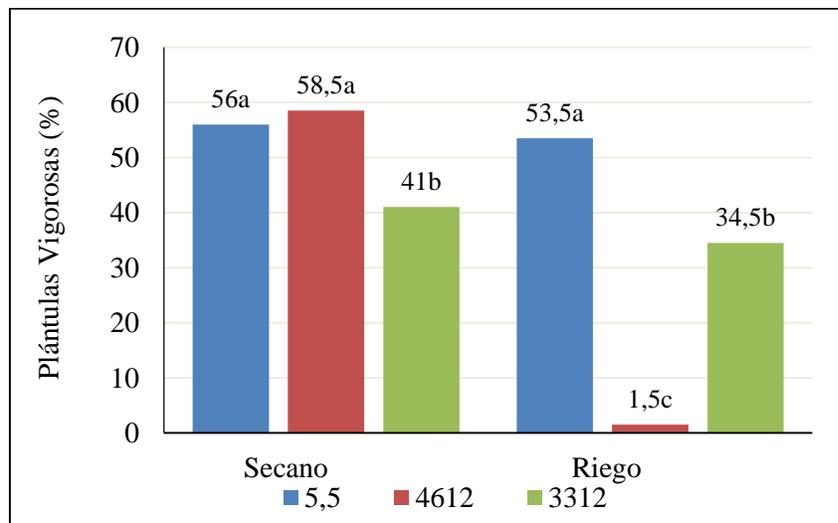


Figura 6: Plántulas vigorosas (TPG) según Condición hídrica y Genotipo.

Letras diferentes indican diferencias significativas al 5 % del test de Duncan.

El total de plántulas anormales (Fig. 7) presentó interacción entre la condición hídrica y el genotipo, con una disminución de 5% y 2% en los cultivares 5.55 y 3312, respectivamente, y un aumento de 32% en el cultivar 4612, pasando de condición de secano a riego, explicando en parte el bajo PG en

condición de riego. En la distribución interna de la composición de plántulas anormales se observa por un lado que existe interacción entre la condición hídrica y el genotipo en las plántulas anormales muertas, con una tendencia a aumentar con el riego. En cambio no hubo diferencias en las plántulas que presentan anomalías entre condición hídrica y genotipo.

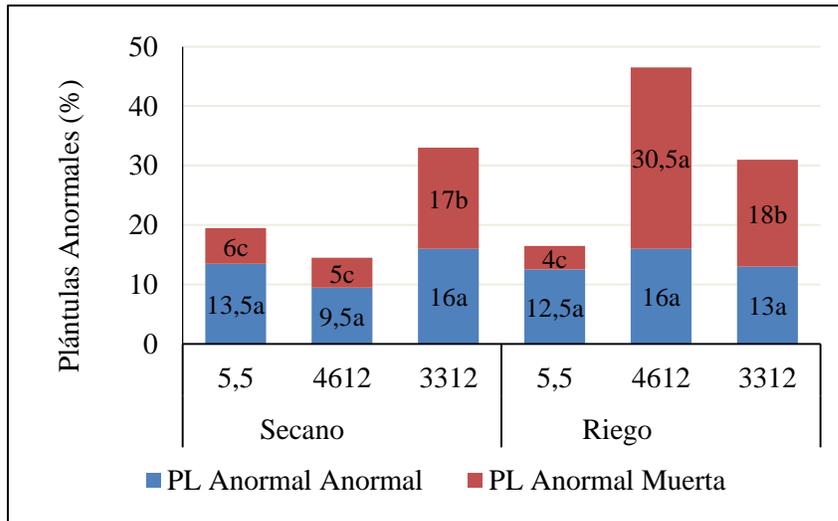


Figura 7: Plántulas Anormales (TPG) según Condición hídrica y Genotipo.

Letras diferentes indican diferencias significativas al 5 % del test de Duncan.

Considerando las semillas muertas se observa interacción entre la condición hídrica y el genotipo (Fig. 8).

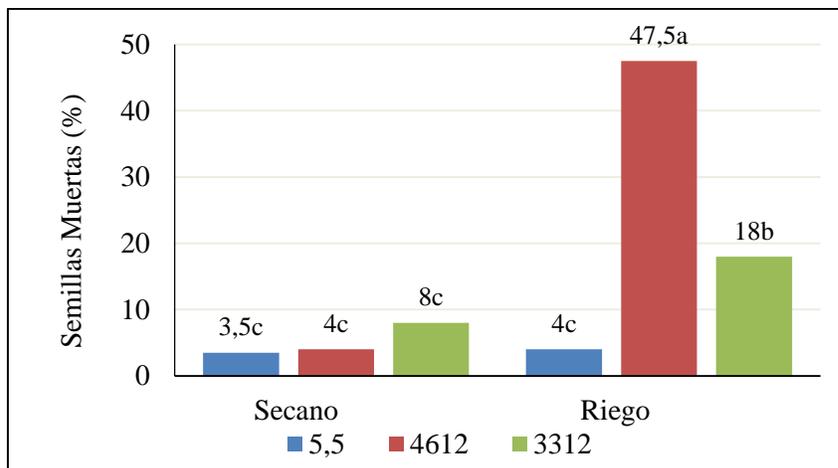


Figura 8: Semillas muertas (TPG) según Condición hídrica y Genotipo.

Letras diferentes indican diferencias significativas al 5 % del test de Duncan.

Los tres cultivares en condición de secano se comportan de manera similar, no presentando diferencias significativas. Pero observando la condición secano con riego en el cultivar 4612 presenta un aumento del 43,5% de semillas muertas, explicando en gran medida el bajo PG en condición de riego. Este comportamiento puede estar dado por una mayor porosidad del tegumento de la semilla y alta humedad en el ambiente en los estadios reproductivos. En el cultivar 3312 se observa un aumento de semillas muertas del 10% en la condición riego, también explicado por el exceso hídrico producido en la formación de la semilla.

Test de Vigor

Envejecimiento acelerado

En el Test de Envejecimiento Acelerado se observa efecto del genotipo en el PG, plántulas anormales y las semillas muertas (Fig. 9). El PG, en el cultivar 5.55 superó en 27,75 % y 25,19 % en los cultivares 4612 y 3312, respectivamente. Todos los cultivares presentan un bajo vigor. En correspondencia al total de plántulas anormales, los cultivares 5.55 y 3312 fueron estadísticamente superiores al cultivar 4612. En el cultivar 4612 el bajo PG está explicado por el alto porcentaje de semillas muertas, superior en 23,21% al cultivar 3312.

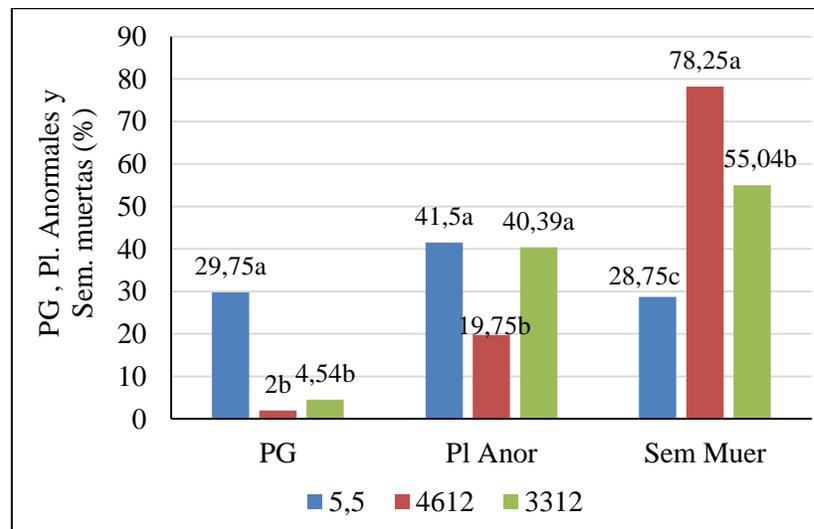


Figura 9: Poder Germinativo, Plántulas Anormales y Semillas muertas en Envejecimiento acelerado según Genotipo.

Letras diferentes indican diferencias significativas al 5 % del test de Duncan.

Considerando la distribución interna de la composición de plántulas anormales (Fig. 10) se observan diferencias significativas entre los cultivares. En el caso del 5.55 la mayor proporción está

compuesta por un 72,9% de plántulas anormales muertas, en el caso del 4612 y 3312 presentan una distribución equitativa de ambos componentes.

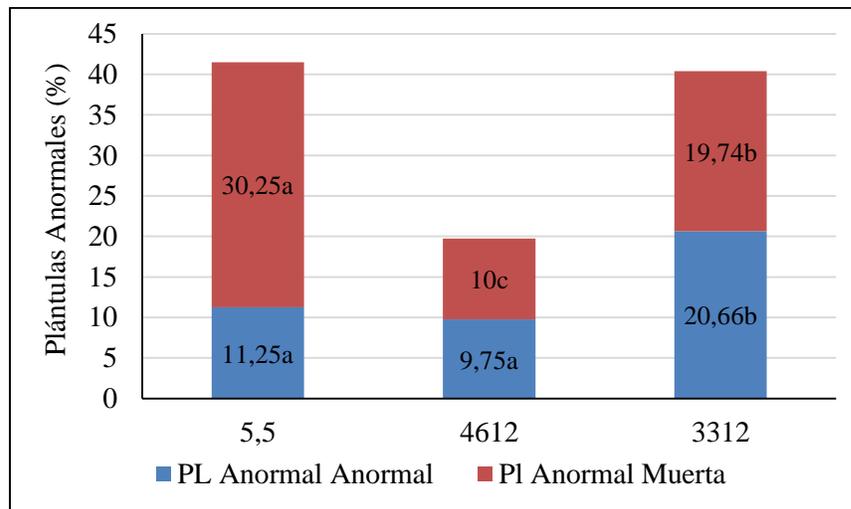


Figura 10: Plántulas Anormales en Envejecimiento Acelerado según Genotipo.

Letras diferentes indican diferencias significativas al 5 % del test de Duncan.

Test de Frío

En el Test de Frío el PG y las Plántulas Vigorosas presentaron interacción entre la condición hídrica y el genotipo (Fig. 11). En secano, el cultivar 5.55 presentó mayor PG superando al cultivar al 3312 (14,5 %) con diferencias significativas en cambio no tuvo diferencias con 4612 (2%). Se observa una disminución generalizada del PG de la condición riego, siendo marcada (43%) en el cultivar 4612. En cuanto a Plántulas Vigorosas tiene la misma tendencia que el PG, pero como es de esperar con valores menores en todos los casos. Según Casini *et al.* (1997), quien estableció parámetros de calidad para semillas de soja, donde clasifico como “muy buena” a semillas que presentan un vigor entre 76-80% en el test de frío, por lo que en esta categoría no se puede ubicar a ninguno de los cultivares en las dos condiciones hídricas, presentando todos bajo vigor frente a condición de estrés por frío.

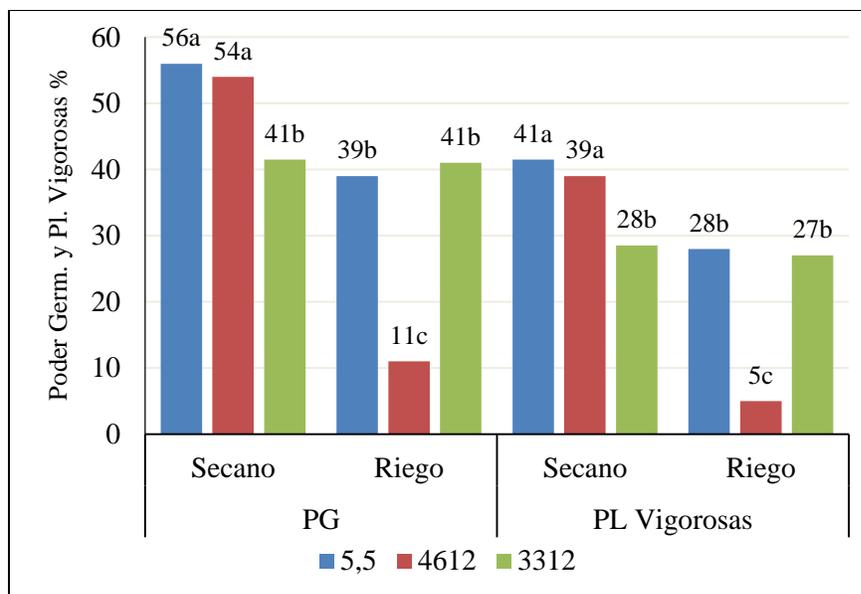


Figura 11: Poder Germinativo y Plántulas vigorosas en Test de Frío según Condición hídrica y Genotipo.

Letras diferentes indican diferencias significativas al 5 % del test de Duncan.

Las Plántulas Anormales no presentaron interacción entre la condición ambiental y el genotipo (Cuadro 3), siendo los valores estables.

Cuadro 3: Plántulas anormales en Test de Frío según Condición Hídrica con Genotipo.

Condición Hídrica	Cultivar	Media
Secano	5.55	33,0 a
	4612	32,5 a
	3312	33,0 a
Riego	5.55	38,0 a
	4612	33,5 a
	3312	36,0 a

Letras diferentes indican diferencias significativas al 5 % del test de Duncan.

Considerando las Semillas muertas del Test de Frío (Fig.12), no hubo efecto de interacción entre la condición hídrica y el genotipo, siendo los valores estables. Se observó una tendencia a aumentar el porcentaje de semillas muertas en la condición de riego. La diferencia encontrada en el cultivar 4612 en la disminución del PG puede ser explicada por el aumento del porcentaje de semillas muertas (Figura 10), que superan en condición de riego a la de secano en 42%.

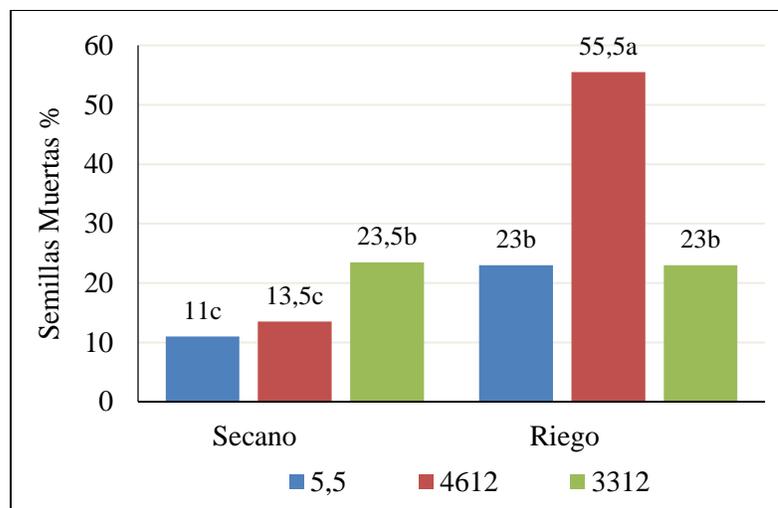


Figura 12: Semillas muertas en Test de Frío según Condición hídrica y Genotipo.

Letras diferentes indican diferencias significativas al 5 % del test de Duncan.

Conductividad eléctrica

Cabe recordar que los valores de conductividad eléctrica (CE) son inversos a los de los otros test de vigor; cuanto más pequeños son los valores mejor es la calidad de la semilla es decir que el bajo vigor de un lote de semillas de está asociado a valores elevados de CE, imposibilitando su uso como “semilla”. La CE presentó interacción entre la condición hídrica y el genotipo (Fig. 13).

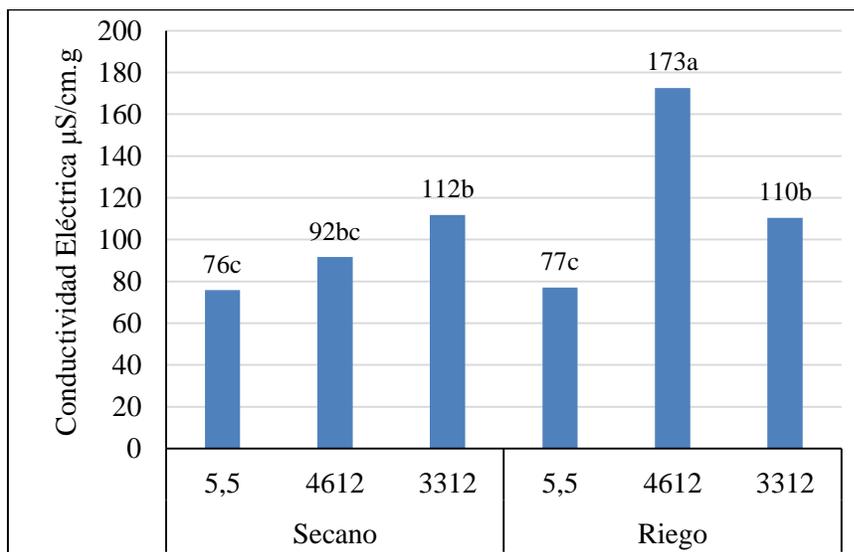


Figura 13: Conductividad Eléctrica según Condición Hídrica con Genotipo.

Letras diferentes indican diferencias significativas al 5 % del test de Duncan.

Los lotes de semillas de mayor vigor fueron los del cultivar 5.55 en ambas condiciones ambientales que fueron inferiores al valor ($<90 \mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$) establecido por Vieira *et al.* (2004), indicando que pueden ser usados para la siembra, inclusive si existe probabilidad de estrés hídrico durante la emergencia. Las semillas del cultivar 4612 de la condición de secano fueron mejores ($92 \mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$) que las de la condición de riego ($173 \mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$) y no tuvieron diferencias con las del cultivar 3312, es decir este conjunto de lotes podrían ser usada como semilla ya que los valores son inferiores o próximos a $110 \mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$ establecido por Vieira *et al.* (2004). Mientras que las semillas del cultivar 4612 de la condición de riego, que posee un muy bajo valor superior a $110 \mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$, debería ser descartado su uso para semilla.

Test de Tetrazolio

El Test de Tetrazolio, en las Clases 2, 3, 7 y 8 no hubo efecto de los tratamiento, en cambio en las clase 1 sólo se diferenciaron el genotipo 5.55 del 3312, siendo mejores las del ciclo más largo. En cambio en las clases 4 y 5 el cultivar 3312 en la condición de riego presentó el mayor valor, lo que permite determinar la menor calidad de estas semillas restantes. En cuanto a la clase 6, si bien existen diferencias los valores son muy bajos (Cuadro 4).

Cuadro 4: Clases en Test de Tetrazolio según Condición Hídrica con Genotipo.

Clase	Secano			Riego		
	5.55	4612	3312	5.55	4612	3312
Clase 1	13,0 ab	15,0 ab	12,0 ab	17,0 a	10,5 ab	8,5 b
Clase 2	3,5 a	4,5 a	2,5 a	4,5 a	4,0 a	4,5 a
Clase 3	4,5 a	6,5 a	4,0 a	3,5 a	8,5 a	5,0 a
Clase 4	6,0 ab	3,0 b	2,5 b	5,5 ab	3,5 ab	9,5 a
Clase 5	2,5 cd	3,0 bcd	6,0 ab	1,5 d	5,0 abc	7,0 a
Clase 6	1,5 a	0 b	1,0 ab	1,0 ab	0 b	0,5 ab
Clase 7	19,5 a	14,0 a	18,5 a	17,5 a	18,5 a	14,5 a
Clase 8	0,5 a	4,5 a	2,5 a	0,5 a	0,5 a	0,5 a

Referencias: Clase 1: Más alto vigor. Clase 2: Alto vigor. Clase 3: Vigor médio. Clase 4: Bajo vigor. Clase 5: Muy bajo Vigor. Clase 6: No viable. Clase 7: No viable. Clase 8: Semilla muerta.

Letras diferentes indican diferencias significativas al 5 % del test de Duncan.

Haciendo un análisis pormenorizado el Test de Tetrazolio identificando el PG, Vigor y semillas no viables se observa que no hubo efecto de interacción de la condición hídrica con el genotipo sobre el PG y las semillas no viables, pero hubo efecto sobre el vigor, siendo la diferencia en la condición hídrica del genotipo 5.55 (Cuadro 5).

Cuadro 5: PG, Vigor y semillas no viables en Test de Tetrazolio según Condición Hídrica con Genotipo.

Parámetro	Secano			Riego		
	5.55	4612	3312	5.55	4612	3312
PG	29,5 a	32 a	27 a	32 a	31,5 a	34,5 a
Vigor	21 bc	26 a	18,5 c	25 a	23 ab	18 c
No viables	21,5 a	18,5 a	22 a	19 a	19 a	15,5 a

Letras diferentes indican diferencias significativas al 5 % del test de Duncan.

Test de sanidad - Blotter Test

Este test posibilita la observación de los signos producidos por los patógenos tanto en semillas sintomáticas (Cuadro 6) como en aquellas asintomáticas (Cuadro 7). Considerando las semillas asintomáticas, se observa que existen diferencias modificando la condición hídrica, disminuyendo 8,49% de la condición de secano a riego.

Cuadro 6: Semillas asintomáticas según Condición Hídrica.

Condición Hídrica	Medias
Secano	25,05 a
Riego	16,56 b

Letras diferentes indican diferencias significativas al 5 % del test de Duncan.

Considerando las semillas asintomáticas se observa que existen diferencias dadas por los cultivares. Se puede concluir que el cultivar 5,5 posee mayor proporción de semillas sanas (20,91%) que el cultivar 3312 y sin diferencias con significativas al cultivar 4612 (Cuadro 7).

Cuadro 7: Semillas asintomáticas según genotipo.

Cultivar	Medias
5,5	29,05 a
4612	25,23 a
3312	8,14 b

Letras diferentes indican diferencias significativas al 5 % del test de Duncan.

Considerando las semillas con carga fúngica y con bacterias se observa interacción entre la condición hídrica y el genotipo. Analizando la figura 14 se puede observar una variación entre los cultivares en el porcentaje de semillas sanas, siendo los cultivares 4612 y 5.55 estadísticamente superiores al cultivar 3312 en condición de secano. Comparando la condición ambiental se observa una disminución de semillas sanas y aumento de la carga fúngica desde la condición de secano a riego en los

tres cultivares. Con respecto al porcentaje de semillas con presencia de bacterias se observa una disminución de su carga en los cultivares 5,5 y 3312, pero un aumento considerable del 14,4% en el cultivar 4612 desde la condición secano a riego. Con la presencia de bacterias la semilla no germina y aparece con un crecimiento mucoso con aspecto “cerebriforme” y abundante olor a la podredumbre blanda que causa. Su presencia está asociada a cosechas en períodos de alta temperatura (Scandiani y Luque, 2009).

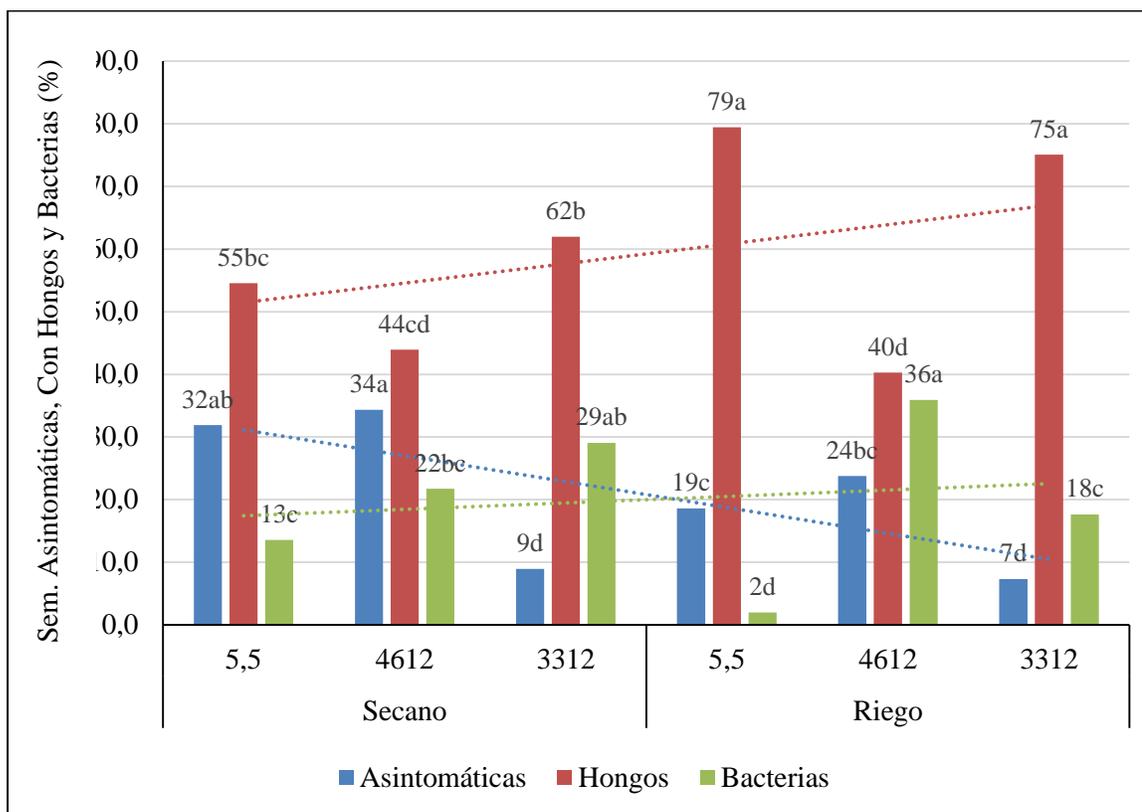


Figura 14: Semillas Asintomáticas, con presencia de Hongos y de Bacterias en Blotter test según Condición hídrica y Genotipo.

Letras diferentes indican diferencias significativas al 5 % del test de Duncan.

Considerando las semillas con patógenos (Cuadro 8) se observa interacción entre la condición hídrica y el genotipo. Con el agente causal *Cercospora kikuchii* se observa una disminución desde la condición de secano a riego en los cultivares 4612 (15%) y 3312 (9,5%), en cambio en el cultivar 5.55 hay

un aumento del patógeno (6,2%). La presencia de este patógeno puede reducir la germinación aunque no es frecuente que esto ocurra (Scandiani y Luque, 2009).

La incidencia de *Fusarium* spp. fue baja en las dos condiciones hídricas y cultivares, con valores menores al 10 %, salvo en el cultivar 3312 hay una atenuada disminución del 20,3% de secano a riego. La presencia de *Fusarium* spp. no reduce la germinación, pero el patógeno puede ingresar a las raicillas en los primeros estadios de la germinación (Mitidieri y Scandiani, 1987; Gally y Pantuso, 1998). Las micotoxinas que producen son tóxicas y con distintos efectos sobre la semilla, pudiendo inhibir la elongación del hipocótilo (Scandiani y Luque, 2009).

La presencia de *Aspergillus flavus* mostró interacción entre la condición hídrica y el genotipo. Registrándose un aumento desde la condición de secano a la riego, siendo muy marcada en el 3312 (26,4%). La presencia de *Aspergillus flavus* reduce la germinación (Scandiani y Luque, 2009).

En el agente causal *Penicillium* spp. se observa interacción entre la condición hídrica y el genotipo. Presenciándose un aumento desde la condición de secano a riego (5.55: 13,5%; 3312: 9,3%), en cambio, en el cultivar 4612 hubo una disminución (2,9%). La presencia de *Penicillium* spp. reduce la germinación (Scandiani y Luque, 2009). En el agente causal *Rhizopus* spp. no se observa interacción, siendo los valores de incidencia bajo. El bajo PG del cultivar 4612 en condición de riego está explicado por el aumento de *Aspergillus flavus* y *Bacillus* spp.

Cuadro 8: Semillas infectadas por diferentes Hongos según Condición Hídrica con Genotipo.

Condición hídrica	Genotipo	<i>Cercospora kikuchii</i>	<i>Fusarium</i> spp.	<i>Aspergillus flavus</i>	<i>Penicillium</i> spp.	<i>Rhizopus</i> spp.
Secano	5.55	17,7 ab	3,1 b	9,6 b	23,1 b	0,0 a
	4612	17,7 ab	8,1 b	4,1 b	14,1 c	0,0 a
	3312	21,4 ab	29,1 a	7,4 b	0,0 d	4,0 a
Riego	5.55	23,9 a	7,0 b	9,4 b	36,6 a	2,5 a
	4612	2,0 c	5,0 b	12,7 b	11,2 c	9,3 a
	3312	11,9 b	8,8 b	30,5 a	9,3 c	10,9 a

Letras diferentes indican diferencias significativas al 5 % del test de Duncan.

Emergencia a campo

La emergencia a campo (Fig.15) tuvo interacción entre la condición hídrica y el genotipo. En condición de secano los genotipos 5.55 y 4612 son estadísticamente iguales y superiores al cultivar 3312. En la condición hídrica de riego no hubo diferencias con la condición de secano en el cultivar 5.55, en cambio hubo un aumento del cultivar 3312 en 22,34% y disminución del cultivar 4612 en 44,34%.

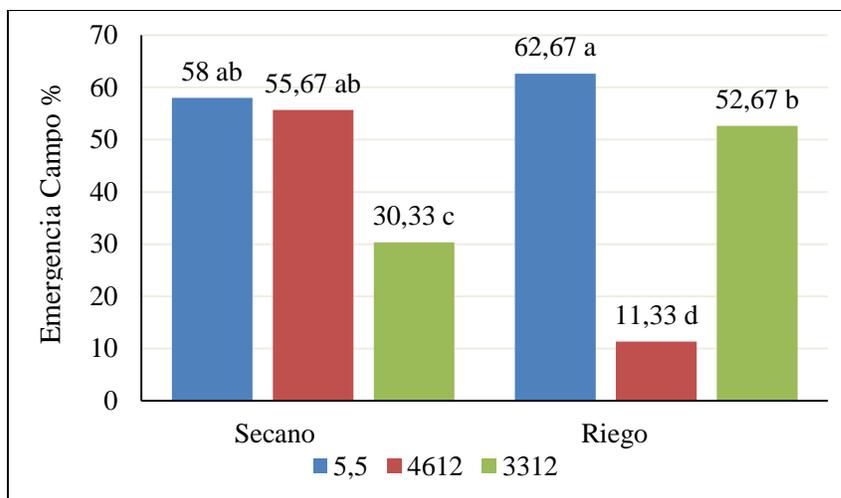


Figura 15: Emergencia a campo final según Condición hídrica y Genotipo.
 Letras diferentes indican diferencias significativas al 5 % del test de Duncan.

Se observa una correlación, significativa estadísticamente, positiva entre la emergencia a campo y el PG del test patrón (TPG) (74%), la EG (64%), las plántulas vigorosas del TPG (62%), el PG del test de Envejecimiento Acelerado (57%) y el PG del Test de Frío (46%) y negativa con la CE (-81%).

La evolución de la Emergencia a Campo (Fig.16) durante el periodo de evaluación, presentó interacción entre la condición hídrica y el genotipo.

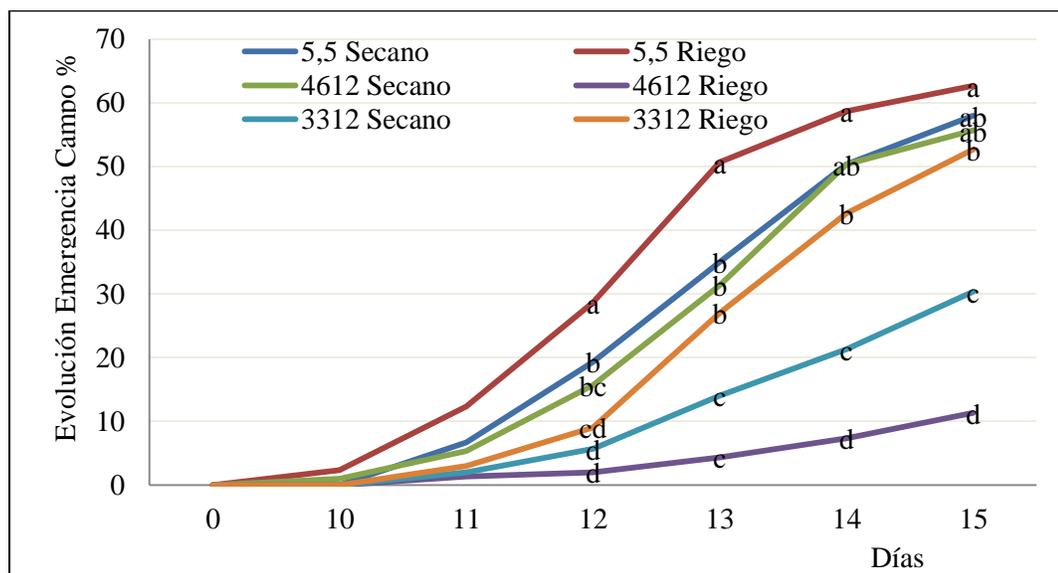


Figura 16: Evolución de la Emergencia a campo en días según Condición hídrica y Genotipo.
 Letras diferentes indican diferencias significativas al 5 % del test de Duncan.

Se puede concluir que el cultivar 5.55 en condición de riego fue superior durante casi todo el periodo de evaluación cuando tuvo valores semejantes a la condición de secano. Los valores más bajos fueron el cultivar 4612 en condición de riego y 3312 de secano.

Los lotes de semillas de las diferentes Condiciones hídrica y Genotipos mantuvieron la relación entre los valores de germinación, es decir, la semilla de mejor calidad se detecta con los test utilizados para evaluar la calidad fisiológica.

CONCLUSIÓN

Se acepta la hipótesis de que la calidad fisiológica de la semilla de soja está condicionada por las condiciones ambientales en el periodo de llenado del grano, aunque los genotipos se comportan en forma diferente.

La calidad fisiológica de semillas de cultivares de soja está influenciada en forma diferencial por las condiciones ambientales durante su crecimiento y desarrollo.

El cultivar de ciclo más largo, como el 5.55, en las condiciones ambientales de Río Cuarto, produce semillas de mayor calidad debido al mayor período de crecimiento y desarrollo, que le permite disminuir el impacto de los periodos con condiciones estresantes para la formación de la semilla.

Los cultivares de ciclo más corto, presentan períodos de formación de semillas más reducidos que no le permite al cultivo sortear el impacto negativo del estrés ambiental en la formación de la semilla, reduciendo su calidad fisiológica.

La emergencia está correlacionada positivamente con el porcentaje de germinación, la energía germinativa, las plántulas vigorosas, el test de envejecimiento acelerado y el test de frío y negativamente con la conductividad eléctrica.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- ARANGO, M. y R. CRAVIOTTO. 2003. Calidad de semillas de soja. En: www.inta.gov.ar/ediciones/idia/oleaginosa/soja03.pdf. Consultado: 15/10/2014.
- ARANGO, M.R.; A.R. SALINAS; R.M. CRAVIOTTO; S.A. FERRARI; V. BISARO y M.S. MONTERO. 2006. Description of the environmental damage on soybean seeds (*Glycine max* (L.) Merr.). *Seed Science and Technology*, 34: 133 - 141.
- BRAGACHINI, M.; J. PEIRETTI; R. CRAVIOTTO y M. ARANGO. 2006. *Daño mecánico en la cosecha de soja. Cómo y dónde controlarlo?* INTA – PRECOP. Actualización Técnica N° 27. 7 p.
- BUFFA, J.F. 2007. *Fertilización azufrada en el cultivo de soja*. Trabajo Final Para optar al Grado de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto, Río Cuarto, Córdoba. 44p.
- BUSSO, E. 2006. *Aplicación de funguicidas en soja y su efecto sobre la calidad de la semilla*. Trabajo Final Para optar al Grado de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto, Río Cuarto, Córdoba. 30p.
- CAGNOLO, P.D. 2011. *Efecto del ambiente en la calidad fisiológica de la semilla de cultivares de soja*. Trabajo Final Para optar al Grado de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto, Río Cuarto, Córdoba. 28p.
- CASINI, R.M.; R.M. CRAVIOTTO y S. GIANCOLA. 1997. Calidad de la semilla. En: GIORDA, L. y H. BAIGORRI. *El Cultivo de la Soja en Argentina*. Ed. INTA. p: 91-102.
- CRAVIOTTO, R. y M. ARANGO. 1999. Semilla de Soja: En busca de la Calidad Perdida. SOJA Campaña 1998/99. Revista del INTA: Para mejorar la producción 1. Campaña 1998/99, p: 7-8.
- CRAVIOTTO, R. y M. ARANGO. 2005. Novedades en calidad de granos y semillas de soja. Revista APOSGRAN, Año XVII, N° 89, 1: 16 – 20.
- CRAVIOTTO, R.; M. ARANGO y M. MONTERO. 2002. Guía visual de problemas de calidad en semillas y granos de soja. Revista APOSGRAN, Año XVI, N° 78, 2: 61- 64.
- DARTANELLI, J.; D. COLLINO; M.E. OTEGUI y V. SADRAS. 2003. *Bases funcionales para el manejo del agua en los sistemas de producción de los cultivos de grano*. En: SATORRE E.H; R.L. BENECH; G.A. SLAFER; E.B. DE LA FUENTE; D.J. MIRALLES; M.E. OTEGUI y R. SAVIN (eds.), *Producción de Cultivos de Granos: Bases Funcionales para su Manejo*. Editorial Facultad de Agronomía. p: 165-201.
- DE GIORGI, R. 2013. *Calidad de la semilla de soja según sistema de trilla axial y convencional*. Trabajo Final Para optar al Grado de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto, Río Cuarto, Córdoba. 41p.

- DE LA FUENTE, E.B.; A. GIL; P.I. JIMÉNEZ; A.G. KANTOLIC; M. LÓPEZ PEREIRA; E.L. PLOCHUK; D.M. SORLINO; P. VILARIÑO; D.F. WASSNER y .B. WINDAUER. 2013. *Cultivos Industriales*. FAUBA. 835 p.
- DE LA VEGA A.J. y E. DE LA FUENTE. 2003. *Elección de genotipos*. En: SATORRE E.H; R.L. BENECH; G.A. SLAFER; E.B. DE LA FUENTE; D.J. MIRALLES; M.E. OTEGUI; R. SAVIN (eds.), *Producción de Cultivos de Granos: Bases Funcionales para su Manejo*. Editorial Facultad de Agronomía. p: 319-372.
- DI RIENZO, J.; F. CASANOVES; M.G. BALZARINI; L. GONZÁLEZ; M. TABLADA y C.W. ROBLEDO. 2014. Infostat versión 2014. AR. Consultado 27/05/2015.
- FEHR, W.R. y C.E. CAVINESS. 1977. *Stages of soybean development*. Iowa Agric. Exp. Station. Special Rep. 80 p.
- FRANCA NETO, J.B.; F.C. KRZYZANOWSKI y N.O. DA COSTA. 1998. *El test de tetrazolio en semillas de Soja*. EMBRAPA. 72 p.
- GALLO, C.V, ENRICO, J. M., CRAVIOTTO, R., ARANGO, M. 2012. Variabilidad de la viabilidad y vigor de lotes de semillas de soja con presencia de simientes verdes pertenecientes a cultivares de distintos grupos de maduración producidos en dos fechas de siembra. *Revista de investigaciones agropecuarias*, 38(2): 2. En: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1669-23142012000200006. Consultado 20/10/2016.
- GALLO, C.V. 2008. Calidad fisiológica y efecto de la presencia de semillas verdes de soja (*Glycine max* (L.) Merr.) en lotes destinados a simiente. En: www.agrolluvia.com/wp-content/uploads/2011/06/Calidad-fisiologica-y-Efecto-de-la-presencia-de-semillas-verdes-de-soja-en-lotes-destinados-a-simiente.-Carina-gallo.pdf. Consultado: 31/08/2015.
- GALLY, T. y F. PANTUSO. 1998. *Soybean seedling susceptibility to Fusarium spp. in Argentina*. *Phytopathology*, 88:S30.
- GIODA, L.M. y H.E.J. BAIGORRI. 1997. *El cultivo de la soja en Argentina*. INTA. San Juan, Argentina.
- GUZMÁN, R.A. 2012. *Calidad de la semilla de cultivares de soja según condiciones ambientales en su ciclo de cultivo*. Trabajo Final Para optar al Grado de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto, Río Cuarto, Córdoba. 25p.
- HAMPTON, J.G. y D.M. TEKRONY. 1995. *Handbook of vigor test methods*. International Seed Testing association. Zurich. 117 p.
- HYMOWITZ, T. y W.R. SHURTLEFF. 2005. Debunking soybean myths and legends in the historical and popular literature. *Crop Science*, 45(2): 473-476.
- ISTA. 2008. *International Rules for Seed Testing*. ISTA. s/p.

- ISTA. 2010. ISTA Handbook on Seedling Evaluation. Third Edition with Amendments 2009. ISTA Zurich. Suiza. p/cap.
- MITIDIERI, I.Z.N y M.M. SCANDIANI. 1987. *Fallas en la germinación y muerte de plantas de soja en estados juveniles de crecimiento (damping-off)*. E.E.A de San Pedro INTA. Información para extensión. Protección Vegetal N°3. p.6.
- MURGIO, M.; M. FORMIA; F. GASSMANN; R. BERTONE; F. FUENTES; L. LENZI y L. SALINES. 2015. *Fecha de siembra y grupos de madurez para la campaña 2014-15 en Marcos Juárez (ambiente con influencia de napa freática)*. 11p. En: inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_soja_grupo_fecha_napa_mj15.pdf. Consultado: 15/10/2016.
- NAKAGAWA, J. 1999. *Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas*. En: KRZYZANOWSKI, F.C.; R.D. VIEIRA y J.B. FRANCANO. *Vigor de sementes: Conceitos e testes*. ABRATES. Cap. 2. p: 2.1-2.24.
- NETO, F.; L.G. PEREIRA; N.P. DA COSTA; F. KRZYZANOWSKI y A.A. HENNING. 1988. *Metodologia do teste de tetrazolio em semente de soja*. EMBRAPA-CNPSO. Documentos.
- ROCA, C. 2003. Calidad de semilla en el cultivo de soja. En: SATORRE, E. *El libro de la soja*. Cap. 25. p: 249-253.
- PERETTI, A. 1994. *Manual para análisis de semillas*. Hemisferio Sur. 281 p.
- POWELL, A.A. 1988. Seed vigor and field establishment. *Advances in Research and Technology of Seeds, Wageningen*, 11(1): 29-61.
- SALINAS, A.R.; A.M. YOLDJIAN; R.M. CRAVIOTTO y V. BISARO. 2001. Pruebas de vigor y calidad fisiológica de semillas de soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 36(3): 371-379.
- SALINAS, A.; C. GALLO y I. ROSBACO. 2008. Semillas de soja de calidad: Un objetivo por alcanzar. *Revista Científica Agropecuaria* 12(2): 85-99.
- SCANDIANI, M.M. y A.G. LUQUE. 2009. Identificación de patógenos en semilla de soja. Análisis de semilla. Suplemento especial N°2. 148p.
- STRADA, J. y I. VILA. 2014. *La producción de soja en la argentina*. En: <http://centrocepa.com.ar/la-produccion-de-soja-en-la-argentina/>. Consultado: 15/09/2015.
- VIEIRA, R.D. y N.M. CARVALHO. 1994. Testes de vigor em sementes. Jaboticabal. FUNEP. 164p.
- VIERA, R. D.; A. SCAPPA NETO; S.R.M.D BITTENCOURT y M. PANOBIANCO. 2004. Electrical conductivity of the seed soaking solution and soybean seedling emergence. *Scientia Agricola*, 61(2): 164-168.
- VEGA, C. 2006. *Ecofisiología del cultivo de soja*. En: <http://www.planetasoja.com.ar/trabajos/trabajos800.php>. Consultado: 15/10/2015.

- WHIGHAM, D. y H. MINOR. 1983. Características agronómicas en relación con el estrés ambiental. En: NORMAN, G. *Fisiología, mejoramiento, cultivo y utilización de la soja*. Ed: Hemisferio Sur. p: 79-119.
- WIEBOLD, B. 2009. Soybean plants killed before maturity possess grain that remains green. *Integrated pest and crop management*. University of Missouri. En: ipm.missouri.edu/IPCM/2009/11/Soybean-plantas-killed-before-maturity-possess-grain-that-remains-green/. Consultado: 15/10/2016.
- WILCOX, J.R. 2004. World distribution and trade of soybean. Soybeans: Improvement, production, and uses, (soybeansimprove) p: 1-13. En: dl.sciencesocieties.org/publications/books/abstracts/agronomy-monogra/soybeansimprove/1. Consultado: 15/10/2016.

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- MARCOS FILHO, J.; S.M. CICERO e W. RODRIQUES DA SILVA. *Avaliação da qualidade das dementes*. FEALQ, 1987. 230p.