



FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO

Cuantificación de daño mecánico en semilla de soja desde cosecha hasta almacenaje

de

MARÍA LUCÍA COSSAR

TRABAJO FINAL PARA LA OBTENER EL TITULO DE
Especialización en Producción de Semillas de Cereales, Oleaginosas y Forrajeras

DIRECTOR: Ing. Agr. M.Sc. Carina Gallo*

CO-DIRECTORA: Lic. Biotecnología Nidia Montechiarini

*INTA. Estación Experimental Agropecuaria Oliveros

CUANTIFICACIÓN DE DAÑO MECÁNICO EN SEMILLA DE SOJA DESDE COSECHA HASTA ALMACENAJE

María Lucía Cossar

Especialización en Producción de Semilla de Cereales, Oleaginosas y Forrajeras- U.N.R

Este trabajo Final es presentado como parte de los requisitos para optar al grado académico de Especialización en Producción de Semilla de Cereales, Oleaginosas y Forrajeras de la Universidad Nacional de Rosario y no ha sido previamente presentada para la obtención de otro título en ésta u otra universidad. La misma contiene los resultados obtenidos en investigaciones llevadas a cabo en la localidad de San Jorge, durante el periodo comprendido entre el año 2014 y 2015, bajo la dirección de la Ing. Agr. M.Sc. Carina Gallo.

Cossar, María Lucía

Ing. Agr. M.Sc. Gallo

Directora

Lic. Biotecnología Nidia Montechiarini

Co-directora

Defendida:20_____

Índice

INDICE

AGRADECIMIENTOS	6
RESUMEN	7
ABSTRACT	8
ABREVIATURAS	9
INTRODUCCIÓN	10
HIPÓTESIS	14
OBJETIVOS	14
MATERIALES Y MÉTODOS	15
Sitio experimental	15
a-Campo	15
Muestreo	16
b-Laboratorio	19
Obtención de la muestras	20
Análisis de calidad	21
Descripción de las pruebas de laboratorio	21
Análisis estadístico	25
RESULTADOS Y DISCUSIONES	26
Contenido de Humedad	26
Prueba de Hipoclorito	26
Prueba de Quebrado	27
Prueba Topográfica por Tetrazolio	29
Prueba de Germinación Estándar	35
Prueba de Primer Conteo	37
CONCLUSIONES	41
Líneas de acción	41
ANEXO 1: CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA EN EL MEDIO DE CRECIMIENTO ARENA (INASE)	43
BIBLIOGRAFÍA	44

LISTAS DE TABLAS

Tabla 1: Análisis de varianza para la variable Hipoclorito de sodio.....	27
Tabla 2: Resultado de Test de Tukey variable Hipoclorito en los diferentes momentos de muestreo.....	27
Tabla 3: Análisis de varianza para la variable viabilidad entre camiones y entre tratamientos.....	30
Tabla 4: Resultado del análisis de varianza para la variable vigor entre camiones y entre tratamientos.....	30
Tabla 5: Resultado del análisis de varianza para la variable daño mecánico cortante (XC) entre camiones y entre tratamientos.....	32
Tabla 6: Resultado de Test de Tukey para la variable daño mecánico cortante (XC) en los diferentes momentos de muestreo.....	32
Tabla 7: Resultado del análisis de varianza para la variable daño mecánico plano (XP) entre camiones y entre tratamientos.....	34
Tabla 8: Test de Tukey para la variable daño mecánico plano (XP) en los diferentes momentos de muestreo.	34
Tabla 9: Análisis de varianza para la variable Poder Germinativo entre camiones y entre tratamientos.....	36
Tabla 10: Resultado del Test de Tukey para la variable Poder Germinativo en los diferentes momentos de muestreo.....	36
Tabla 11: Resultado del análisis de varianza para la variable Primer Conteo entre camiones y entre tratamientos.....	37

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Imagen satelital del campo experimental “Ana Trucco”.....	15
Figura 2: Esquema de cómo se tomaron las muestras.....	16
Figura 3: Plantas recolectadas en el muestreo pre-cosecha.....	17
Figura 4: Toma de muestras en la tolva de la cosechadora.....	17
Figura 5: Toma de muestras en el carro.....	18
Figura 6: A-Toma de muestras en el camión; B- esquema de muestreo en chasis y acoplado.....	18
Figura 7: A- Calado del silo bolsa; B- Esquema de calado para la toma de la muestra.....	19
Figura 8: Laboratorio de Semillas de La Clementina S.A.....	20

Figura 9: Homogeneizador cónico.....	20
Figura 10: Semillas sometidas a la Prueba de Hipoclorito de Sodio correspondientes a la primera repetición realizada de la muestra tolva.....	22
Figura 11: Simientes dispersas sobre la hoja de papel de toalla para la pre- imbibición durante el armado del rollo.....	23
Figura 12: A- 100 semillas distribuidas uniformemente sobre 20 mm de arena; B- bandejas identificadas y colocadas sobre repisas en la cámara de germinación.....	24
Figura 13: Porcentajes de semillas dañadas obtenidas de la prueba de Hipoclorito de Sodio para los diferentes momentos de muestreo en ambos camiones.....	26
Figura 14: Porcentajes de semillas quebradas en los diferentes momentos de muestreo en ambos camiones, obtenidos en la Prueba de Quebrado.....	28
Figura 15: Tubo de descarga de la tolva. Alas del sin fin sinuoso y filoso.....	28
Figura 16: Porcentajes de Viabilidad y Vigor de la simiente en diferentes momentos de muestreo para ambos camiones (C 1 y C 2). Resultados obtenidos en la prueba por Tetrazolio.....	30
Figura 17: Porcentajes de semillas con Daño Mecánico Plano (XP) y Daño Mecánico Cortante (XC) según las distintas clases de viabilidad en diferentes momentos de muestreos del camión n°1, obtenidos mediante la prueba por Tetrazolio.....	31
Figura 18: Porcentajes de semillas con Daño Mecánico Plano (XP) y Daño Mecánico Cortante (XC) según las distintas clases de viabilidad en diferentes momentos de muestreos del camión n°2, obtenidos mediante la prueba por Tetrazolio.....	31
Figura 19: Daño mecánico cortante (XC) A-sobre un cotiledón y B-sobre ambos cotiledones.....	33
Figura 20: Daño mecánico que afecta: A- al eje embrionario de la simiente; B- la zona de inserción del eje embrionario y los cotiledones; C- más del 50 % del cotiledón (semilla no viable).....	35
Figura 21: Porcentajes de plántulas normales obtenidos en la prueba de Germinación Estándar para los distintos momentos de muestreo en los dos camiones muestreados.....	36
Figura 22: Porcentajes de plántulas normales obtenidos en la prueba de Primer Conteo para los distintos momentos de muestreo.....	37

Figura 23: Porcentajes de Germinación y Viabilidad obtenidos a través de las pruebas de Germinación Estándar y prueba de Tetrazolio, respectivamente, en diferentes momentos de muestreo para el camión n°1.....	38
Figura 24: Porcentajes de Germinación y Viabilidad obtenidos a través de las pruebas de Germinación Estándar y prueba de Tetrazolio, respectivamente, en diferentes momentos de muestreo para el camión n°2.....	39
Figura 25: Porcentajes de Vigor Acumulado obtenidos a través de las pruebas de Tetrazolio y Primer Conteo, en diferentes momentos de muestreo para el camión n°1.....	39
Figura 26: Porcentajes de Vigor Acumulado obtenidos a través de las Pruebas de Tetrazolio y Primer Conteo, en diferentes momentos de muestreo del camión n°2.....	40

AGRADECIMIENTOS

Agradezco principalmente a dos personas que hicieron posible entregar este trabajo: una de ellas es mi tutora la Ing. Agr. M.Sc. Carina Gallo ya que, sin su ayuda, conocimiento y paciencia, no lo hubiera logrado. La otra persona es la Directora Técnica del Semillero “La Clementina” S.A., Ing. Agr. Emiliana Cagnoni, que me brindó su lugar de trabajo para poder realizar todas las pruebas de laboratorio y su noción de cómo realizarlas.

Agradezco al Director de este magnífico posgrado, Ing. Agr. Dr Carlos Gosparini y a la Coordinadora Ing. Agr. Dra. Raquel Benavidez, quienes hicieron lo posible para que cada uno de nosotros, los alumnos, pudiéramos aprovechar al máximo cada asignatura del cursado.

Agradezco a dos personas que desempeñan su labor en la maravillosa Facultad Nacional de Rosario, mi Co-directora Lic. en Biotecnología Nidia Montechiarini y la Lic. en Estadística Ivana Barbona, quien me ayudó con los análisis correspondientes.

Fue muy grato trabajar con todo el equipo de cosecha de José Tamone, con la empresa LASECA S.A., encargados del lote de producción de soja y con el Ing. Agr. Ignacio Ordoñez, quien siempre tuvo muy buena predisposición.

Y por último, a mi familia que me apoyó e incentivó a realizar este posgrado, el cual fue muy gratificante tanto a nivel intelectual como personal. Allí conocí a gente muy talentosa y que ama esta profesión.

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue evaluar el daño mecánico ocasionado en un lote de semillas de soja (*Glycine max* (L.) Merr.) durante los diferentes procesos realizados desde el momento de la cosecha hasta el almacenamiento en el silo bolsa. Se utilizó un lote de semillas de soja que fue cosechado en dos camiones con contenidos de humedad diferente (camión n°1 se cosechó con una humedad de 12,5 % y el camión n°2 con una humedad de 13,5%). Los resultados de laboratorio utilizados para evaluar la calidad fisiológica de las semillas y la presencia de daño mecánico correspondieron a las pruebas: Germinación Estándar, Topográfica por Tetrazolio, Primer Conteo, Hipoclorito de Sodio y Quebrado. Tanto la prueba de Hipoclorito de Sodio como la Prueba de Quebrado mostraron que, a medida que la simiente pasó por los diferentes procesos en la cosecha, el porcentaje de semillas afectadas fue aumentando, observándose un mayor valor en el camión con menor contenido de humedad (12,5%). Esto pudo deberse a una mayor susceptibilidad de las semillas frente a golpes respecto a aquellas en el camión que presentó un contenido de humedad mayor. El porcentaje de semillas dañadas mecánicamente en la prueba de Quebrado para ambos camiones fue inferior al 1,5% y la prueba de Hipoclorito de sodio menor al 8%. Los resultados de las pruebas por Tetrazolio, Germinación Estándar y Primer Conteo mostraron una tendencia decreciente de los valores de viabilidad, germinación y vigor, respectivamente, durante el circuito de movimiento de las semillas por las diferentes maquinarias. El momento del pasaje de las mismas a través del tubo de descarga de la tolva fue el punto más crítico en la ocurrencia de daños mecánicos sobre las simientes.

ABSTRACT

The aim of this study was evaluate the mechanical damage caused in a batch of soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) seeds throughout the different processes from harvest to the storage in the silo bag. The batch of soybean seeds was harvested in two trucks with different moisture content (truck n°1 was harvested with a humidity of 12.5% and truck n°2 with a humidity of 13.5%). Laboratory tests used to evaluate the seed physiological quality and the presence of mechanical damage were: Standard Germination Test, Tetrazolium Topographic Test, First Count Test, Hypochlorite Test and Broken Test. Both Hypochlorite Test and Broken Test showed that as seeds went throughout the different harvesting processes, the percentage of damaged seeds increased, more severely for those in the truck with lower moisture content (12.5%). This might be due to an increased susceptibility to shock for dryer seeds respect to seeds with higher moisture level. The percentage of mechanically damaged seeds by the Broken Test was less than 1.5% and by the Hypochlorite Test was less than 8%. Results of Tetrazolium Test, Standard Germination Test and First Count Test showed a decreasing trend in viability, germination and vigour values, respectively, throughout the movement circuit of seed in the different machines. The time of passage throughout the discharge pipe hopper was the most critical point in the occurrence of seeds mechanical damage.

ABREVIATURAS

A: anormal

C1: camión 1

C2: camión 2

DEF.: deformadas

FRA: fractura

M: muerta

MF: madurez fisiológica

N: normal

PG: poder germinativo

XC: daño mecánico cortante

XP: daño mecánico plano

INTRODUCCIÓN

La soja (*Glycine max* (L.) Merr.) se ha convertido en la más importante de las oleaginosas cultivadas a nivel mundial en las últimas tres décadas y es utilizada como fuente de proteínas y de aceite vegetal comestible (Dhingra *et al.*, 2001). En Argentina, es actualmente el principal cultivo agrícola y genera ingresos económicos por exportación de granos y subproductos superiores a cualquier otra producción de origen agropecuario, constituyendo una significativa proporción de los ingresos fiscales para el país (Gargicevich y Leguizamón, 2006).

La Bolsa de Cereales de Buenos Aires estimó que en la campaña gruesa 2013/14 la superficie sembrada de esta oleaginosa fue de 20,2 millones de hectáreas, siendo la producción de 55,5 millones de toneladas, con un rendimiento promedio de 28.1 qq/ha (GEA, 2014).

En este sentido, resulta crítico, desde el punto de vista de su producción, obtener simientes de alta calidad. Una semilla se considera de buena calidad cuando cumple con una serie de requisitos intrínsecos. El primero de estos atributos es la viabilidad, es decir la capacidad o potencialidad de las simientes para producir plántulas normales (Craviotto *et al.*, 2008), entendiendo como plántulas normales a aquellas que muestran el potencial para continuar desarrollándose en plantas aceptables cuando crecen en suelos de buena calidad y bajo condiciones favorables de humedad, temperatura y luz. En otras palabras, la semilla debe estar viva, metabólicamente activa y poseer enzimas capaces de catalizar las reacciones metabólicas necesarias para la germinación. Para que esta producción de plántulas normales ocurra, las semillas deben poseer la capacidad de germinar bajo condiciones favorables de sustrato y ambiente (ISTA, 2015). Esta capacidad conforma el segundo atributo denominado poder germinativo (PG) según el cual, lotes de semillas con alto valor de PG son considerados lotes de buena calidad. El tercer atributo fisiológico que compone la calidad de las semillas es el vigor. ISTA (2015) define al vigor como: “La suma total de aquellas propiedades que determinan el nivel de actividad y comportamiento de las semillas o lote de semillas durante la germinación y emergencia” y esto representa su capacidad para germinar aún en condiciones menos favorables. Las semillas que tienen un buen comportamiento son denominadas de “alto vigor” (Perry, 1978).

En general, las semillas de mayor calidad presentan, además de calidad fisiológica (viabilidad, poder germinativo y vigor), un alto grado de pureza físico-botánica, ausencia de

daños mecánicos, buena sanidad, un adecuado contenido de humedad que permita su buena conservación, un alto grado de uniformidad y buena apariencia.

En el proceso de producción de semillas en el campo son varios los factores que deben tenerse en cuenta para producir simientes de buena calidad y conservar dicha calidad durante la cosecha, el acondicionamiento y el almacenamiento. Cuando el cultivo alcanza el momento de madurez fisiológica (MF), las semillas poseen su máxima calidad fisiológica, es decir, poseen la máxima viabilidad y el máximo vigor. En este punto del desarrollo del cultivo se alcanza la *calidad inicial* de las semillas, la cual debe ser conservada de la mejor manera posible. A partir de ese momento, la disminución del contenido de humedad de las semillas está asociada a las condiciones atmosféricas en las que se encuentra el cultivo y simultáneamente se producen una serie de eventos irreversibles e inexorables que determinan el deterioro de las semillas. Sin embargo, la velocidad con que se producen dichos eventos puede ser minimizada con un correcto manejo del cultivo, una adecuada elección del momento de cosecha y un cuidadoso manipuleo de las simientes durante la cosecha y el acondicionamiento. Es así que las simientes pueden perder gran parte de su calidad inicial durante el pasaje por diferentes maquinarias, tanto en la cosecha como en la etapa de acondicionamiento. A su vez, las semillas almacenadas pueden estar sometidas a condiciones ambientales que afecten negativamente su calidad. Cuando las semillas son empleadas para la siembra de la próxima campaña, es el momento en que presentan la denominada *calidad final*. La diferencia entre la calidad inicial, alcanzada en MF, y la calidad final debe ser la menor posible (Craviotto, 2006).

Durante la producción de semilla de soja, las semillas se mueven a través de distintas maquinarias: la cosechadora, el carrito granero, el camión, el chimango y finalmente el silo. En cada una de estas maquinarias existe la posibilidad de producir daños mecánicos que reducen la calidad fisiológica de la semilla al generar lesiones físicas en el eje embrionario y/o los cotiledones. Las consecuencias de estos posibles daños repercuten no sólo en la longevidad de la semilla luego de su cosecha, sino también en la posterior germinación y producción de plántulas normales. Además, las semillas con daños mecánicos son más vulnerables al ataque de patógenos, que encuentran en estos daños, las vías de ingreso a la simiente. Por tales motivos, la existencia de daños mecánicos en las semillas puede ocasionar pérdidas importantes de la calidad fisiológica y sanitaria obtenida en el campo durante la producción del cultivo (INTA –PRECOP, 2008). El área afectada por un daño mecánico

puede ser visualizada como un corte nítido de mayor a menor profundidad o bien como un machucón o golpe plano (Craviotto *et al.*, 2008). La calidad fisiológica puede verse afectada también por condiciones ambientales desfavorables, ataque de insectos y un manejo inapropiado durante la cosecha o aún después de ella.

Entre las pruebas de laboratorio más empleadas para evaluar la calidad de semillas se encuentra la prueba de Germinación Estándar, cuyo objetivo es determinar el máximo potencial de germinación de un lote de semillas bajo condiciones óptimas de temperatura y humedad. Esta prueba es el principal test aceptado internacionalmente para la determinación de viabilidad de las semillas y, 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 (Hampton y Tekrony, 1995). La prueba de Germinación Estándar normalmente comprende a la prueba de Primer Conteo, en la cual se cuantifican las plántulas normales y que además, germinaron más rápidamente (Arthur & Tonkin, 1991). De esta manera, el porcentaje de plántulas normales con alta velocidad de germinación, resulta un buen indicador de calidad y constituye el principio en el que se basa la prueba de Primer Conteo como un estimador de vigor para el lote de semillas (Nakagawa, 1999).

Para determinar la presencia de daño mecánico en las semillas de soja se emplean diferentes pruebas de laboratorio, entre las cuales se pueden mencionar la prueba de Hipoclorito de Sodio y la prueba Topográfica por Tetrazolio.

La prueba de Hipoclorito de Sodio es una técnica rápida para determinación del daño mecánico que permite identificar aquellas semillas que poseen fallas en la integridad del tegumento debido a la presencia de fisuras y/o lesiones imperceptibles a simple vista (Peretti, 1994).

La prueba Topográfica por Tetrazolio es una prueba bioquímica que permite estimar de forma rápida y eficiente la viabilidad de las semillas y, además, facilita la identificación de factores que afectan la calidad de las mismas como daños mecánicos, daños por chinches y daños causados por el ambiente de producción, brindando datos útiles para diagnosticar las posibles causas de pérdida de calidad de las semillas (Bhering *et al.*, 1996). La evaluación de la calidad de las semillas a través de la prueba Topográfica por Tetrazolio se basa en un cambio de coloración de los tejidos vivos en presencia de una solución de la sal de cloruro de 2, 3, 5-trifenil tetrazolio como consecuencia de la actividad de las enzimas deshidrogenasas,

presentes en los tejidos vivos de las semillas. Estas enzimas catalizan la reacción de los iones H^+ liberados por la respiración reduciendo la sal de tetrazolio a una sustancia estable, no difusible, de coloración rosado - rojiza, denominada trifeníl formazan que permite distinguir en las semillas las áreas vivas (de color rojo o rosado) de las áreas muertas (que no presentan coloración). Además de permitir la determinación de viabilidad, la prueba de Tetrazolio es utilizada para estimar el vigor del lote de semillas. Esto es una extensión de los estudios de los patrones de tinción desarrollados originalmente por Lakon (1950), quien describió a esta prueba como un test de vigor para cereales en general, y que posteriormente fue presentada para trigo por Perry (1987). Dichos patrones de tinción fueron luego desarrollados en Europa (Steiner y Werth, 1974) y Estados Unidos (Moore, 1976) y posteriormente esta prueba fue usada para un amplio rango de especies incluyendo soja, maíz, algodón, pino y tréboles (AOSA, 1997). En la Prueba Topográfica por Tetrazolio se pone especial atención en todas las partes de cada semilla, particularmente en las características internas del embrión. Las evaluaciones de vigor se realizan sobre la base de la identificación, localización y observación de los tejidos de la semilla (Hampton y Tekrony, 1995).

El objetivo de este trabajo fue diagnosticar la calidad fisiológica de semillas de soja en términos de viabilidad, poder germinativo, vigor y niveles de daño mecánico producidos, para un lote de semillas de soja en la localidad de San Jorge (provincia de Santa Fe, Argentina), durante las sucesivas etapas del cultivo desde la cosecha hasta el almacenamiento en el silo bolsa.

HIPÓTESIS

Las maquinarias empleadas durante la cosecha de semillas de soja hasta el almacenamiento en el silo producen daños mecánicos que perjudican la calidad fisiológica de las simientes.

OBJETIVOS

- 1- Determinar en semillas de soja la presencia de daño mecánico producido por el paso de las simientes a través de distintas maquinarias, desde la cosecha hasta el almacenamiento en el silo.
- 2- Cuantificar dicho daño mecánico, en caso de que se detectara.
- 3- Identificar los puntos críticos en los que se produce mayor nivel de daño.
- 4- Determinar la calidad fisiológica de las semillas en cada instancia de muestreo.
- 5- Establecer si hubo perjuicios en la misma.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio experimental

a- Campo

El trabajo se realizó en el campo “Ana Trucco” (Fig. 1), de 52 has, perteneciente a la comuna de Crispi, (31°50'08,61``S y 62°01'51,44`` O), provincia de Santa Fe. Se utilizó la variedad de soja SPS 4 X 4, obtenida de un único lote, con manejo uniforme. El lote de producción pertenece a la empresa La Clementina S.A., la cual actúa como multiplicadora de Syngenta.

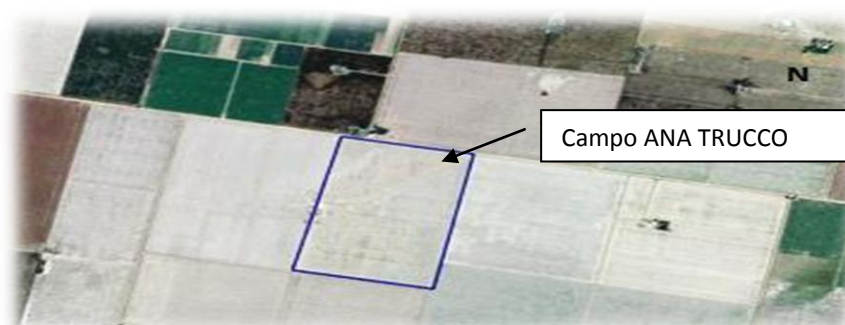


Figura 1: Imagen satelital del campo experimental “Ana Trucco”

El lote fue sembrado el día 11 de noviembre de 2013 con una máquina sembradora Agrometal MXY de 0,42 m. de distancia entre surcos. Desde su implantación hasta el momento de madurez de cosecha se realizó un monitoreo semanal en el que se observó el estado fenológico del cultivo y la presencia de insectos y enfermedades. Utilizando el criterio de manejo integrado de plagas se determinó, cuando fue necesario, la aplicación de productos fitosanitarios para conservar la sanidad y el rendimiento del cultivo.

La cosecha se realizó el día 2 de abril de 2014 con una cosechadora Case 2388 Extrime de tipo axial. El rotor presentaba una velocidad de 500 rpm.

Las semillas se traspasaron desde la cosechadora al carro granero y luego a los camiones. Posteriormente, estos camiones se dirigieron hasta la localidad de San Jorge, ubicada a 20 km del lote de producción. Allí se realizó el embolse de las semillas. Para ello se procedió a abrir una boquilla por vez para que fluyeran las semillas, que fueron recepcionadas por una bandeja de contención mientras un chimango las embutía dentro de silos bolsa (bolsas de 9 pies x 75 m. reforzada, marca IPESA). Cabe aclarar que el chimango poseía cepillitos para evitar daños mecánicos.

Muestreo

El lote de producción presentó un rinde promedio de 47 qq, y con este dato se estimó que en 6,4 ha cosechadas se obtuvieron 30.000 kg. de soja por camión (tara aproximada del camión=15.000 kg). Se procedió a sacar una muestra de cada franja del campo correspondiente al llenado de un camión. De esta forma, el flujo de semillas que se analizó fue siempre el mismo. Para la realización de este trabajo se llenaron dos camiones (Fig. 2).

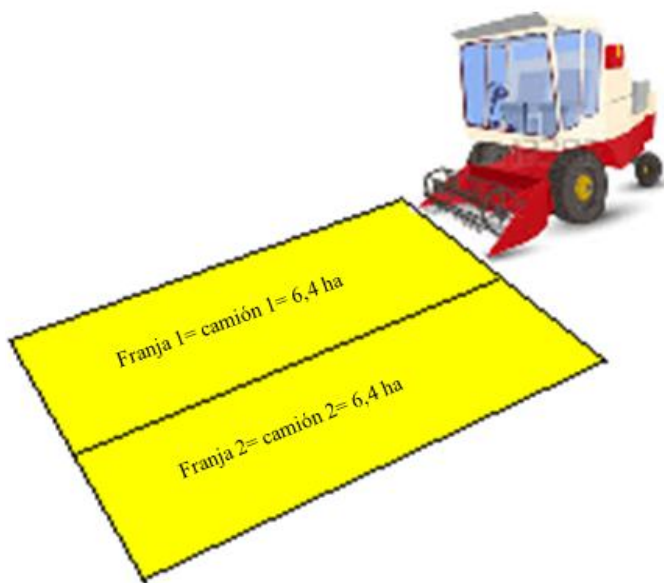


Figura 2: Esquema de cómo se tomaron las muestras.

Se consideraron cinco momentos de muestreo: 1) en pre-cosecha; 2) en la tolva de la cosechadora; 3) en la tolva o el carro granero después de la caída de la semilla; 4) en el camión después de la caída de la semilla y 5) en el silo bolsa.

1. en pre-cosecha.

Se tomó una muestra representativa de plantas en 6,4 has equivalentes a 2 kg aproximadamente de semillas (Fig 3). Luego se trillaron las plantas en forma manual y las semillas se colocaron en una bolsa de polietileno y se guardaron en condiciones de cámara fría a 14 °C hasta el momento de su evaluación.



Figura 3: Plantas recolectadas en el muestreo pre-cosecha.

2. cosechadora, en la tolva después de la caída de la semilla.

Se tomaron muestras dentro de la cosechadora, en 3 puntos de la masa de semilla, con un calador de silo bolsa de acero inoxidable de 2000 mm. de longitud, con 13 celdas de 80 mm. de longitud con descarga por el mango, marca Batagllia S.R.L, para el llenado de cada camión. Los puntos de muestreo se ubicaron uno el centro y dos en la periferia de la tolva de la máquina (Fig. 4). De esta forma, la muestra estuvo compuesta por las semillas enteras y partidas que se depositaron en el centro y periferia de la tolva por diferencia de peso.



Figura 4: Toma de muestras en la tolva de la cosechadora.

3. tolva o carro granero, después de la caída de la semilla.

En la parte delantera y posterior del carro granero, se tomaron cuatro muestras con un calador de silo bolsa, dos en el centro y dos en la periferia de la tolva del carro para obtener muestras representativas (Fig.4) Para llenar un camión se descargó 3 veces la tolva. Cada tolva llevó 10000 kg. Siempre se utilizó el mismo carro granero.



Figura 5: Toma de muestras en el carro.

4. en el camión después de la caída de la semilla.

Se tomaron tres muestras en el chasis del camión y cinco muestras en el acoplado (Fig. 6 B). Para realizar el muestreo se empleó un calador de silo bolsa (Fig. 6 A).

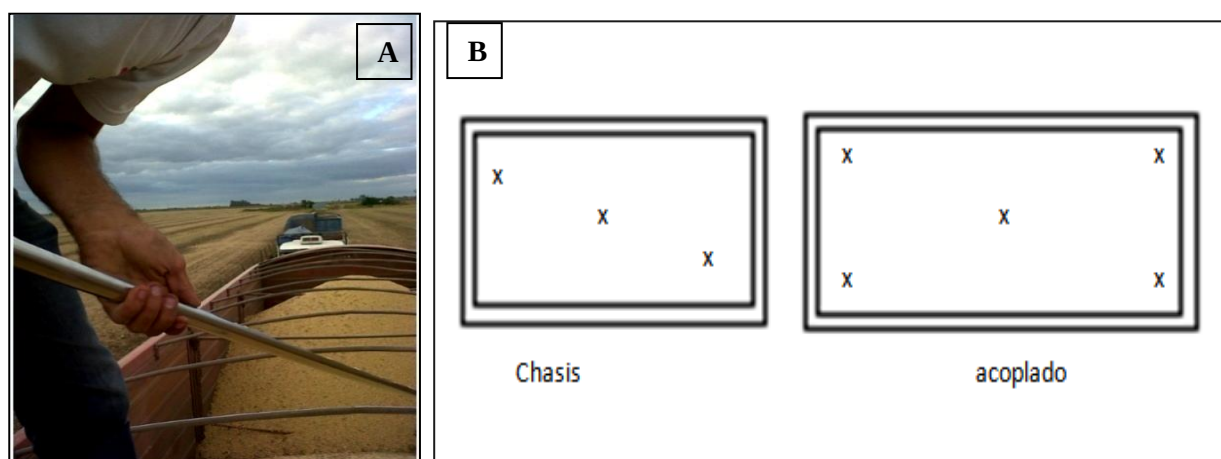


Figura 6: A-Toma de muestras en el camión; B- esquema de muestreo en chasis y acoplado.

5. en el silo bolsa.

El silo bolsa (IPESA) contuvo exclusivamente las semillas de la variedad SPS 4 x 4 cosechadas del lote de producción seleccionado para el ensayo. Para armar el silo bolsa se

empleó una bolsa de 9 pies x 75 m, con capacidad para almacenar la carga de 7 camiones. Cada camión transportó 30.000 kg. de semillas de soja y las mismas se almacenaron en 10 m. lineales de la bolsa.

Durante el armado del silo bolsa se realizó el muestreo del mismo en tres puntos: a 1,5 m., 5 m. y 8,5 m. (Fig. 7 B), respectivamente, del punto donde se comenzaron a almacenar las semillas dentro del silo bolsa para ambos camiones. Para realizar dicho muestreo se siguió el protocolo provisto por Syngenta.

Para la toma de muestra se utilizó un calador de silo bolsa (Fig. 7 A). Finalizado el muestreo en cada punto el orificio de la bolsa se selló con cinta de malla de tela resistente. En cada instancia del muestreo se recolectaron aproximadamente 2 (dos) kg de semilla.

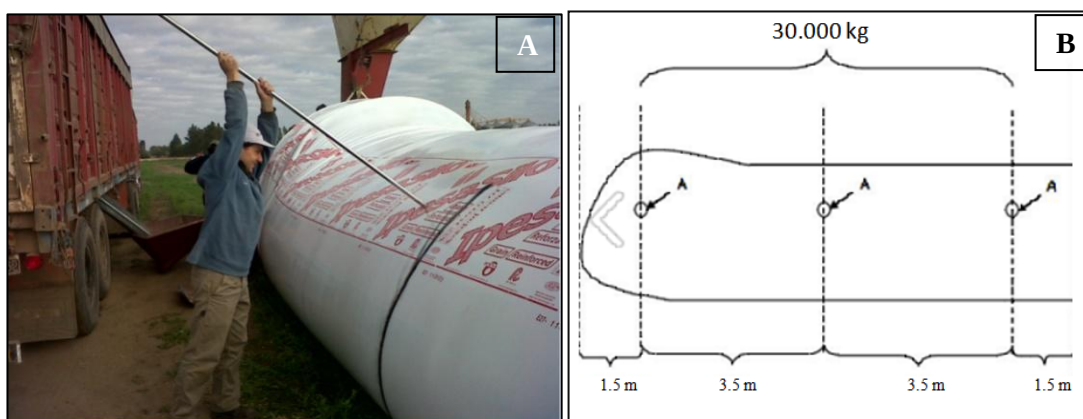


Figura 7: A- Calado del silo bolsa; B- Esquema de calado para la toma de la muestra.

b- Laboratorio

Las pruebas utilizadas para identificar y cuantificar el daño mecánico en las semillas de soja se realizaron en el Laboratorio de Semillas de La Clementina S.A., habilitado por INASE y ubicado en la localidad de San Jorge. En dicho laboratorio se dispone de todo el material y equipamiento necesario para llevar a cabo las pruebas de calidad de semillas (Fig. 8).



Figura 8: Laboratorio de Semillas de La Clementina S.A.

Obtención de las muestras

En el laboratorio se procedió a homogeneizar y reducir las muestras a sub muestras de 400 g. cada una. Se empleó un homogeneizador tipo cónico marca Kyaserv (Fig. 9).



Figura 9: Homogeneizador cónico

Las sub muestras se pasaron por dos diferentes zarandas:

- 1) zaranda de tajo de 2 mm. de diámetro, para separar las semillas inmaduras o arrugadas y de tamaño pequeño de las semillas de tamaño normal. La fracción de semillas retenida en la zaranda fue pesada y se sometió luego al segundo zarandeo.
- 2) zaranda de tajo de 3,75 mm. de diámetro, para separar las semillas enteras de las partidas. Las primeras, retenidas en la zaranda, se pesaron y constituyeron la muestra de trabajo para realizar las pruebas de calidad en el laboratorio.

Análisis de calidad

Los atributos de calidad de las semillas determinados mediante análisis de laboratorio fueron:

- **Contenido de Humedad**
- **Cuantificación del Daño Mecánico:** cortante y plano
- **Determinaciones de Calidad Fisiológica:** Viabilidad, Poder Germinativo y Vigor

Contenido de Humedad de las semillas: para determinar la humedad de la muestra a campo se utilizó un humidímetro marca Tesma, instrumento portátil y de gran precisión. Para la lectura se procedió a colocar el medidor en la calibración correspondiente a la oleaginosa soja y luego se fue colocando la semilla en forma fluida hasta obtener la humedad de la muestra. Este instrumento se calibró cada vez que se realizó una medición.

Cuantificación del Daño Mecánico: Para determinar la presencia y cuantificar el daño mecánico en las muestras de semillas en cada una de las instancias de muestreo se realizaron las pruebas de Hipoclorito de Sodio, Quebrado y Topográfica por Tetrazolio.

Determinación de la Calidad Fisiológica: Para determinar la calidad fisiológica de las semillas en cada una de las instancias de muestreo se realizaron las pruebas de Germinación Estándar, Primer Conteo y Topográfica por Tetrazolio para viabilidad y vigor.

Descripción de las pruebas de laboratorio.

- **Prueba de Hipoclorito de Sodio:** Se emplearon dos repeticiones de 100 semillas por cada instancia de muestreo. Para realizar la prueba se siguieron las instrucciones del protocolo de la empresa Syngenta debido a que la semilla se produjo para dicha compañía. Las semillas se sumergieron en una solución de hipoclorito de sodio formada por una parte de hipoclorito de sodio (55 gr Cl/l) y nueve partes de agua. Al cabo de un minuto las semillas se retiraron de la solución, se colocaron sobre papeles de filtro y se determinó visualmente el nivel de daño físico (Fig. 10) Se consideraron semillas dañadas aquellas que presentaron ruptura en el

tegumento y un tamaño dos o tres veces mayor que el original. Los resultados se expresaron como “Porcentaje de Semillas Dañadas” y se registraron en una planilla por cada momento de muestreo.



Figura 10: Semillas sometidas a la Prueba de Hipoclorito de Sodio correspondientes a la primera repetición realizada de la muestra tolva.

- **Prueba de Quebrado:** para llevar a cabo esta prueba se empleó la simiente proveniente de la muestra homogeneizada retenida en la zaranda de 2 mm. Una vez pesada y dividida en dos por medio de la zaranda de 3,75 mm., la fracción de simientes quebradas, fue recolectada por el recipiente ciego, mientras que las semillas enteras quedaron retenidas en la parte superior de la zaranda. Por diferencia de peso de esta última fracción con el material de inicio se calculó el porcentaje de semillas quebradas.

- **Prueba Topográfica por Tetrazolio:** Para la realización de esta prueba se utilizó una solución al 0,1% de la sal de cloruro de 2, 3, 5-trifenil tetrazolio. Se trabajó con 2 repeticiones de 100 semillas para cada instancia de muestreo. Las semillas se acondicionaron realizando una pre-imbibición lenta a temperatura ambiente durante 18 hs, colocándolas en rollos de papel toalla de 15 cm x 30 cm humedecidos a saturación (Fig.11). Para completar la imbibición, las semillas se sumergieron en agua durante 1 h. antes de la inmersión en la solución de tetrazolio. Finalizado el período de acondicionamiento de las semillas, se eliminó el agua de inmersión y se procedió a la tinción de las mismas.

Para realizar la tinción, se utilizaron frascos de vidrio de 100 ml con tapa hermética, donde se colocaron las semillas totalmente sumergidas en la solución de tetrazolio. Estos frascos se incubaron en estufa a 35 °C durante 2,5 hs. y en oscuridad. Una vez completada la

tinción, las semillas se enjuagaron con abundante agua corriente y se realizaron las observaciones sobre cada semilla individualmente.

Las semillas se clasificaron como viables y no viables y se determinaron tipos de daños (mecánico cortante y plano, ambiental, chinche, fracturas y malformaciones genéticas). Las semillas viables se dividieron en cuatro categorías: semillas viables sin defectos, semillas viables con defectos leves; semillas viables con defectos moderados, semillas viables con defectos severos. Los resultados se expresaron en términos de “Porcentaje de Semillas Viables”, el cual se calculó como la suma de las categorías nombradas anteriormente.

Esta prueba también permitió calcular el Vigor acumulado como la suma de los resultados obtenidos en las categorías semillas viables con defectos leves y viables con defectos moderados. La clasificación de las semillas en las categorías planteadas se realizó siguiendo el patrón de viabilidad para la especie soja determinado por Craviotto y Arango (2006).

Para la identificación y cuantificación de los daños de las semillas recolectadas en cada una de las instancias de muestreo, se siguió el patrón de daños para la especie soja establecido por Craviotto *et.al* (2008).

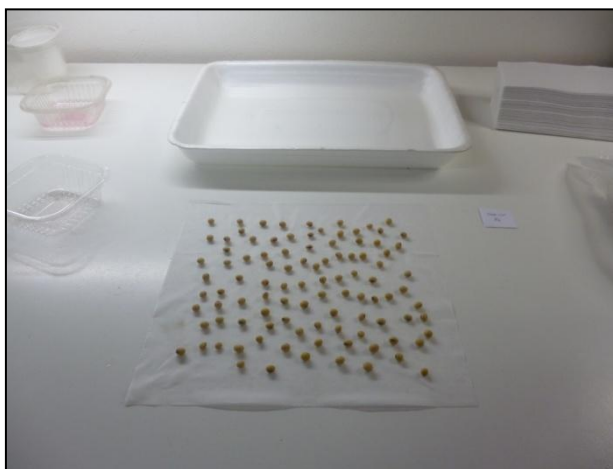


Figura 11: Simientes dispersas sobre la hoja de papel de toalla para la pre- imbibición durante el armado del rollo.

Para corroborar la precisión de los resultados, se empleó la tabla de tolerancia ISTA (1997)

- **Prueba de Germinación Estándar:** Se siguió el protocolo indicado por Reglas ISTA (2015). Se realizaron cuatro repeticiones de 100 semillas en cada instancia de muestreo. Para la

siembra se empleó arena como medio de cultivo, previamente esterilizada y tamizada. La esterilización se realizó en estufa (Científica Central, Jacobo Rapoport S.A, Modelo 6040) a 120°C durante 24 horas; y para el tamizado se empleó una malla de 0.8 mm. de diámetro. La capacidad de retención de agua de la arena fue de 18,2%, y se trabajó con el 60% de dicha capacidad de retención (Anexo 1). Los recipientes utilizados para la siembra fueron bandejas plásticas de 17 cm x 24 cm x 5 cm. En el interior de cada bandeja se colocó una capa de arena húmeda de 20 mm. de espesor. El medio de crecimiento se distribuyó uniformemente dentro de cada bandeja con un peine de metal a fin de lograr una correcta nivelación y aireación de la arena en toda la superficie de siembra. Las semillas se esparcieron sobre el medio de crecimiento con una placa sembradora que aseguró una buena distribución de las simientes (Fig.12 A). Finalizada la siembra, las se cubrieron con 20 mm. de arena húmeda y se niveló nuevamente la arena. Las bandejas se introdujeron en bolsas de polietileno de 100 micrones para evitar la pérdida de humedad desde el medio de crecimiento. Luego los recipientes se llevaron a una cámara de germinación con temperatura constante de $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$ (Fig.12 B).

La evaluación de las plántulas fue realizada el séptimo día después de la siembra. La clasificación de plántulas se realizó según criterio del Manual de Evaluación de Plántulas de ISTA (1995). También se contaron las semillas muertas según la definición dada por ISTA (2015). El resultado se expresó como “Porcentaje de Plántulas Normales”.



Figura 12: A- 100 semillas distribuidas uniformemente sobre 20 mm de arena; **B-** bandejas identificadas y colocadas sobre repisas en la cámara de germinación.

Para corroborar la precisión de los resultados se empleó la tabla 5 B parte 1 del capítulo 5 de las Reglas Internacionales para Análisis de Semillas (ISTA, 2015).

- **Prueba de Primer Conteo:** La metodología empleada fue similar a la Prueba de Germinación Estándar y sólo difirió en el tiempo en el que se llevó a cabo la evaluación de las plántulas. En el caso de la Prueba de Primer Conteo, el período de germinación fue de 5 días a $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$. Se analizaron dos repeticiones de 100 semillas cada una. La evaluación de las plántulas fue realizada el quinto día después de la siembra. La clasificación de plántulas se realizó según criterio del Manual de Evaluación de Plántulas de ISTA (1995). El resultado se expresó como “Porcentaje de Plántulas Normales”.

Para corroborar la precisión de los resultados se empleó la tabla 5 B parte 2 del capítulo 5 de las Reglas Internacionales para Análisis de Semillas (ISTA, 2015).

Análisis estadístico

En virtud que los datos provenientes de las variables de la Determinación del Contenido de Humedad, Prueba de Hipoclorito de Sodio, Prueba de Quebrado, Prueba de Germinación Standard, Prueba de Primer Conteo y Prueba Topográfica por Tetrazolio se expresaron en porcentaje, para su estudio fueron transformados usando el arco seno de la raíz cuadrada de la proporción ($\arcsin \sqrt{x/100}$). Para evaluar el cumplimiento de los supuestos de normalidad y varianza constante se aplicaron los Test de Shapiro Wilks y Leven, respectivamente.

Los ensayos se realizaron según un diseño en bloques completamente aleatorizado. Cada camión se consideró un bloque. Para los cálculos estadísticos se utilizó el software estadístico Infostat. Se realizó análisis de variancia para el análisis de resultados y la prueba de comparaciones múltiples Tukey para la comparación de medias.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Contenido de Humedad de las semillas.

El camión n°1 se cosechó con una humedad de 12,5 % y el camión n°2 se cosechó con una humedad de 13,5%. Esta diferencia se debió a la humedad ambiente al momento de la cosecha, el camión n° 1 se cargó horas después del mediodía y el camión n° 2 en las últimas horas de la tarde.

Prueba de Hipoclorito de Sodio.

Los resultados obtenidos en la prueba de Hipoclorito de Sodio mostraron que, a medida que la simiente pasó por los diferentes procesos en la cosecha, el porcentaje de semillas con presencia de daños mecánicos en sus tegumentos aumentó. Este incremento del porcentaje de semillas afectadas se verificó para ambos camiones (Fig. 13).

Las semillas del camión n°1, con menor contenido de humedad respecto a las del camión n°2, presentaron mayor porcentaje de daño mecánico. Esto pudo deberse a una mayor susceptibilidad al golpe mecánico de trilla para las simientes más secas, como así también a una mayor susceptibilidad al resto de los movimientos dentro de la cosechadora.

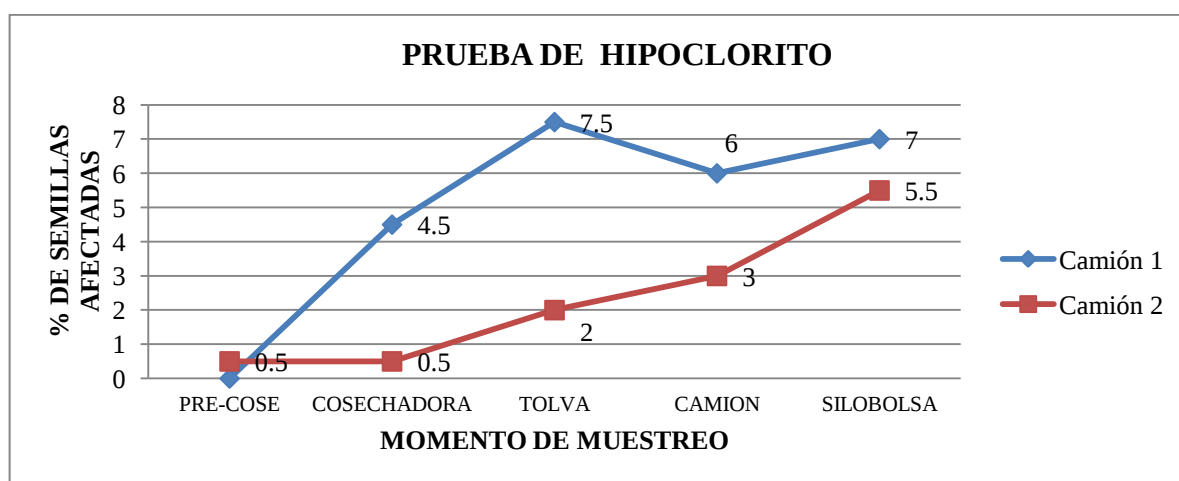


Figura 13: Porcentajes de semillas dañadas obtenidas de la prueba de Hipoclorito de Sodio para los diferentes momentos de muestreo en ambos camiones.

En la tabla 1 se muestran los resultados del análisis de variancia. Se observaron diferencias significativas entre camiones ($p=0,0016$) y entre los momentos de muestreo ($p=$

0,0008). La comparación de medias entre los diferentes momentos de muestreo (Tabla 2) mostró diferencias significativas para el tratamiento pre-cosecha respecto a tolva y silo bolsa, manifestando que la integridad del tegumento de las simientes va sufriendo daños a medida que las simientes atraviesan los diferentes momentos de muestreo.

Tabla 1: Análisis de varianza para la variable Hipoclorito de Sodio.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	122,75	5	24,55	10,17	0,0003
Camión	36,45	1	36,45	15,10	0,0016
Tratamiento	86,30	4	21,58	8,94	0,0008
Error	33,80	14	2,41		
Total	156,55	19			

Tabla 2: Resultado de Test de Tukey para la variable Hipoclorito de Sodio en los diferentes momentos de muestreo.

Test:Tukey (Tabla 2) Alfa=0,01 DMS=4,37707

Error: 2,4143 gl: 14

Tratamiento	Medias	n	E.E.		
SILOBOLSA	6,25	4	0,78	A	
TOLVA	4,75	4	0,78	A	
CAMION	4,50	4	0,78	A	B
COSECHADORA	2,50	4	0,78	A	B
PRE-COSECHA	0,25	4	0,78		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes.

Prueba de Quebrado

Se determinó que el aumento del porcentaje de semillas quebradas fue progresivo a lo largo de la secuencia de los momentos de muestreo en ambos camiones (Fig. 14).

En ambos camiones se puede observar que, para el momento de muestreo Camión, hubo un aumento importante en el porcentaje de semillas quebradas. Para el camión n°1- momento de muestreo Tolva, el porcentaje de semillas quebradas fue de 0,99 y para el momento de muestreo Camión aumentó un 50% (1,48, Fig. 14). En forma similar, para el camión n°2- momento de muestreo Tolva, hubo un porcentaje de semillas quebradas de 0,36 y para el momento de muestreo Camión aumentó un 75% (0,63, Fig. 14). Dicho incremento puede ser explicado como consecuencia del pasaje de las simientes a través del tubo de descarga de la tolva, la cual poseía una zona de unión sobresaliente que generó daños mecánicos importantes en las semillas cuando el sin fin funcionó a altas rpm.

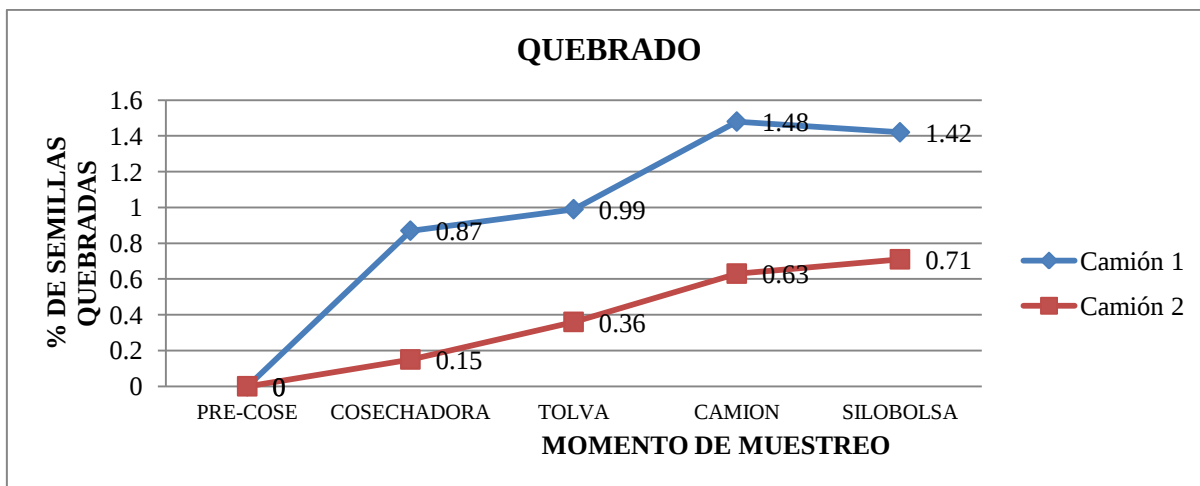


Figura 14: Porcentajes de semillas quebradas en los diferentes momentos de muestreo en ambos camiones, obtenidos en la Prueba de Quebrado.

Al evaluar el estado de la maquinaria se identificó un desgaste del sin fin y la presencia de alas con bordes sinuosos y filosos (Fig. 15) que podrían haber favorecido la aparición de daños mecánicos importantes sobre las semillas, traducidos en quebraduras de las estructuras seminales.



Figura 15: Tubo de descarga de la tolva. Alas del sin fin sinuoso y filoso.

Al igual que en la prueba de Hipoclorito de Sodio, el porcentaje de semillas quebradas fue mayor en las muestras obtenidas del camión n°1 (semillas con menor contenido de humedad) respecto de las muestra del camión n°2. No se realizaron análisis estadísticos de estas diferencias ya que no se dispuso de repeticiones necesarias debido a la metodología de determinación de la variable quebrado.

El porcentaje de semillas quebradas obtenido de las muestras del silo bolsa indicó una estabilización en la cantidad de semillas dañadas por quebrado respecto del momento de muestreo previo (Fig 14), poniendo de manifiesto un menor impacto mecánico sobre las simientes desde el traspaso del camión al silo bolsa. Esto se debió probablemente a que el sin fin de la embutidora poseía un cepillo en todo el contorno del sin fin que minimizó el daño por quebrado.

Prueba Topográfica por Tetrazolio

Los resultados de Viabilidad obtenidos en la prueba por Tetrazolio se encontraron dentro de la tolerancia según las tablas empleadas (Craviotto *et al.*, 2008) De esta manera, las diferencias del porcentaje de semillas viables entre las repeticiones se debieron al azar y no a la metodología empleada o a la evaluación.

A través de esta prueba se evaluó de forma individual a las semillas y se observó que las semillas teñidas adquirieron una coloración rosado pálida en los tejidos sanos, mientras que en los tejidos deteriorados se observó una coloración rojo intensa y los tejidos muertos no se tiñeron. En la evaluación de las semillas teñidas, además de la coloración de los tejidos, se tuvo en cuenta la turgencia de éstos y la localización de los daños.

La prueba de Tetrazolio, como un test topográfico, permitió determinar el número de semillas viables y el vigor acumulado.

Los resultados obtenidos para ambos camiones mostraron diferentes tendencias. Para el camión n°1, los valores de viabilidad y vigor fueron similares y presentaron una leve disminución a lo largo del procesamiento de las semillas. En cambio, para el camión n°2, se registró una mayor pérdida en ambos atributos y, a su vez entre ellos, la disparidad fue mayor, acentuándose en los momentos de muestreo Tolva, Camión y Silo bolsa (Fig 16).

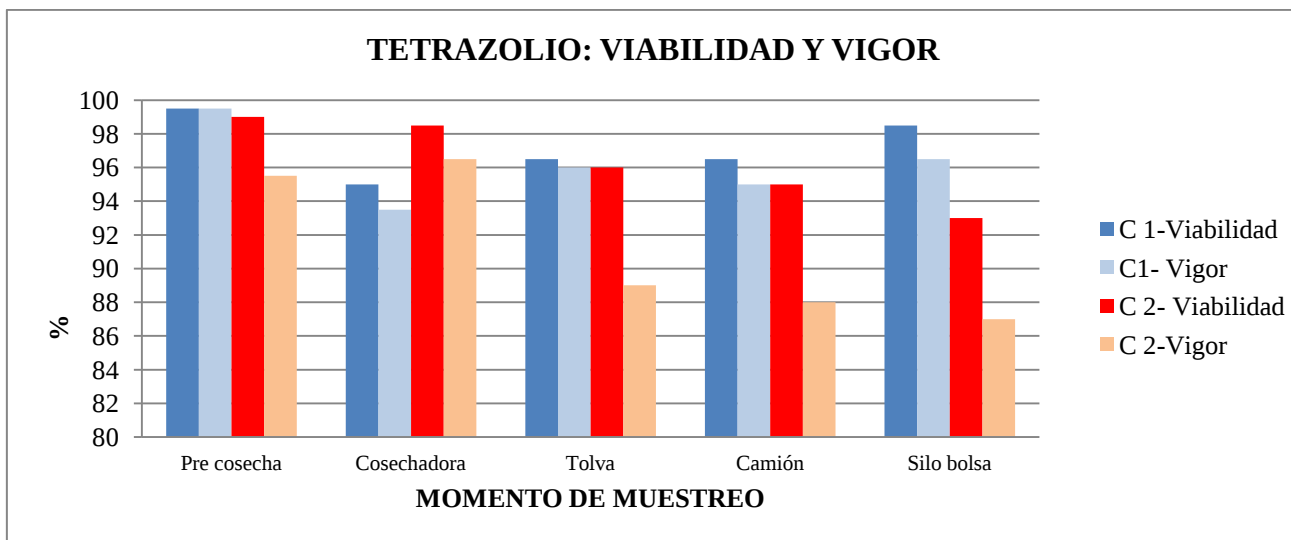


Figura 16: Porcentajes de Viabilidad y Vigor de la simiente en diferentes momentos de muestreo para ambos camiones (C 1 y C 2). Resultados obtenidos en la prueba por Tetrazolio.

Los resultados del análisis de variancia para viabilidad (Tabla 3) no mostraron diferencias significativas entre camiones ($p=0,5646$) ni entre tratamientos ($p=0,5716$). Tampoco se encontraron diferencias significativas para vigor (Tabla 4) entre camiones ($p=0,0857$) ni tratamientos ($p=0,4561$).

Tabla 3: Análisis de variancia para la variable viabilidad entre camiones y entre tratamientos

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	19,03	5	3,81	0,74	0,6327
Camión	2,03	1	2,03	0,39	0,5646
Tratamiento	17,00	4	4,25	0,83	0,5716
Error	20,60	4	5,15		
Total	39,63	9			

Tabla 4: Resultado del análisis de variancia para la variable vigor entre camiones y entre tratamientos.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	112,43	5	22,49	1,93	0,2719
Camión	60,03	1	60,03	5,15	0,0857
Tratamiento	52,40	4	13,10	1,12	0,4561
Error	46,60	4	11,65		
Total	159,03	9			

No existen diferencias significativas para el vigor en promedio entre tratamientos ni entre camiones.

Las Figs. 17 y 18 muestran los porcentajes de semillas con daños mecánicos plano (XP) y cortante (XC) obtenidos para los respectivos camiones.

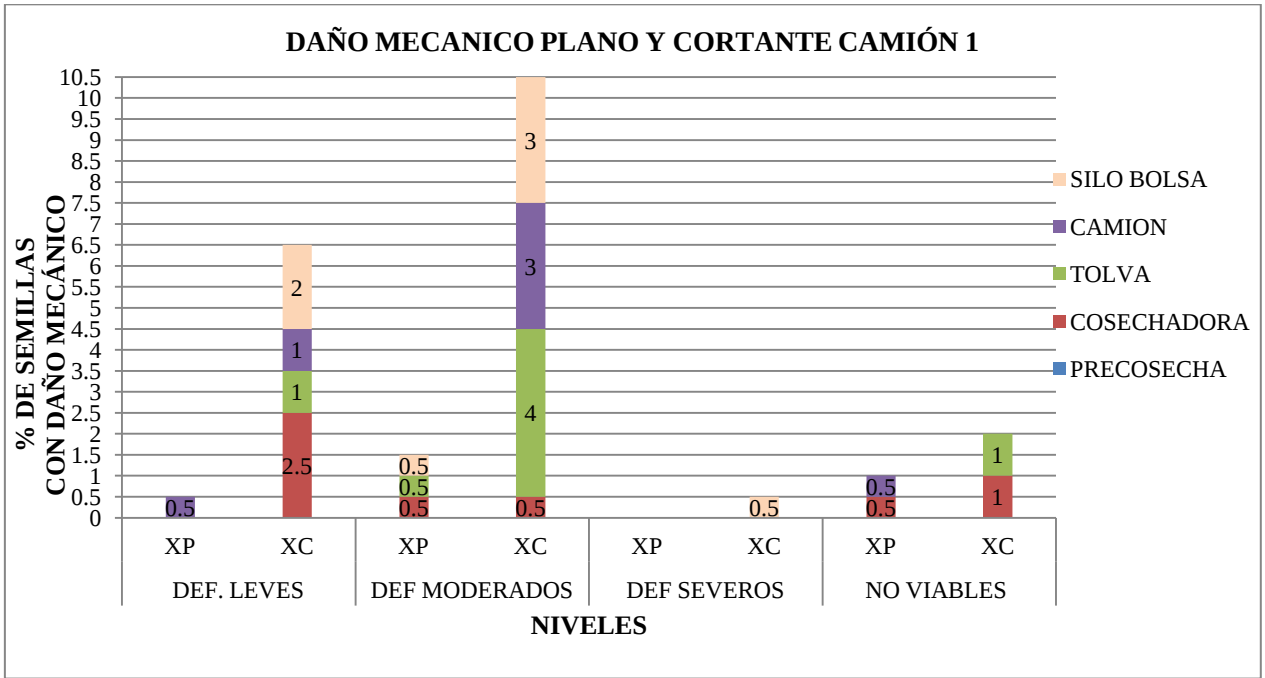


Figura 17: Porcentajes de semillas con Daño Mecánico Plano (XP) y Daño Mecánico Cortante (XC) según las distintas clases de viabilidad en diferentes momentos de muestreos del camión n°1, obtenidos mediante la prueba por Tetrazolio.

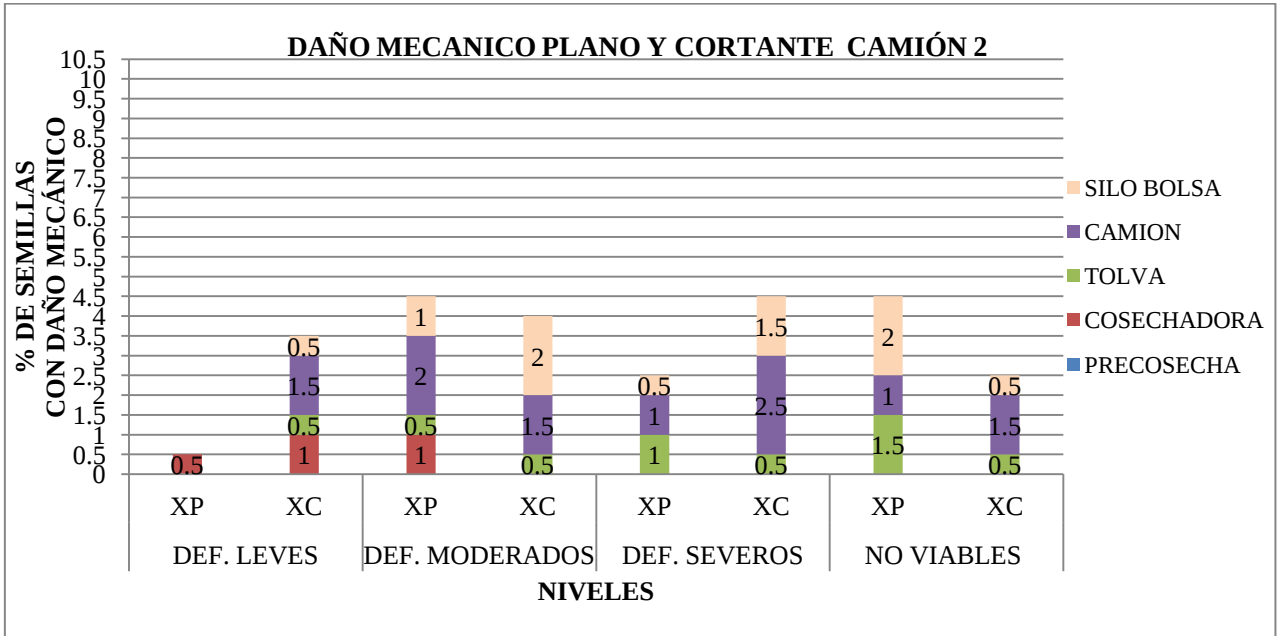


Figura 18: Porcentajes de semillas con Daño Mecánico Plano (XP) y Daño Mecánico Cortante (XC) según las distintas clases de viabilidad en diferentes momentos de muestreos del camión n°2, obtenidos mediante la prueba por Tetrazolio.

En el camión n°1 hubo mayor presencia de XC respecto al XP en todas las etapas de procesamiento de las semillas, esto podría deberse a que el menor contenido de humedad de estas semillas incrementó la ocurrencia de fisuras y fracturas propias del XC. Se encontraron diferencias significativas para el XC entre tratamientos ($p=0.0167$; Tabla 5). En la Tabla 6 se observa la existencia de diferencias significativas para la variable XC entre los momentos de muestreo Pre cosecha y Camión y Silo bolsa, respectivamente. Esto podría deberse a que el tubo de descarga de la tolva o carrito granero produjo un mayor XC.

Tabla 5: Resultado del análisis de varianza para la variable daño mecánico cortante (XC) entre camiones y entre tratamientos.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	83,80	5	16,76	3,72	0,0236
Camión	5,00	1	5,00	1,11	0,3097
Tratamiento	78,80	4	19,70	4,38	0,0167
Error	63,00	14	4,50		
Total	146,80	19			

Tabla 6: Resultado de Test de Tukey para la variable daño mecánico cortante (XC) en los diferentes momentos de muestreo.

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=4,67392

Error: 4,5000 gl: 14

Tratamiento	Medias	n	E.E.		
CAMION	5,50	4	1,06	A	
SILOBOLSA	5,00	4	1,06	A	
TOLVA	4,00	4	1,06	A	B
COSECHADORA	2,50	4	1,06	A	B
PRE-COSECHA	0,00	4	1,06		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes.

De acuerdo con Craviotto *et al.* (2008), el área afectada por el XC se visualizó como un corte nítido de distinta profundidad. En cambio, el XP se manifestó como un área con tejidos deteriorados o muertos según el grado de avance de los procesos de deterioro. En algunas semillas se observaron áreas afectadas por cortes rodeados de tejidos de color rojo intenso que indicó un activo proceso de deterioro con el consecuente incremento de la actividad respiratoria (Fig. 19A). Por otro lado, en la evaluación de las semillas se identificaron áreas dañadas por un corte nítido acompañado de una coloración blanco mate que indicó la muerte de estos tejidos circundantes al corte (Fig. 19B).

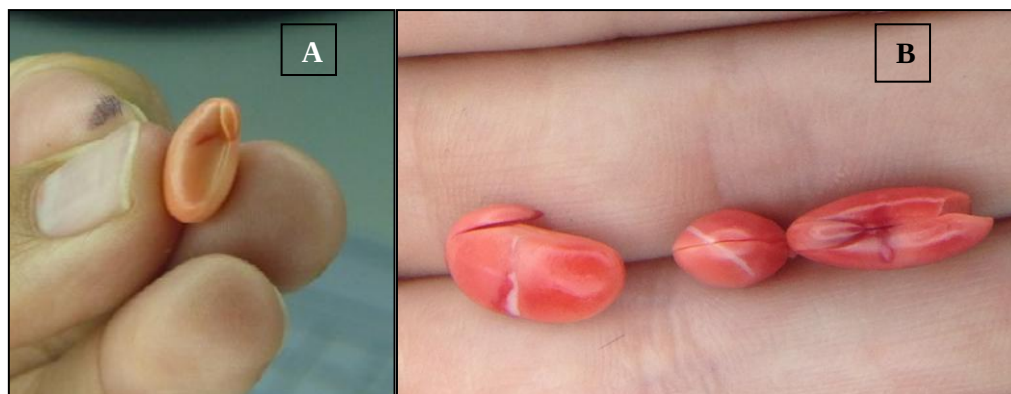


Figura 19: Daño mecánico cortante (XC) **A**-sobre un cotiledón y **B**-sobre ambos cotiledones.

En la Fig. 17, los resultados de la prueba de Tetrazolio para las semillas del camión n°1 en los diferentes momentos de muestreo indicaron mayor presencia de daño mecánico en las semillas clasificadas como “Viabiles con Defectos Moderados”. En éstas, se observó un aumento del porcentaje de semillas con XC a partir del momento en que las mismas ingresaron en la Tolva, incrementándose luego este porcentaje de semillas dañadas con cortes en el momento de muestreo de Camión y Silo bolsa. Esto pudo deberse al pasaje de las simientes por los sinfines del tubo de descarga de la tolva y de la máquina que embute a la bolsa.

Por el contrario, no se observó un importante porcentaje de semillas “Viabiles con Defectos Severos” de naturaleza mecánica cortante. Según Craviotto y Arango (2006) esta última categoría de simientes conforma el límite crítico de la viabilidad en cuanto a que el estado general de la semilla pone en juego el proceso de germinación y/o la producción de una plántula que pudiese ser clasificada como normal.

El valor de Vigor (Figura 16) tampoco se vio afectado negativamente debido a que sólo se encontró un 0.5% de semillas con XC correspondiente al momento de muestreo Silo bolsa y ausencia de semillas con XP en la categoría “Semilla Viabiles con Defectos Severos”.

En la categoría “No Viabiles” se vio afectado un bajo porcentaje de semillas clasificadas con XC, correspondientes a los muestreos en Cosechadora (1%) y Tolva (1%), mientras que la presencia de semillas con XP se manifestó con valores de 0.5% en los momentos de muestreo Cosechadora y Camión, respectivamente. Estos resultados expresaron una baja incidencia de daño mecánico sobre la calidad fisiológica de las semillas del camión n°1, expresada en términos de Viabilidad y Vigor.

En el camión n°2 se observó la presencia de XC y XP en todos los niveles de viabilidad (Defectos Leves, Moderados, Severos y No Viabiles; Fig. 18); siendo similar en este caso la incidencia de ambos tipos de daño respecto a lo observado para el camión n°1 (Fig. 17). Si bien hubo presencia de XC en las simientes, se observó un aumento en la presencia de XP que resultó significativo entre camiones ($p= 0,0007$; Tabla 7) y entre tratamientos ($p=0.0205$; Tabla 7). Esto pudo deberse a que, para la simiente con mayor contenido de humedad, el impacto producido por las maquinarias generó abolladuras sobre las diferentes estructuras seminales. Cuando los daños mecánicos se presentaron sobre estructuras esenciales como eje embrionario (Figs. 20 A y B) o bien afectaron a más del 50% del área cotiledonar (Fig. 20 C), las semillas se clasificaron como “No Viabiles”. Solo se observó diferencia significativa entre las medias para camión y Pre cosecha (Tabla 8)

Tabla 7: Resultado del análisis de varianza para la variable daño mecánico plano (XP) entre camiones y entre tratamientos.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	30,70	5	6,14	6,99	0,0018
Camión	16,20	1	16,20	18,44	0,0007
Tratamiento	14,50	4	3,63	4,13	0,0205
Error	12,30	14	0,88		
Total	43,00	19			

Existen diferencias significativas entre camiones y tratamientos.

Tabla 8: Test de Tukey para la variable daño mecánico plano (XP) en los diferentes momentos de muestreo.

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=2,06520

Error: 0,8786 gl: 14

Tratamiento	Medias	n	E.E.		
CAMION	2,50	4	0,47	A	
SILOBOLSA	2,00	4	0,47	A	B
TOLVA	1,75	4	0,47	A	B
COSECHADORA	1,25	4	0,47	A	B
PRE-COSECHA	0,00	4	0,47		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes.

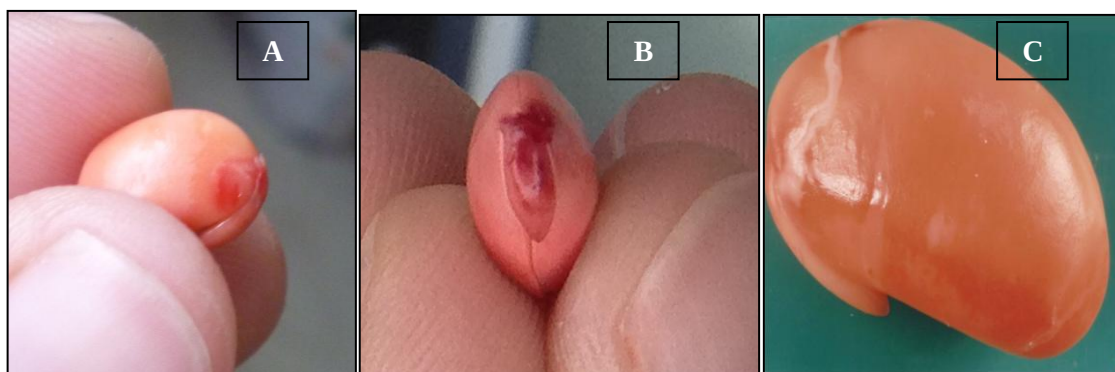


Figura 20: Daño mecánico que afecta: **A-** al eje embrionario de la simiente; **B-** la zona de inserción del eje embrionario y los cotiledones; **C-** más del 50 % del cotiledón (semilla no viable).

La integridad de los tejidos, tanto en las regiones del eje embrional como en la región cotiledonar, es de gran importancia para el correcto establecimiento de una plántula normal. Zorato *et al.* (2007), identificaron como regiones "claves" a todas aquellas zonas donde se encuentran ubicados los meristemas y que, debido a la importancia de éstos para la viabilidad de la semilla y posterior desarrollo de la plántula, son regiones que deben ser especialmente observadas durante la evaluación de las semillas en la prueba Topográfica por Tetrazolio. Por otro lado, la importancia de la integridad de la región cotiledonar radica en que, durante el proceso germinativo, si los cotiledones se encuentran altamente deteriorados se verán afectados los procesos de hidrólisis de las reservas necesarias para que el eje embrionario de inicio a la división celular y posterior crecimiento de las estructuras de la plántula.

Prueba de Germinación Estándar

Los resultados obtenidos en la prueba de Germinación Estándar se encuentran dentro de la tolerancia según las tablas empleadas (ISTA, 2015). De esta manera, las diferencias del porcentaje de semillas viables entre las repeticiones se debieron al azar y no a la metodología empleada o a la evaluación. La Fig. 21 muestra una disminución gradual del porcentaje de plántulas normales desde el primer momento de muestreo hasta el último, similar para ambos camiones.

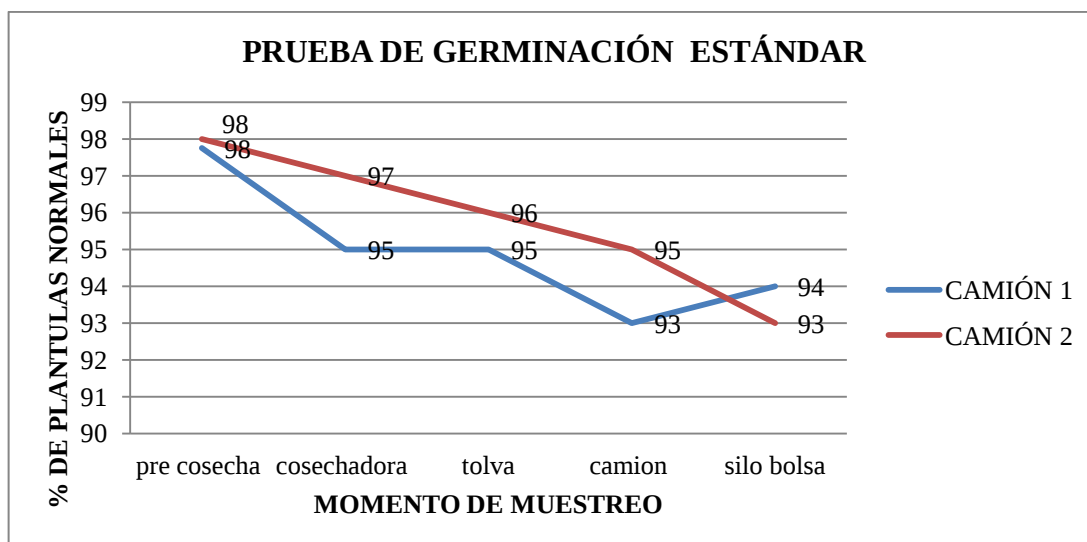


Figura 21: Porcentajes de plántulas normales obtenidos en la prueba de Germinación Estándar para los distintos momentos de muestreo en los dos camiones muestreados.

Hubo diferencias significativas para la variable Poder Germinativo entre momentos de muestreo ($p=0,0035$; Tabla 9). El Test de Tukey muestra diferencias en el porcentaje de plántulas normales en la prueba de Germinación Estándar entre los diferentes momentos de muestreo. Los momentos de muestreo que reflejaron diferencias significativas fueron: pre cosecha, camión y silo bolsa (Tabla 10).

Tabla 9: Análisis de varianza para la variable Poder Germinativo entre camiones y entre tratamientos.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	86,63	5	17,33	4,29	0,0039
Camión	9,03	1	9,03	2,23	0,1442
Tratamiento	77,60	4	19,40	4,80	0,0035**
Error	137,35	34	4,04		
Total	223,98	39			

Tabla 10: Test de Tukey para la variable Poder Germinativo en los diferentes momentos de muestreo.

Test: Tukey (Alfa=0,01 DMS=3,54745

Error: 4,0397 gl: 34

Tratamiento	Medias	n	E.E.		
PRE-COSECHA	97,63	8	0,71	A	
COSECHADORA	95,75	8	0,71	A	B
TOLVA	95,25	8	0,71	A	B
CAMIÓN	94,00	8	0,71		B
SILOBOLSA	93,75	8	0,71		B

Prueba de Primer Conteo

Los resultados de Vigor obtenidos en la prueba de Primer Conteo se encuentran dentro de tolerancia según las tablas empleadas (ISTA, 2015). De esta manera, las diferencias del porcentaje de semillas viables entre las repeticiones se debieron al azar y no a la metodología empleada o a la evaluación.

Se observó una tendencia decreciente del porcentaje de plántulas normales desde el momento de pre cosecha hasta el almacenamiento de las simientes en silo bolsa. Esta tendencia decreciente se manifestó para ambos camiones (Fig. 22).

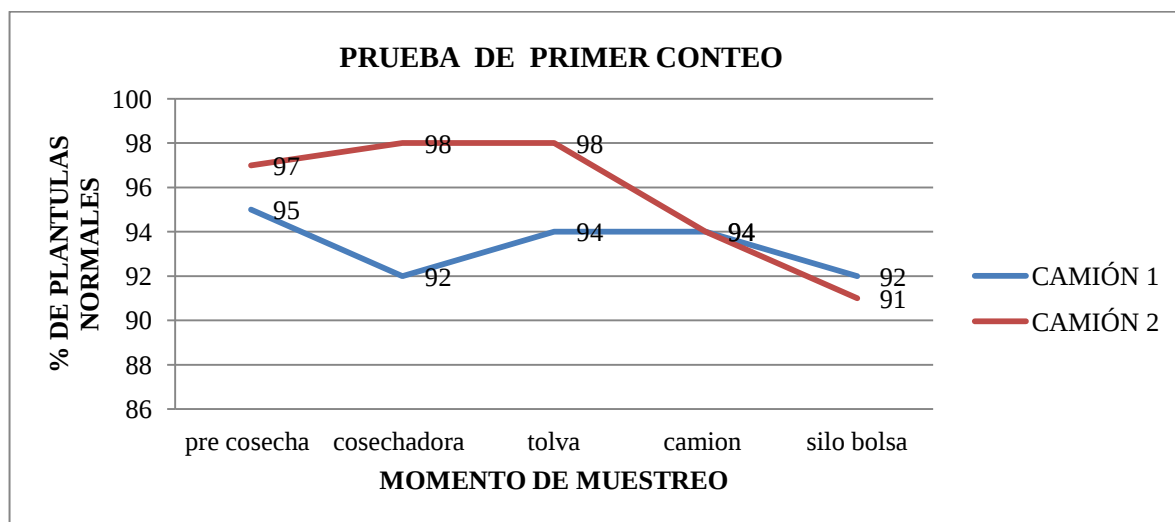


Figura 22: Porcentajes de plántulas normales obtenidos en la prueba de Primer Conteo para los distintos momentos de muestreo.

El análisis de varianza mostró que no existen diferencias significativas entre los momentos de muestreo ($p=0.0682$; Tabla 11), pero si entre camiones ($p=0,0176$; Tabla 11).

Tabla 11: Análisis de varianza para la variable Primer Conteo entre camiones y entre tratamientos.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	73,10	5	14,62	3,67	0,0247
Camión	28,80	1	28,80	7,24	0,0176*
Tratamiento	44,30	4	11,08	2,78	0,0682
Error	55,70	14	3,98		
Total	128,80	19			

* Significativo

Analizando los resultados obtenidos en la prueba de Germinación Estándar y la prueba Topográfica por Tetrazolio en cada uno de los camiones en los diferentes momentos de

muestreo (Figs. 23 y 24) se observó que, a medida que la semilla transitó a través de las diferentes maquinarias hasta el momento en que se almacenó en el silo bolsa se produjo una disminución de los valores de germinación y viabilidad. Los resultados de germinación del camión n°1 (Fig.23) mostraron una tendencia levemente decreciente ya que los valores de porcentajes de plántulas normales obtenidos en las distintas etapas de muestreo fueron similares así como también ocurrió con los resultados de viabilidad obtenidos en la prueba Topográfica por Tetrazolio, en donde los porcentajes de semillas viables no presentaron diferencias significativas entre tratamientos (Tabla 3). Por otra parte, es importante destacar que los valores de ambos atributos fueron altos, indicando que la buena calidad inicial del lote de semillas se mantuvo en las sucesivas etapas de muestreo. (Fig. 23).

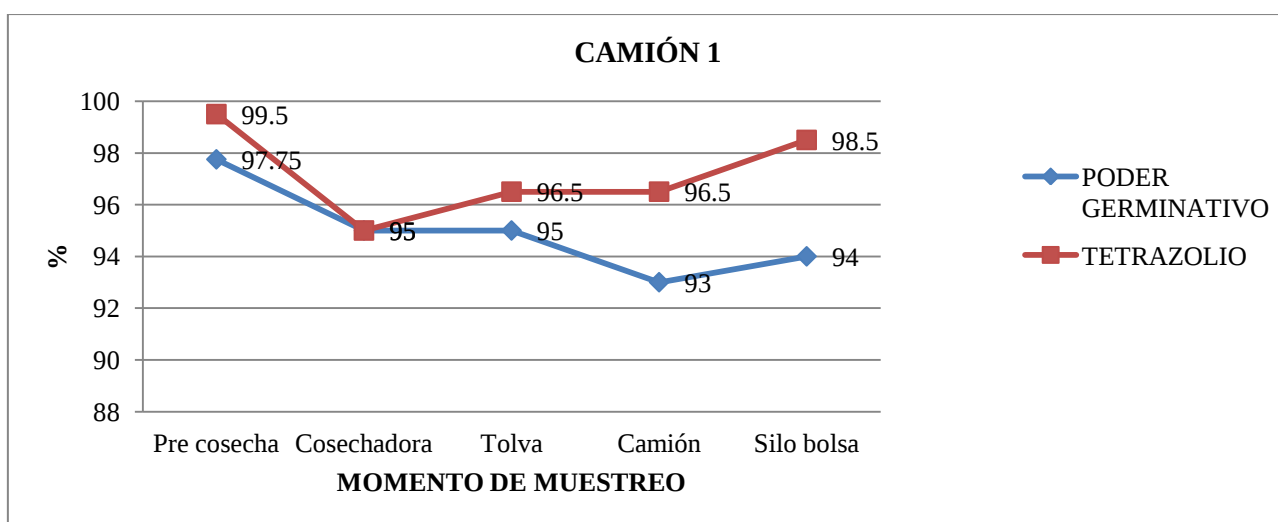


Figura 23: Porcentajes de Germinación y Viabilidad obtenidos a través de las pruebas de Germinación Estándar y prueba de Tetrazolio, respectivamente, en diferentes momentos de muestreo para el camión n°1.

En el camión n°2, se observó una tendencia decreciente en Germinación y Viabilidad durante el tránsito de las semillas por los diferentes momentos de muestreo (Fig. 24). La pérdida de calidad en germinación fue del 5% debido a que el porcentaje de plántulas normales en pre cosecha fue 98% y al momento del almacenamiento en silo bolsa se redujo al 93%. En el caso de la viabilidad, el porcentaje de semillas viables en pre cosecha fue de 99% y en el almacenamiento en silo bolsa se registró un valor de 93%, es decir que se produjo una pérdida de viabilidad del 6% durante todo el procesamiento de las semillas (Fig.24).

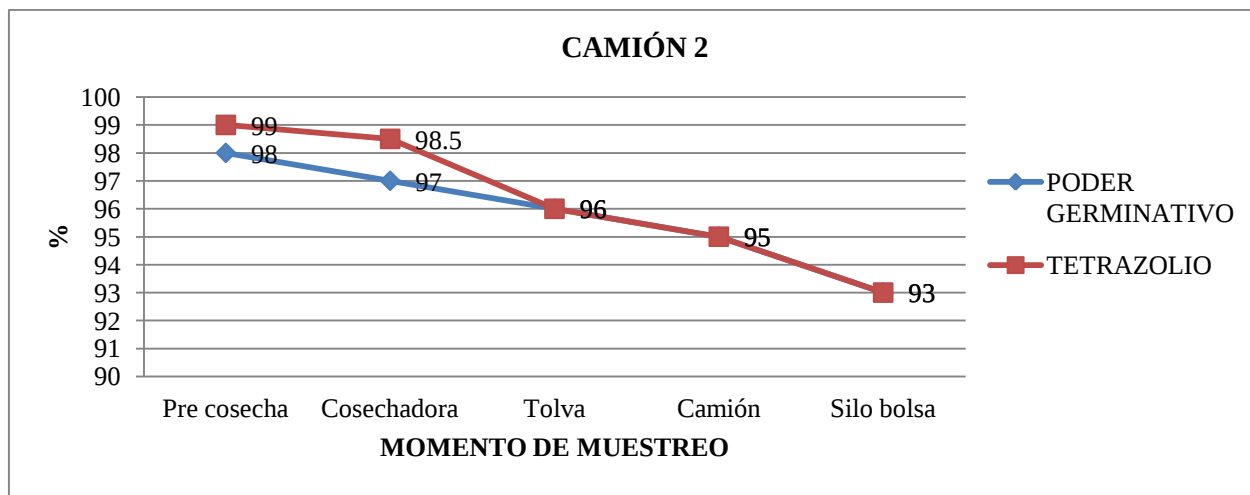


Figura 24: Porcentajes de Germinación y Viabilidad obtenidos a través de las pruebas de Germinación Estándar y prueba de Tetrazolio, respectivamente, en diferentes momentos de muestreo para el camión n°2.

Los resultados de Vigor Acumulado por Tetrazolio y Primer Conteo presentaron tendencias similares, manteniéndose altos los valores de Vigor en ambas pruebas durante los diferentes momentos de muestreo para el Camión n°1 (Fig. 25).

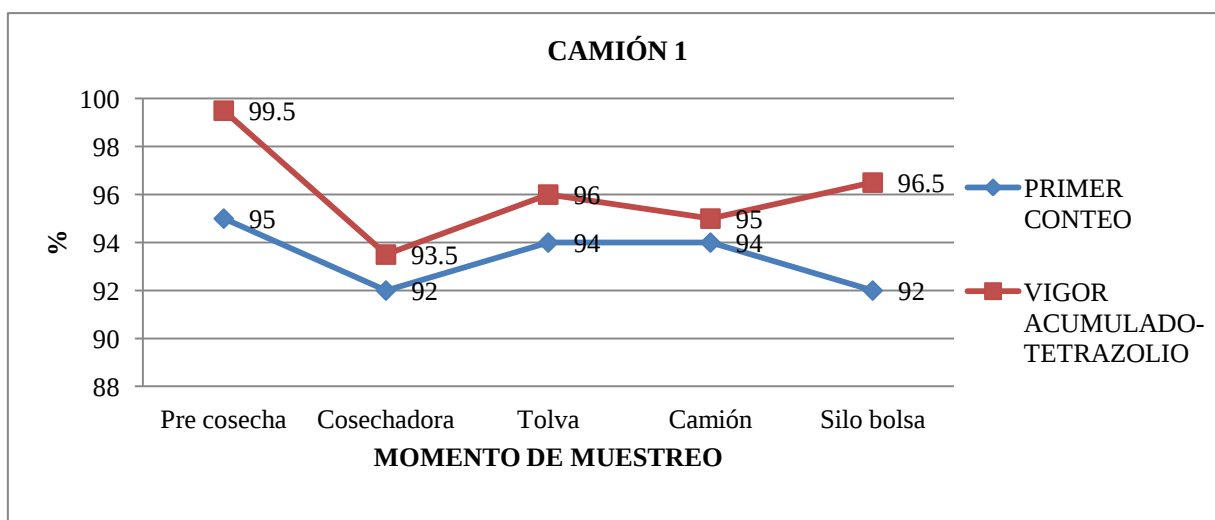


Figura 25: Porcentajes de Vigor Acumulado obtenidos a través de las pruebas de Tetrazolio y Primer Conteo, en diferentes momentos de muestreo para el camión n°1.

Para el Camión n°2, los valores de vigor obtenidos en la prueba de Primer Conteo y en la Prueba Topográfica por Tetrazolio mostraron una tendencia levemente decreciente. Sin embargo, los valores de vigor fueron altos, indicando una buena calidad de las simientes

cosechadas. A medida que las semillas transitaron por las diferentes maquinarias se observó la disminución de los valores de vigor, especialmente luego del momento de muestreo Tolva (Fig. 26). A pesar de la pérdida de vigor que se manifestó en las dos pruebas, es importante destacar que el valor de vigor final, es decir, en el momento de muestreo silo bolsa, fue alto en ambas pruebas, mostrando así que la calidad final de las semillas cosechadas se mantuvo durante las sucesivas etapas de muestreo (Fig. 26).

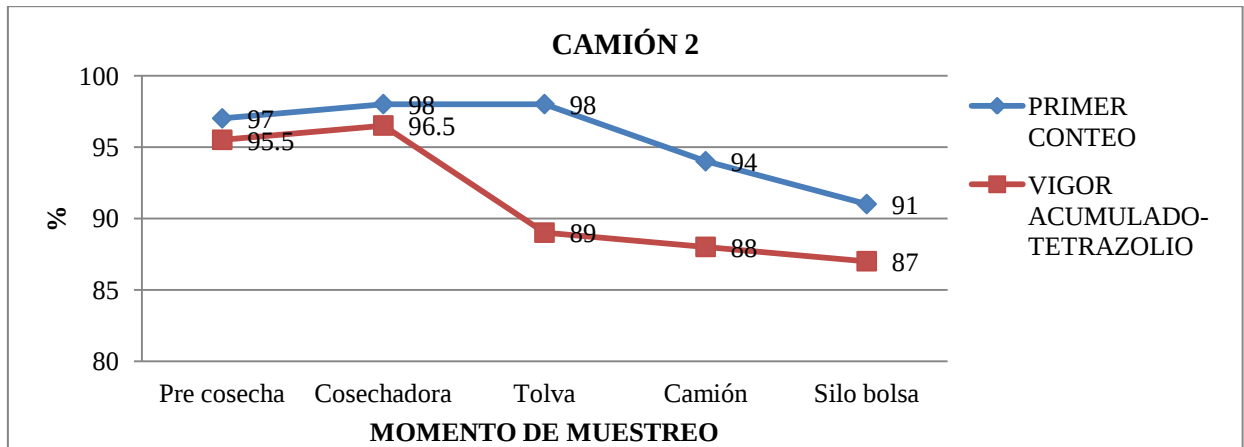


Figura 26: Porcentajes de Vigor Acumulado obtenidos a través de las Pruebas de Tetrazolio y Primer Conteo, en diferentes momentos de muestreo del camión n°2.

CONCLUSIONES

Se concluye que, para las semillas de soja de la variedad SPS 4x4 de un lote de producción en el campo Ana Trucco y evaluadas durante el año 2014:

1. El porcentaje de semillas dañadas mecánicamente fue inferior a 1,5 % en la prueba de quebrado y menor a 8% en la prueba de Hipoclorito.
2. Durante el circuito de movimiento de las semillas por las diferentes maquinarias desde la cosecha hasta el almacenamiento en silo bolsa, el momento del pasaje de las mismas a través del tubo de descarga de la tolva o carro granero fue el punto más crítico en la ocurrencia de daños mecánicos sobre las simientes.
3. Los valores de calidad inicial (pre-cosecha) y final (almacenamiento en silo bolsa) para las semillas de soja en ambos camiones fueron superiores al 90% para Germinación y Viabilidad y superiores al 85% para Vigor. La calidad fisiológica de la semilla de soja del lote de producción, se mantuvo alta y relativamente estable durante las sucesivas etapas de muestreo.
4. Las semillas cosechadas en el camión n°1 (con menor contenido de humedad) presentaron mayor incidencia de daño mecánico cortante en tanto, las correspondientes al camión n°2 (mayor contenido de humedad) registraron mayor presencia de daño mecánico plano.
5. El daño mecánico no se tradujo en pérdidas importantes de calidad fisiológica para las semillas.

Líneas de acción

El mantenimiento en óptimas condiciones del equipamiento que se usa para procesar el lote de semilla es primordial. Si bien no se registraron pérdidas importantes en la calidad de las semillas durante las diferentes etapas de procesamiento, la presencia de defectos estructurales en el tubo de descarga de la tolva ratificó la importancia en este sentido, evidenciándose como un punto crítico para el resentimiento de calidad las

semillas en el lote evaluado. Las pruebas realizadas a la semilla de soja mostraron un aumento del daño mecánico en las semillas para el momento de muestreo camión.

Para disminuir la abrasión que se produce a las semillas se propuso cementar las alas del sin fin de la tolva y pulirlas para disminuir las asperezas que podría presentar.

Otra posibilidad es el uso de dos compuestos antiabrasivos de cerámico (Placka Hard) los cuales se mezclan y se colocan como una pasta en la zona a reparar. Luego que esta pasta se seca, se procede a lijar la superficie para disminuir las asperezas.

Estas sugerencias fueron comunicadas al contratista, el cual accedió a realizarlas para reparar su tolva y de esta forma brindar un servicio mejor.

ANEXO 1: Cálculo de la capacidad de retención de agua en el medio de crecimiento arena (INASE)

La determinación de la capacidad de retención de agua para la el sustrato arena se realizó empleando el método de Gravimetría. Se emplearon 4 repeticiones. Se utilizó un equipo de fabricación casera que consiste en un recipiente de plástico transparente con una tapa perforada en la parte central. En el orificio de la tapa se colocó un embudo con 100 g. de arena seca. La arena se mojó con 100 ml de agua empleando una pizeta.

El embudo con la arena mojada se cubrió con una bolsa de polietileno de 100 micrones y se dejó en reposo durante toda la noche con la finalidad que percolara toda el agua en exceso.

Luego se procedió a realizar el cálculo de retención de agua de la arena.

Agua suministrada: 100 ml

Agua escurrida: 81,8 ml

Agua retenida: 18,2 ml en 100 gr de arena

La capacidad de retención de agua de la arena fue de 18,2 %.(Se trabajó con el 60 % de la retención)

BIBLIOGRAFÍA

AOSA. (Association Oficial Seed Analysts). 1997. Tetrazolium Testing Handbook: 102-103 pp.

Arthur, T.J; Tonkin, J.H.B. 1991. Evaluando el Vigor de Semillas. Informativo ABRATES, Vol.1, nº 3, p 38-41

Bhéring M.C., Ferreira da Silva R., Mantovani Alvarenga E., Santos Dias D.y Ferreira Pena M. 1996. Avaliação da viabilidade e do vigor das sementes de feijão-de-vagem (*Phaseolus vulgaris* L.) pelo teste de tetrazolio. Universidade Federal de Vinosa, Departamento de Fitotecnia, Vinosa, Brasil, 27 pp.

Bolsa de Comercio de Rosario. Cámara Arbitral de Cereales. Marco Reglamentario: Método de Muestreo. Recuperado de: <http://www.cac.bcr.com.ar/CAC%20%20Normas/M%C3%A9todo%20de%20muestreo.pdf>

Craviotto R.M. 2006. Influencia de la condición de viabilidad de la capa de células de aleurona sobre la germinación y vigor de semillas híbridas de maíz (*Zea mays* L.). Tesis Ph.D. Pacific Western University, California, USA, 199 pp.

Craviotto R.M. y Arango M.R. 2006. Simiente de soja: Nuevos patrones en gestión de calidad por tetrazolio. III Congreso de Soja del MERCOSUR, Rosario, Argentina, pp. 141-145.

Craviotto, R.M; Arango, M.R; Gallo,C. 2008. Prueba Topográfica por Tetrazolio en Soja. Suplemento especial N1°. Revista Análisis de Semillas. ISSN 1851-9415. 50 pp.

Craviotto, R.M; Arango, M.R; Gallo,C. 2008. Prueba Topográfica por Tetrazolio en Soja. Suplemento especial N1°. Revista Análisis de Semillas. ISSN 1851-9415. 96 pp.

Dhingra, O. D.; E. S. G. Mizubuti, I. T. Napoleao and G. Jham, 2001. Free fatty acid accumulation and quality loss of stored soybean seeds invaded by *Aspergillus rubber*. Seed Science & Technology. 29: 193-203

Gargicevich A. y Leguizamón E. 2006. Soja, Naturaleza y Sociedad. Revista Agromensajes de la Facultad de Ciencias Agrarias – UNR. 20:39-40.

GEA (Bolsa de Rosario a través de la Guía Estratégica para el Agro. Recuperado de: http://www.bcr.com.ar/Pages/Publicaciones/bcrinforma_noticia_new.aspx?ID_Noticia=399. 2014

Hampton, J.G. and Tekrony, D.M. 1995. Handbook of vigour test methods. International Seed Testing Association. Zürich, 117 pp.

INTA PRECOP. 2008. Actualización Técnica. Nº 40. Proyecto Eficiencia de Cosecha y Postcosecha de Granos.

ISTA, International Seed Testing Association . 1995. Handbook on Seedling Evaluation. International Seed Testing Association, 150 pp.

ISTA. International Seed Testing Association. 1997. Proceedings of the ISTA Tetrazolium Workshop, Edinburgh. Compiled and Edited by Don, R.; Leist, N; Steiner, A.M. 134 pp

ISTA. International Seed Testing Association. 2015. International Rules for Seed Testing. Zürich, 276 pp.

Lakon G. 1950. Die “triebkraft” von samen und ihre feststellung nach dem topographischen tetrazolium – verfahren. Saatgutwirtschaft, 2:37-41.

Nakagawa, J. 1999. Testes de Vigor Baseados no Desempenho das Plantulas En: Vigor de Sementes: Conceitos e Testes. Eds Krzyzanowski, F.C; Vieira, R.D; França-Neto, J.B. ABRATES, Londrina, 218 pp.

Moore R.P. 1976. Tetrazolium seed testing developments in North America. Journal of Seed Technology, 1:17-30.

Pérez, M.A.; L. Hernández , S. Kopp, R.J. Novo y S.D. García- Calidad fisiosanitaria de semillas de soja: efecto combinado de exposición al ambiente y niveles de daño mecánico en la cosecha. Agriscientia, 2010, vol. xxvii (2): 63-70

Peretti, A. 1994. Manual para Análisis de Semillas. 1º Edición. Editorial Hemisferio Sur S.A. 273 pp.

Perry, D.A., 1978. Report of the Vigour Test Committee 1974-1977. Seed Science and Technology, 6, 159-181.

Steiner A.M. and Werth H. 1974. Ein Vergleich des ISTA – und AOSA – Verfahrens des Topographischen Tetrazolium Tests auf Lebensfähigkeit sowie die Tetrazolium – Triebkraftbestimmung bei Getreide. SAFA – Saatgutwirtschaft, 26:536-538.

Zorato M.F., Peske S.T., Takeda C. y França Neto J.B. 2007. Presença de sementes esverdeadas em soja e seus efeitos sobre seu potencial fisiológico. Revista Brasileira de Sementes, 29: 11-19.